ПАРОВОЗЫ.

КУРСЪ
Преподаваемый
въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

составилъ

А. Д. РОМАНОВЪ

Инженеръ Путей Сообщенія
Кандидатъ Физико-Математическихъ Наукъ,
Ординарный Профессоръ И.И.П.С. ИМПЕРАТОРА
АЛЕКСАНДРА I.

———————

Издание 2-ое
исправленное и дополненное.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
„Т-во Художественной Печати“, Англійскій пр., д. 28
1900.



ПОСВЯЩАЕТСЯ

ПАМЯТИ

ЛЬВА АЛЕКСАНДРОВИЧА

ЕРАКОВА

† 1885





ПРЕДИСЛОВИЕ

На мою долю выпала обязанность преподавать въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообшенія ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I отдѣлы прикладной механики, имѣющіе предметомъ своимъ машины для перемѣщенія грузовъ, а именно: подъемныя машины и, по смерти Л. А. Еракова, паровозы.

Настоящая книга назначена служить пособіемъ студентамъ IV курса Института для ознакомленія съ паровозами.

Что касается теоріи паровыхъ машинъ, паровыхъ котловъ, парораспредѣлительныхъ механизмовъ, инжектора, дымовой трубы и конуса, то здѣсь это предполагается уже извѣстнымъ, такъ какъ входитъ въ програму особаго отдела (паровыя машины и котлы), преподаваемаго на III курсѣ Института.

А. РОМАНОВЪ.

13 февраля 1900 года.

СОДЕРЖАНІЕ.

(*Курсивомъ* напечатано то, что входитъ въ утвержденную установленнымъ порядкомъ программу).

Общее описаніе желѣзнодорожнаго подвижного состава **1**

Класификація паровозовъ **14**

Распредѣленіе дѣйствующихъ въ паровозѣ усилій **18**

Движете паровоза **25**

Силы инерій частей, движущихся взадъ и впередъ, и массъ, центръ тяжести которыхъ не совпадаетъ съ осью врагценія **30**

Противовѣсы **36**

Давления на поршень **45**

Вліяніе расположенія цилиндровъ и рамъ на устойчивость паровоза **50**

Плавность хода **59**

Давленія отъ колесъ на рельсы **61**

Работа пара въ цилиндрахъ и среднее рабочее давленіе пара на поршень **65**

Расходъ пара (воды) и топлива на паровую лошадь въ часъ **73**

Наивыгоднѣйшая степень расширения **79**

Сцепленіе паровозныхъ колесъ съ рельсами; касательное усиліе **82**

Средства для увеличенія сцѣпленія **86**

Сила тяги паровова **88**

Зависимость между силою тяги, сцѣпленіемъ съ рельсами колесъ паровоза и сопротивленіями, имъ преодолѣваемыми **90**

Уравненіе движенія поезда **92**

Сопротивленія движенію паровозовъ и поѣздов..... **95**
Сопротивленія на прямомъ и горизонтальномъ пути вагоновъ и паровозовъ **96**
Способы опредѣленгя сопротивления **101**
Опыты, производившіеся на Восточной французской желѣзной дорогѣ..... **116**
Опыты Ліонкой дороги **118**
Опредѣленіе сопротивленій цѣлыхъ поѣздовъ, т. е. вагоновъ съ паровозомъ и тендеромъ вмѣтъ **119**
Сопротивления движенію поѣздовъ, представляемыя подъемами **127**
Сопротивленія, проявляющіяся въ кривыхъ частяхъ пути, и ихъ причины **131**
Вліяніе подъемовъ и кривыхъ на составъ поѣзда и расходъ топлива **142**
Паровозный котелъ..... **146**
Трубки **156**
Топочная коробка **160**
Поверхность нагрѣва **179**
Дымовая коробка **188**
Конусъ и дымовая труба **192**
Искроудержатели..... **197**
Арматура котла **199**
Паровой куполъ **208**
Регуляторъ **211**
Паропроводныя трубы **213**
Машина паровоза **215**
Паровые цилиндры **215**
Золотниковая коробка **219**
Центральная смазка золотниковъ и цилиндровъ **220**
Поршни **222**
Салазки и паралели **224**
Шатунъ ведущій **228**
Спарники **232**
Золотники **236**
Эксцентрики **239**
Механизмы для перемѣны парораспредѣленія **241**
Приводы къ парораспредѣлительнымъ механизмамъ **245**
Песочница **249**

Ходовыя части паровоза **251**
Рама паровоза **251**
Ресоры и балансиры **255**
Смазочныя коробки **271**
Оси съ колесами **275**
Радіальныя оси **280**
Телѣжки **281**
Буферные и упряжные приборы **289**
Тендеръ **293**
Средства управлять движеніемъ паровоза и цѣлаго поѣзда **302**
Уравненіе движенія поѣзда при тормаженіи **305**
Соотношеніе между нажатіемъ колодокъ и нагрузкою на тормазныя оси **308**
Различные виды тормазовъ **315**
Тормаза,употребляемые на паровозѣ и тендерѣ **321**
Ручные тормаза **321**
Паровые тормаза **327**
Тормазъ Хеберлейна **330**
Vacuum тормаза **332**
Тормаза Вестингхауза, дѣйствующге сжатымъ воздухомъ **341**
Приспособленія для дѣйствія воздушными тормазами какъ разрѣженнымъ, такъ и сжатымъ воздухомъ **354**
Краткое описаніе нѣкоторыхъ особыхъ устройствъ паровозовъ и другихъ средствъ для тяги по рельсовымъ путямъ **357**
Танковые паровозы **357**
Паровозъ Ферли **359**
Паровозы компаундъ **360**
Паровозы съ передвижными движущими осями **369**
Паровозы для желѣзныхъ дорогъ съ зубчаткой **370**
Дороги съ среднимърельсомъ (система Fell[1] я) .. **374**
Дороги (наклонныя плоскости) съканатомъ **375**
Паровозо-вагоны **377**
Паровозы для городскихъ ж. дорогъ **378**
Паровозы безъ топки **378**
Регенеративные паровозы **379**
Локомотивы, дѣйствующіе сжатымъ воздухомъ **381**

Газовые локомотивы **383**
Канатные трамы **385**
Электрическая тяга **386**
Разные вопросы относительно движенія паровоза съ поѣздомъ **392**
Ускоренное движеніе поезда **392**
Разгонъ при отходѣ со станціи **396**
Потеря времени на разгонъ послѣ остановки поезда **400**
Составъ поѣзда **404**
Скорость движенія поѣзда на данномъ участкѣ пути **406**
Длина подъема, преодолѣваемаго живою силою поѣзда **407**
Движеніе поѣзда при тормаженіи **413**
Остановка затормаженнаго поѣзда **415**
Предѣльная скорость на скатахъ **417**
Опредѣленіе главнѣйшихъ размѣровъ паровоза **418**

Приложенія къ курсу **426**

Поправки **622**

ПАРОВОЗЫ.

ОБЩЕЕ ОПИСАШЕ ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНАГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.

Пасажиры и грузы перевозятся по желѣзнымъ дорогамъ въ особыхъ повозкахъ, называемыхъ вагонами; рядъ сцѣпленныхъ между собою вагоновъ образуешь поѣздъ, въ головѣ котораго помѣщается обыкновенно паровозъ и особая повозка съ запасами воды и топлива, называемая тендеромъ.

Всѣ паровозы, тендера и вагоны, имѣющіеся на желѣзной дорогѣ, образуютъ то, что называется ея подвижнымъ составомъ*).

Желѣзнодорожныя повозки, сравнительно съ обыкновенными, представляютъ нѣкоторыя особенности, какъ то будетъ видно уже изъ слѣдующаго общаго описанія желѣзнодорожнаго подвижного состава.

Всякій вагонъ, подобно обыкновеннымъ повозкамъ, состоитъ изъ верхней части (кузовъ) и нижней (ходъ).

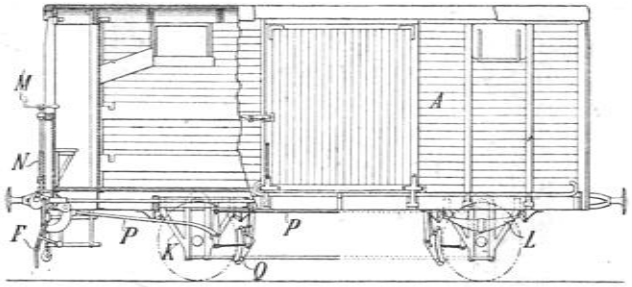
Для примѣра на фиг. 1, 2 и 3 изображенъ товарный вагонъ (крытый, съ тормазомъ).

---

*)Иногда этотъ терминъ употребляютъ въ болѣе узкомъ смыслѣ, подразумѣвая повозки для рельсоваго пути, кромѣ .локомотивовъ и тендеровъ.

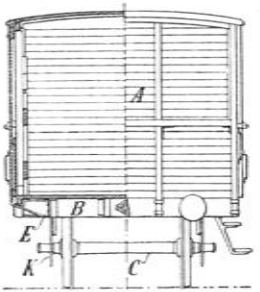
Фиг. 1.

Продольный разрѣзъ. Боковой видъ.



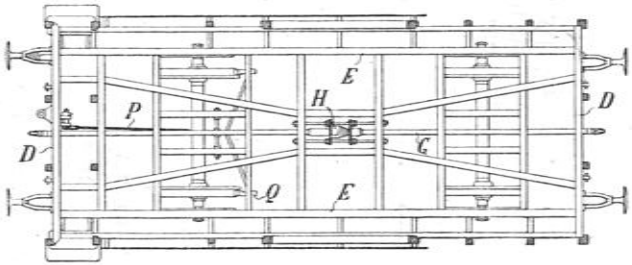
Фиг. 2.

Поперечный разрѣзъ. Лобовой видъ.



Фиг. 3.

Планъ рамы.



Нормальный крытый товарный вагонъ

Русскихъ желѣзныхъ дорогъ

(1/100 наст. величины).

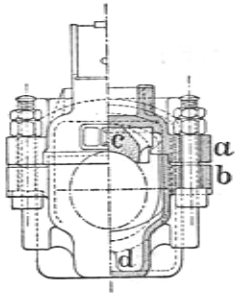
A—кузовъ.
B—рама.
C—осъ съ колесами (колесный скатъ, колесная пара).
D—буферный брусъ.
E—продольный брусъ (шверлеръ) рамы.
F—винтовая стяжка.
G—тяговой стержень съ крюкомъ.
H—тяговая рессора.
K—буксовая лапа.
L—подвѣсная рессора.
M—тормазная ручка.
N—тормазной винтъ.
P—тормазныя тяги.
Q—тормазныя колодки.

Главнѣйшія ходовыя части вагона: рама, поддерживающая кузовъ вагона, и колеса съ осями, на которыя посредствомъ ресоръ опирается рама. Рама вагона (фиг. 3) состоитъ изъ брусьевъ, деревянныхъ или желѣзныхъ, соединенныхъ въ неизменяемую систему; къ двумъ поперечнымъ концевымъ брусьямъ, называемымъ буферными, прикрѣпляются особые приборы (буфера), которые могутъ служить не только для смягченія, но и для устраненія ударовъ между сцѣпленными другъ съ другомъ вагонами, Сцѣпка вагоновъ производится съ помощью особыхъ приборовъ (упряжныхъ), укрѣпляемыхъ въ рамѣ вагона. Упряжной приборъ состоитъ изъ стяжки и тяговаго крюка со стержнемъ, передающимъ тяговое усиліе на раму не прямо, а посредствомъ ресоры (тяговой); такихъ приборовъ имѣется два, по одному прибору съ того и другого конца; но если стержни крюковъ соединить неизмѣнно между собою, то получится одинъ сквозной упряжной приборъ.

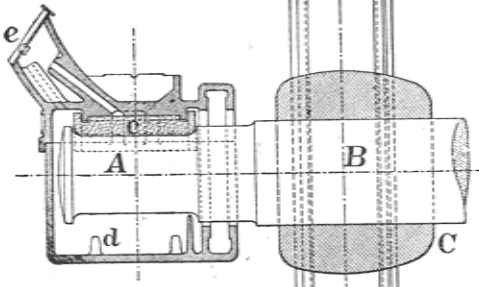
Колеса вагоновъ насаживаются наглухо на оси, и при движеніи вагона эти оси вращаются вмѣстѣ съ колесами, между тѣмъ какъ у обыкновенныхъ повозокъ колеса своими ступицами вольно надѣваются на оси, около которыхъ и вращаются при передвиженіи повозки. Чтобы треніе при вращеніи вагонныхъ осей было какъ можно меньше, онѣ дѣлаются съ правильно обточенными и отшлифованными частями (шейками), на который кладутся пригнанные тщательно подшипники (фиг. 4 и 5); эти подшипники помѣщаются въ особыхъ смазочныхъ коробкахъ (буксахъ), принимающихъ на себя посредствомъ ресоръ (подвѣсныхъ) давленіе отъ рамы и кузова вагона (фиг. 4, 5, 6 и 7). Чтобы обезпечить правильное положеніе осей подъ вагономъ, смазочныя коробки снабжаются снаружи по бокамъ вертикальными пазами, а въ эти пазы входятъ особыя поковки (лапы), прикрѣпленныя къ продольнымъ брусьямъ (швелерамъ) рамы, Такимъ образомъ оси вагона благодаря лапамъ сохраняютъ неизмѣнное относительно другъ друга положеніе — паралелизмъ, между тѣмъ какъ у обыкновенныхъ повозокъ передняя ось (передокъ) дѣлается поворотною

Фиг. 5.

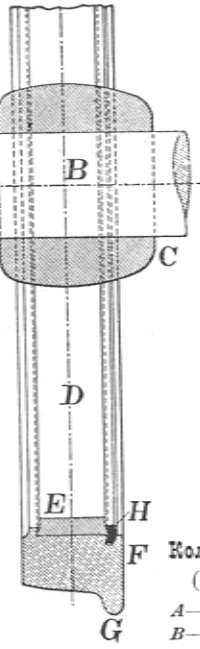
Передній видъ. Разрѣзъ.



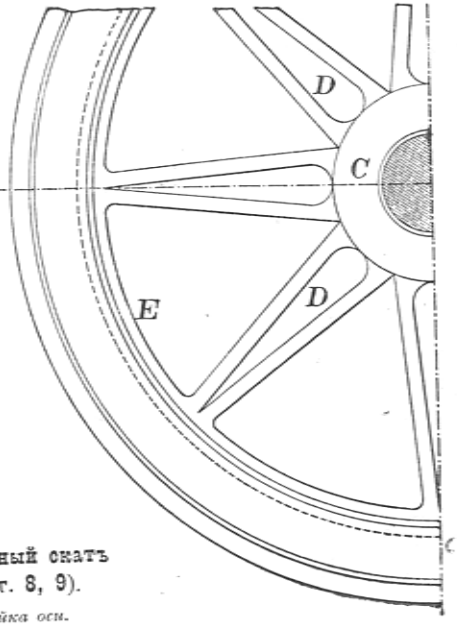
Фиг. 4.



Фиг. 8.

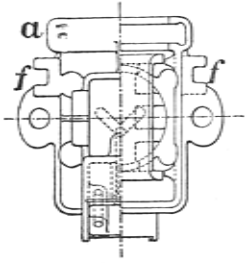


Фиг. 9.



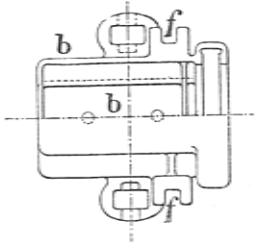
Фиг. 6.

Видъ сверху. Видъ снизу.



Фиг. 7.

Видъ сверху.



Видъ снизу.

Вагонная смазочная коробка (фиг. 4, 5, 6, 7).

a — *верхняя часть* } *вагонной буксы (смазочной коробки).*
b — *нижняя часть* }
c — *подшипникъ.*
d — *мѣсто для щетки или подбивки (изъ волокнистаго матеріала).*
e — *отверстіе для наливанія смазки.*
f — *пазы, обхватывающіе лапы.*

Колесный скатъ (фиг. 8, 9).

A — *шейка оси.*
B — *головка оси.*
C — *ступица колеса* } *колесный центръ.*
D — *спицы колеса* }
E — *ободъ колеса* }
F — *шина (бандажъ).*
G — *гребень (закраина) шины.*
H — *кольцевое скрѣпленіе шины съ ободомъ.*

Масштабъ 1/10 **нат. величины.**

около вертикальнаго шкворня, для того чтобы повозка могла легко перемѣнять направленіе движенія; для этой цѣли, правда, и вагоны снабжаются иногда особыми приспособленіями, позволяющими осямъ нѣсколько измѣнять взаимное ихъ положеніе, но такія приспособленія, однако, не представляютъ для вагоновъ общей принадлежности.

Какъ колеса обыкновенныхъ повозокъ обтягиваются шинами, такъ и на колеса вагоновъ надѣваются сплошныя толстыя кольца (шины или бандажи), имѣющія наружное очертаніе совершенно особаго вида. Когда ось съ колесами поставлена на рельсовый путь, то мы увидимъ (фиг. 2), что у каждой изъ шинъ наружный діаметръ въ разныхъ точкахъ профиля будетъ различенъ, при чемъ у внѣшняго (относительно рельсовой колеи) края поверхность шины будетъ коническая, съ уклономъ кнаружи, точно также и въ средней части шины (фиг. 8); у внутренняго же края шины имѣется кольцевой выступъ (гребень или закраина), предназначенный для того, чтобы обезпечить вагонъ отъ схода съ рельсовъ. Что же касается коничности шинъ въ тѣхъ частяхъ, которыми онѣ катятся по рельсамъ, то на прямомъ пути, благодаря этой коничности и дѣйствію силы тяжести, вагонъ всегда стремится къ нормальному своему положенію на рельсахъ, въ кривыхъ же частяхъ пути коничность шинъ даетъ возможность колесамъ одной и той же оси катиться по рельсамъ, хотя и не безъ нѣкотораго скольженія, но гораздо меньшаго, чѣмъ при цилиндрическихъ шинахъ; а именно колесо, катящееся по наружному рельсу, будетъ опираться на рельсъ точками, ближе лежащими къ гребню, т. е. будетъ катиться тѣми точками, гдѣ діаметръ больше, между тѣмъ какъ колесо, идущее по внутреннему рельсу (гдѣ длина проходимаго пути меньше, чѣмъ по наружному рельсу), будетъ прикасаться къ рельсу и меньшимъ кругомъ каченія *).

Такимъ образомъ у вагоновъ, сравнительно съ

*) Соприкасаніе происходитъ въ дѣйствительности точками, занимающими на поверхности шины не кругъ, а узкій кольцевой поясъ.

обыкновенными повозками, кромѣ болѣе значительная вѣса являются слѣдующія существенныя отличія:

1) глухая насадка колесъ на оси,

2) паралелизмъ осей,

3) коничность шинъ.

Нѣкоторые изъ вагоновъ какъ пасажирскихъ, такъ и товарныхъ, снабжаются особыми приспособленіями (тормазами), для того чтобы въ случаѣ надобности замедлять движеніе ихъ.

Для перевозки грузовъ, кромѣ крытыхъ, употребляются еще открытые товарные вагоны — безъ крыши и съ болѣе низкими стѣнками (полувагоны, платформы).

Въ составъ пасажирскихъ поѣздовъ входятъ багажные, почтовые и пасажирскіе вагоны.

Всѣ вагоны въ общихъ чертахъ представляютъ схожее устройство; различіе главнымъ образомъ лежитъ въ кузовѣ, устройство котораго измѣняется въ зависимости отъ того, для какихъ именно перевозокъ вагонъ предназначается.

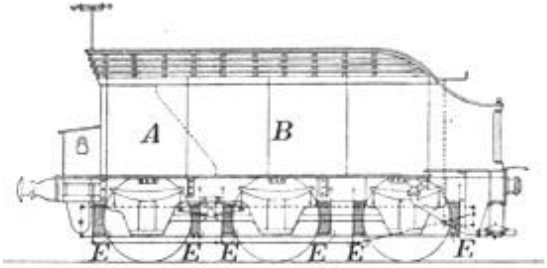
Число осей подъ вагонами бываетъ различное: подъ товарными обыкновенно двѣ, подъ пасажирскими три оси; подъ болѣе же тяжелыми изъ пасажирскихъ бываетъ, четыре оси, причемъ эти оси располагаются попарно подъ концами вагона въ особыхъ телѣжкахъ *); телѣжки эти поддерживаютъ раму и кузовъ вагона и могутъ вращаться около шкворней, благодаря чему вагонъ, не смотря на большую длину, легко можетъ проходить по кривымъ.

На фиг. 10, 11, 12 изображенъ тендеръ, представляющій собою не что иное, какъ вагонъ съ особымъ устройствомъ кузова для помѣщенія запасовъ воды и топлива.

*) Если вагонъ на столько тяжелъ, что четырехъ осей недостаточно, то подъ концами вагона ставится по три оси, соединенныхъ въ одну телѣжку (вагоны шести-осные, на двухъ телѣжкахъ).

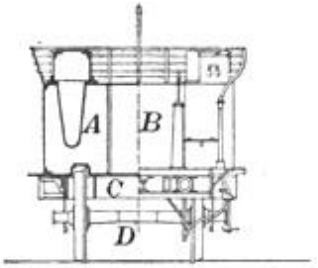
Фиг. 10.

Боковой видъ.



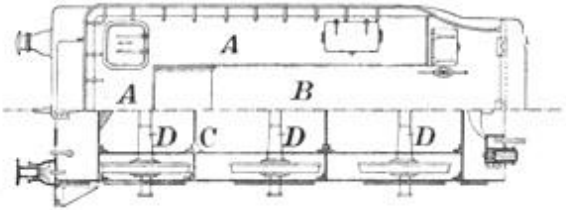
Фиг. 11.

Поперечный разрѣзъ. Видъ спереди.



Фиг. 12.

Планъ танка и рамы.



Тендеръ (фиг. 10, 11, 12)

(1/100 наст. велич.).

A—*водяной бакъ (танкъ).*

B—*мѣсто для топлива.*

C—*рама.*

D—*ось съ колесами (колесный скатъ)*

E—*тормазныя колодки.*

Переходя къ паровозу (фиг. 13, 14, 15, 16), замѣтимъ, что онъ подобно локомобилю представляетъ собою повозку, къ рамѣ которой прикрѣплена паровая машина съ котломъ; но между тѣмъ какъ локомобили предназначаются для производства требуемой механической работы въ томъ или другомъ мѣстѣ, гдѣ и устанавливаются неподвижно, — назначеніе паровоза состоитъ исключительно въ томъ, чтобы работу паровой машины употреблять на иередвиженіе самого паровоза съ прицѣпляемыми къ нему тендеромъ и вагонами.

Главнѣйшія составныя части паровоза:

1) котелъ съ принадлежностями (арматурой).

2) паровая машина (движущій и парораспредѣлительный механизмъ).

3) ходовыя части (рама съ тяговыми и буферными приборами и оси съ колесами).

Паровозный котелъ принадлежитъ къ разряду трубчатыхъ котловъ съ внутренней топкой и состоитъ изъ трехъ частей:

а) топочная часть образуется изъ наружной топочной коробки (огневой коробки) и внутренней топочной коробки (топки);

б) средняя часть (цилиндрическая), внутри которой помѣщены длинныя и узкія жаровыя трубки (обыкновенно называемыя прогарными или дымогарными);

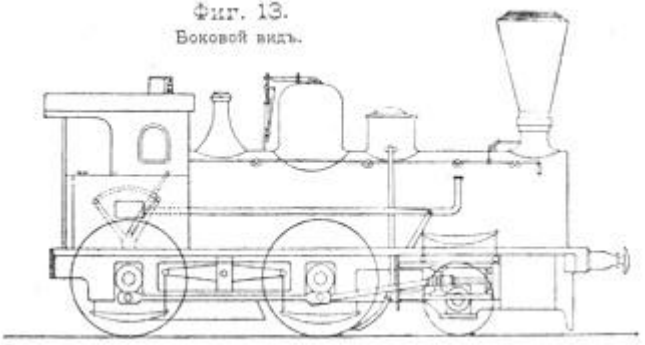
задними концами эти трубки вставлены въ соотвѣтствующія отверстія передней стѣнки топки, а противоположными концами въ подобныя же отверстія задней стѣнки третьей части котла, а именно

в) дымовой коробки, въ верхней части которой располагается дымовая труба.

Чтобы вода не утекала изъ котла, промежутокъ между нижними краями топки и наружной огневой коробки плотно задѣлывается, точно также и у краевъ отверстія, продѣланнаго въ заднихъ стѣнкахъ этихъ коробокъ (топочное отверстіе). Въ нижней части топки устраивается топочная рѣшетка съ прозорами для прохода воздуха снизу къ топливу, которое забрасывается на рѣшетку (колосники) черезъ топочное отверстіе.

Теплота, развивающаяся при горѣніи топлива, передается черезъ стѣнки внутренней топочной коробки

Фиг. 13.
Боковой видъ.

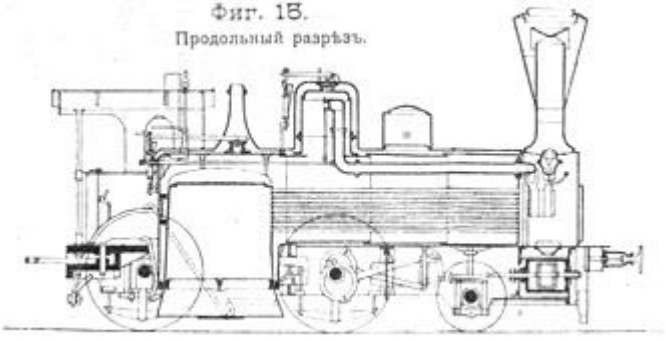


Фиг. 14.
Видъ сзади.

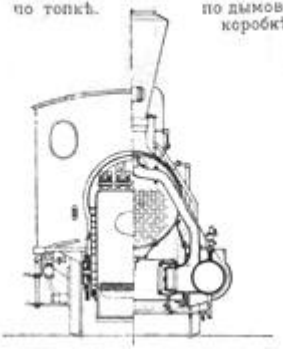


Масштабъ 1/100 нат. велич.

Фиг. 15.
Продольный разрѣзъ.



Фиг. 16.
Поперечный разрѣзъ
по топкѣ. по дымовой коробкѣ.



и жаровыхъ трубокъ окружающей ихъ водѣ, нагрѣваетъ ее все больше и больше и наконецъ обращаетъ отчасти въ паръ, собирающійся въ верхней части котла, надъ поверхностью воды. Что же касается продуктовъ горѣнія, то они изъ топки по жаровымъ трубкамъ уходятъ въ дымовую коробку, а затѣмъ черезъ дымовую трубу наружу.

Чтобы увеличить запасъ пара, а также чтобы для расхода имѣть паръ какъ можно суше *), на цилиндрической части котла располагаютъ такъ называемый паровой колпакъ, или куполъ. Въ верхней части этого купола находится конецъ трубы, съ отверстіями, запираемый особой заслонкой или клапаномъ (регуляторъ); труба эта идетъ въ дымовую коробку и чаще всего развѣтвляется тамъ въ двѣ трубы, примыкающія къ такъ называемымъ золотниковымъ коробкамъ паровыхъ цилиндровъ (обыкновенно у паровозовъ имѣется по два цилиндра).

Кромѣ этихъ трубъ (паровпускныхъ или паропроводныхъ) отъ каждаго изъ цилиндровъ идетъ по одной трубѣ для выпуска отработавшаго пара; эти трубы (паровыпускныя или пароотводныя) располагаются также въ дымовой коробкѣ, гдѣ онѣ большею частію соединяются вмѣстѣ, и такимъ образомъ получается одна паровыпускная труба, нѣсколько съуживающаяся къ концу (конусъ), откуда паръ устремляется въ дымовую трубу, производя при этомъ разрѣженіе въ дымовой коробкѣ. Благодаря этому разрѣженію наружный воздухъ черезъ рѣшетку и слой топлива устремляется въ дымовую коробку и усиливаешь горѣніе топлива на рѣшеткѣ. Такимъ образомъ, чѣмъ больше, пару въ данное время расходуетъ паровозъ, тѣмъ энергичнѣе идетъ и парообразованіе въ котлѣ, и слѣд. паровозъ регулируешь самъ собою паропроизводительность котла. Тягу воздуха въ дымовую трубу можно увеличить, если конусъ сдѣлать съ перемѣннымъ отверстіемъ; уменьшая это отверстіе или, какъ говорятъ, подтягивая конусъ, мы будемъ заставлять паръ вылетать съ большею скоростью, и благодаря этому производить болѣе значительное разрѣженіе въ

---

*) Чѣмъ ближе къ уровню воды въ котлѣ брать паръ, тѣмъ онъ больше увлекаетъ съ собою воды.

дымовой коробкѣ. Съ другой стороны можно уменьшить или даже вовсе прекратить доступъ воздуха къ топливу, если устроить снизу топочной коробки ящикъ (зольникъ или поддувало) съ приподнимающейся стѣнкой или двумя (передней и задней) такими стѣнками (клапаны поддувала). Закрывая поддувало, можно совершенно остановить дальнѣйшее образованіе пара, если топочныя дверцы достаточно плотны и не пропускаютъ воздуха въ топочную коробку.

Во время стоянокъ или когда паровозъ идетъ съ закрытымъ регуляторомъ, для усиленія тяги воздуха прибѣгаютъ къ форсовому крану, открывая который можно пускать по форсовой трубкѣ (сифону) паръ изъ котла въ дымовую трубу.

Чтобы обезпечить правильное и безопасное дѣйствіе паровознаго котла, его снабжаютъ слѣдующими принадлежностями (арматура):

1) водомѣрное стекло и три или два пробныхъ крана (или клапана) для того, чтобы слѣдить за уровнемъ воды, которая всегда должна стоять выше верхней части (неба) топки не менѣе какъ на 10 центиметровъ;

2) самоплавящіяся пробки — небольшія мѣдныя вставки въ самыхъ верхнихъ частяхъ поверхности нагрѣва (неба топки), обыкновенно на винтовой рѣзьбѣ; по оси этихъ вставокъ дѣлается сквозной проходъ, заливаемый легкоплавкимъ металомъ, для того чтобы при обнаженіи неба топки отъ воды, огонь могъ расплавить заливку и установить сообщеніе между топкой и паровымъ пространствомъ котла; паръ изъ котла устремляется тогда въ топку, тушитъ огонь и предохраняетъ такимъ образомъ небо топки отъ пережога и выгибовъ;

3) приборы (нынѣ большей частью инжектора, рѣдко насосы) для питанія котла водою, по мѣрѣ ея убыли; такихъ приборовъ полагается на паровозѣ имѣть два, изъ которыхъ одинъ по крайней мѣрѣ долженъ быть такого устройства, чтобы могъ работать и во время стоянки паровоза;

4) манометръ, указывающій величину давленія пара въ котлѣ;

5) предохранительные клапаны (по крайней мѣрѣ два) для выпуска пара, какъ только давленіе его

перейдетъ за назначенное предѣльное давленіе для работы котла;

6) спускные краны для выпуска воды изъ котла;

7) отверстія (люки, лазы) для очистки внутренности котла отъ накипи и грязи при промывкѣ его;

8) паровой свистокъ для сигналовъ.

Къ необходимымъ же принадлежностямъ паровознаго котла можно отнести и упомянутые уже выше: регулятору паропроводныя и пароотводныя трубы, конусъ и сифонъ.

Что касается паровой машины, то у паровозовъ какъ упомянуто уже, она бываетъ обыкновенно парною (двухцилиндрового) съ мотылями, поставленными подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, для того чтобы паровозъ могъ трогаться съ мѣста при открываніи регулятора даже и въ тѣхъ случаяхъ, когда поршень одного цилиндра будетъ находиться въ мертвой точкѣ или когда золотникъ прикрываешь окна и не даетъ пару доступа къ поршню цилиндра. Обыкновенно свѣжій паръ изъ котла идетъ по паропроводнымъ трубамъ въ оба цилиндра, но можно также, какъ это стали дѣлать все чаще и чаще за послѣднее время, заставлять паръ работать послѣдовательно въ цилиндрахъ паровоза (система компаундъ).

Въ машинѣ паровоза, какъ и во всякой паровой машинѣ, имѣется два механизма: парораспредѣлительный и движущій.

Парораспредѣлительный механизмъ состоитъ изъ золотниковъ, движущихся въ золотниковыхъ коробкахъ и получающихъ движеніе (обыкновенно посредствомъ кулисъ) или отъ эксцентриковъ, насаженныхъ на одну изъ осей паровоза, или отъ одной изъ частей, движущихся вмѣстѣ съ поршнемъ взадъ и впередъ. Парораспредѣлительный механизмъ устраивается такъ, чтобы можно было не только измѣнять степень впуска пара, но и перекидывать парораспредѣленіе, т. е. впускать паръ въ цилиндры такъ, чтобы паровозъ могъ двигаться какъ впередъ, такъ и назадъ.

Движущій механизмъ состоитъ изъ слѣдующихъ частей: поршни, движущіеся въ цилиндрахъ; поршневые стержни (скалка, штокъ); движущіяся по направляющимъ (паралелямъ) салазки (голова поршневаго стержня, крейцкопфъ); шатуны ведущіе и спаривающіе

(дышла, спарники); мотыли или кривошипы ведущей и спаренныхъ осей съ колесами (движущими).

Ведущій шатунъ однимъ концомъ сочленяется шарнирно съ салазками (посредствомъ толстаго валка), а другимъ концомъ надѣвается на цапфу (палецъ, кулакъ) мотыля (при наружныхъ цилиндрахъ) или на шейку кривошипа (при внутреннихъ цилиндрахъ). Точно также спаривающіе шатуны надѣваются обоими своими концами на пальцы мотылей. Концы шатуновъ (головки) снабжаются вкладышами (подшипниками), плотно обхватывающими соотвѣтствующія цапфы.

Переходя затѣмъ къ ходовымъ частямъ паровоза, замѣтимъ, что отъ ходовыхъ частей вагоновъ онѣ отличаются главнымъ образомъ болѣе сильными размѣрами, такъ какъ въ паровозѣ эти части подвергаются дѣйствію болѣе значительныхъ усилій. Тѣ изъ осей паровоза, которыя въ качествѣ рабочихъ валовъ машины принимаютъ на себя дѣйствіе пара и сообщаютъ движеніе паровозу по рельсамъ, называются движущими осями (ведущая и связанныя съ нею), а колеса ихъ — движущими колесами паровоза; тѣ же оси съ колесами, которыя подобно вагоннымъ только поддерживаютъ раму паровоза съ находящимися на ней паровыми цилиндрами и котломъ, называются поддерживающими (катковыми, вольными или бѣгунами).

Не останавливаясь теперь на болѣе близкомъ знакомствѣ съ отдѣльными частями паровоза, обратимся къ подраздѣленію (класификаціи) паровозовъ.

КЛАСИФИКАЦІЯ ПАРОВОЗОВЪ.

По назначенію своему паровозы раздѣляются на разряды, смотря по тому, для какихъ поѣздовъ предназначаются — скорыхъ, пасажирскихъ, товаропасажирскихъ или товарныхъ, причемъ скорость движенія, для которой паровозъ предназначается находится въ обратномъ отношеніи къ преодолѣваемому паровозомъ сопротивленію, зависящему главнымъ образомъ отъ крутизны подъемовъ пути и отъ вѣса перевозимаго поѣзда: чѣмъ тяжеле поѣздъ и чѣмъ больше подъемы, тѣмъ меньше должна быть скорость движенія. Съ увеличеніемъ скорости движенія увеличивается и работа, производимая паровозомъ въ данное время, а слѣдовательно требуется и больше пару отъ котла, т. е. паровозъ долженъ имѣть болѣе значительную поверхность нагрѣва и большую площадь колосниковой рѣшетки.

Вмѣстѣ съ этимъ конечно увеличится и вѣсъ паровоза, потому что при большихъ размѣрахъ поверхности нагрѣва и рѣшетки котелъ паровоза будетъ тяжелѣе.

Такимъ образомъ тяжелые паровозы необходимы не только для тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ, движущихся медленно, но и для скорыхъ пасажирскихъ.

Затѣмъ для большихъ скоростей необходимы и большія движущія колеса, такъ какъ число оборотовъ движущихъ осей не должно быть выше нѣкотораго предѣла, во избѣжаніе разстройства и поврежденій механизма отъ слишкомъ быстраго движенія частей.

Такимъ образомъ уже по діаметру колесъ и по общему вѣсу паровоза можно сказать, къ какому разряду относится тотъ или другой паровозъ:

Скорые пасажирскіе паровозы — болѣе тажелые и съ большими движущими колесами, чѣмъ

Пасажирскіе обыкновенные паровозы;

Товарные обыкновенные — съ колесами меньшаго діаметра, чѣмъ у пасажирскихъ;

Тяжелые шоварные — болѣе значительнаго вѣса и съ большимъ числомъ спаренныхъ осей, чѣмъ товарные обыкновенные паровозы;

Товаропасажирскими могутъ быть паровозы, близко подходящіе или къ пасажирскимъ обыкновеннымъ, или къ товарнымъ обыкновеннымъ, причемъ они двигаются со смѣшанными поѣздами, болѣе тяжелыми, чѣмъ пасажирскіе поѣзда, но нѣсколько медленнѣе ихъ, а съ другой стороны нѣсколько быстрѣе, чѣмъ товарные, такъ какъ вѣсъ смѣшаннаго поѣзда бываетъ обыкновенно меныпе, чѣмъ вѣсъ товарнаго поѣзда.

Кромѣ поименованныхъ выше родовъ паровозовъ, сопровождаемыхъ обыкновенно особымъ тендеромъ съ запасами воды и топлива, употребляются для станціонной службы (маневровъ) и для пригородныхъ поѣздовъ, дѣлающихъ короткіе концы, танковые паровозы, не имѣющіе отдѣльныхъ тендеровъ, а несущіе на себѣ самихъ запасы воды и топлива (такіе паровозы нѣтъ надобности поворачивать для обратнаго слѣдованія).

Такъ какъ этимъ паровозамъ приходится двигаться съ незначительными скоростями и притомъ по горизонтальнымъ или съ небольшими уклонами путямъ, то размѣры у нихъ обыкновенно бываютъ сравнительно меньше, чѣмъ у паровозовъ съ отдѣльными тендерами *).

---

*) Этого нельзя сказать про танковые паровозы, употребляемые для горныхъ дорогъ, съ крутыми подъемами.

Что касается различій въ конструкціи, то паровозы можно подраздѣлить:

а) по расположенію продольныхъ листовъ или брусьевъ рамъ относительно колесъ — на

паровозы съ наружной рамой

----*---- съ внутренней ----*----

----*---- съ двойной ----*----___

б) по расположенію цилиндровъ относительно рамъ — на

паровозы съ наружными цилиндрами

----*---- съ внутренними ----*---- ____

в) по расположенію цилиндровъ относительно плоскости рельсоваго пути — на

паровозы съ горизонтальными цилиндрами

----*---- съ наклонными ----*----

г) по числу цилиндровъ — на

паровозы съ двумя цилиндрами

----*---- съ тремя ----*----

----*---- съ четырьмя ----*----

д) по числу колесъ (движущихъ и катковыхъ, всѣхъ вмѣстѣ) — на

паровозы четырехколесные

----*---- шестиколесные

----*---- восьмиколесные

и т. д.

е) по числу спаренныхъ движущихъ осей и колесъ — на

паровозы съ одной движущей осью

----*---- съ двумя движущими осями

----*---- съ тремя ----*---- ----*----

----*---- съ четырьмя ----*---- ----*----

и т. д.

ж) по тому, могутъ ли оси измѣнять свое положеніе относительно рамъ, и какъ именно, — на

паровозы съ неизмѣннымъ взаимно положеніемъ осей

----*---- съ передвижными осями (по направленію длины самыхъ осей)

----*---- съ поворотными осями (отдѣльными или соединенными въ телѣжку);

з) по дѣйствію пара въ цилиндрахъ — на

паровозы съ простымъ (независимымъ) расши-

реніемъ пара въ цилиндрахъ (обыкновенной системы)
паровозы съ двукратнымъ послѣдовательнымъ расширеніемъ — системы компаундъ съ 2, 3 и 4 цилиндрами или системы Вульфа съ 4 цилиндрами *);

і) по роду топлива—на
паровозы съ дровянымъ отопленіемъ
----*---- съ торфянымъ ----*----
----*---- съ угольнымъ **) ----*----
----*---- съ нефтянымъ ***) ----*----

---

*) Въ системѣ Вульфа паръ работаетъ послѣдовательно въ цилиндрахъ, которые расположены на одной и той же сторонѣ паровоза, такъ что поршни этихъ цилиндровъ одновременно выходятъ изъ мертвыхъ своихъ точекъ.

Если геометрическія оси двухъ цилиндровъ лежатъ на одной прямой, то машины принято называть „тандемъ"; соотвѣтственно этому четырехъ-цилиндровый паровозъ съ двукратнымъ расширеніемъ пара можетъ быть системы компаундъ, тандемъ-компаундъ, Вульфа или тандемъ - Вульфа.

Названіе компаундъ часто распространяютъ и на паровозы съ работой пара по системѣ Вульфа.

**) Каменнымъ углемъ, антрацитомъ, каменноугольной мелочью, брикетами.

***) Нефтяными остатками или мазутомъ.

РАСПРЕДѢЛЕНІЕ ДѢЙСТВУЮШИХЪ ВЪ ПАРОВОЗѢ УСИЛІЙ

Чтобы привести въ движеніе приготовленный къ отправленію паровозъ необходимо открыть регуляторъ; тогда паръ изъ котла по паропроводнымъ трубамъ устремится въ золотниковыя коробки цилиндровъ и въ зависимости отъ положенія золотниковъ на зеркалахъ или лицахъ коробокъ, будетъ входить въ цилиндры съ той или съ другой стороны порпшей.

Пусть паръ (фиг. 17) вступаетъ съ правой стороны и производя одинаковое давленіе во всѣ стороны, даетъ усиліе P_0 давленія на поршень и такое же давленіе P' на переднюю крышку цилиндра.

Усиліе P_0 черезъ стержень поршня передается въ C, сочлененіе салазокъ (крейцкопфа) съ шатуномъ, и тутъ разлагается на N' по направленію, перпендикулярному къ паралелямъ, и на Z, по направленію шатуна.

Давленіе N' на паралели при движеніи паровоза впередъ будетъ всегда направлено вверхъ, какое бы

положеніе ни занималъ мотыль ОА, а величина этого давленія будетъ

$$N' = P_0 \cdot Tang\ \beta$$

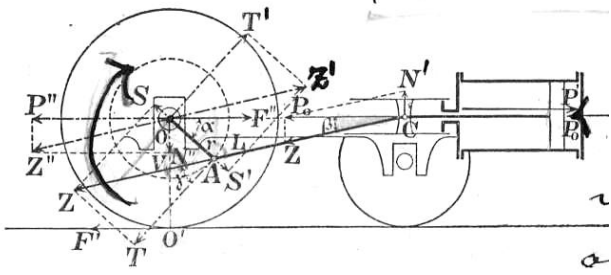
$$= P_0 \cdot \frac{r}{L} Sin\ \alpha,$$

если примемъ во вниманіе, что изъ треугольника О А С слѣдуетъ (r длина мотыля, *L* длина шатуна):

$$Sin\ \beta = \frac{r}{L}\ Sin\ \alpha$$

и что уголъ β вообще бываетъ невеликъ, такъ какъ $^{r}/_{L}$ обыкновенно не болѣе 1/6.

Фиг. 17.



Усиліе *Z*, направленное по щатуну и равное

$$Z = \frac{P_0}{Cos\ \beta},$$

передается въ точку *A*, на наледъ (цаифу) мотыля и здѣсь разлагается на

S по направленію мотыля А**О**

и

T по касательной къ кругу мотыля.

Предетавимъ себѣ теперь приложенными въ точкѣ О оси паровоза двѣ силы равныя и противуположныя: *Z'* и *Z''* паралельныя силѣ *Z*. Силы эти взаимно уничтожаются и никакихъ измѣненій въ дѣйствіи другихъ силъ произвести не могутъ.

Разложимъ одну изъ этихъ силъ *Z''* на *P''* по направленію, перпендикулярному къ направляющимъ (щекамъ) осевой буксы, и на **N''** по направленію, перпендикулярному къ рельсу.

Сила *P''* вмѣстѣ съ силою *P'*, дѣйствующей на переднюю крышку цилиндра, будутъ стремиться растянуть (или сжать) раму паровоза между движущей осью и тѣмъ мѣстомъ, гдѣ цилиндръ прикрѣпленъ къ рамѣ.

Что же касается силы *N''*, то она вмѣстѣ съ *N'*, давленіемъ салазокъ на паралели, даетъ пару силъ, стремящуюся приподнять переднюю часть паровоза, т. е. ослабляющую давленіе отъ передней части паровоза на рельсы (при ходѣ паровоза назадъ, обратно — *N'* постоянно направлено внизъ, т. е. давленіе отъ этой части паровоза на рельсы усиливается).

Теперь разложимъ силу *Z'* , но не такъ, какъ *Z''*, а какъ *Z*:

на *S'* по направленію мотыля

и

на *T'* по направленію, перпендикулярному къ мотылю.

Силы *S'* и *S''* направленныя по линіи О А, будутъ сжимать мотыль, и такъ какъ онѣ равны между собою, то взаимно уничтожаются,

Что же касается силъ *T* и *T'* то онѣ дадутъ пару силъ, стремящуюся повернуть колесо съ осью О.

Эту пару силъ, вращающій моментъ которой равенъ *Tr*, можемъ замѣнить другой парой силъ *F'* и *F''*, изъ которыхъ *F'* приложена въ точкѣ прикасанія колеса къ рельсу (касательное усиліе), а другая — *F''* — къ оси О, причемъ величина ихъ должна удовлетворять условію**;**

$$F' \frac{D}{2} = Tr$$

гдѣ D діаметръ движущаго колеса.

Такимъ образомъ усиліе P_0, дѣйствующее на поршень цилиндра, преобразовалось въ пару силъ F' и F'', которыя стремятся вращать колесо съ осью О. Вращеніе это можетъ происходить двояко:

1) если сила F не встрѣтитъ достаточнаго сопротивленія со стороны рельса (какъ бы упора), то колесо съ осью будетъ вращаться около О, причемъ колесо будетъ скользить по рельсу (боксовать), и паровозъ не будетъ трогаться съ мѣста;

2) если же сила F' встрѣтитъ достагочное сопротивленіе со стороны рельса, то въ точкѣ О' являётся какъ бы упоръ, и колесо вмѣстѣ съ осью получитъ движеніе по направленію дѣйствія силы причемъ О будетъ мгновеннымъ центромъ вращенія, а ось О, двигаясь впередъ, увлечетъ съ собою раму паровоза, и такимъ образомъ получится поступательное движеніе паровоза по рельсамъ.

Все здѣсь сказанное относится не только къ тому случаю, когда паровозъ трогается съ мѣста, но и къ какому угодно моменту движенія.

При этомъ усиліе, получаемое на порщнѣ. обусловливается не только давленіемъ пара въ цилиндрахъ, но еще и тѣми силами инерціи, которымъ подвержены въ данное мгновеніе порщень и связанныя съ нимъ части (стержень, салазки, шатуны).

Какъ давленіе пара на поршень, такъ и упомянутыя силы инерціи въ различныхъ положеніяхъ поршня могутъ быть далеко неодинаковьь

Кромѣ того, величина касательнаго усилія F' будетъ измѣняться еще вслѣдствіе разложенія полученнаго на поршнѣ усилія по шатуну и затѣмъ по касательной къ кругу мотыля, а именно:

$$F' = T.\frac{2r}{D} = T.\frac{l}{D}$$

гдѣ $l=2r$ - ходъ поршня, а

$$T = Z.Cos\,\gamma = P_0\frac{Cos\,\gamma}{Cos\,\beta}$$

и если означимъ отрѣзокъ на вертикальной линіи OV буквой *h*, то изъ треугольника OVA получимъ

$$\frac{h}{r} = \frac{Cos\,\gamma}{Cos\,\beta}$$

и слѣдовательно

$$T = P_0 \frac{h}{r},$$

что даетъ возможность путемъ построенія легко находить вращающее усиліе въ любой моментъ. Иначе, въ зависимости отъ угла a:

$$T = Z.\,Cos\,\gamma = Z.\,Sin\,(\alpha + \beta) =$$

$$= P_0 \frac{Sin\,(\alpha + \beta)}{Cos\,\beta},$$

если α считать отъ мертвой точкй мотыля, ближайшей къ цилиндру (по часовой стрѣлкѣ или обратно, все равно).

Если жё α считать отъ дальней мертвой точки, то

$$T = P_0 \frac{Sin\,(\alpha - \beta)}{Cos\,\beta}.$$

Разсматривая различныя положенія мотыля, можно убѣдиться, что эти выраженія для T соотвѣтствуютъ значеніямъ α отъ 0 до π; если же разсматривать дальше положенія мотыля при a отъ π до 2 π, то получаемъ при отсчетѣ α отъ ближайшей къ цилиндру мертвой точки мотыля

$$T = -P_0 \frac{Sin\,(\alpha - \beta)}{Cos\,\beta},$$

а при отсчетѣ α отъ дальней мертвой точки

$$T = -P_0 \frac{Sin\,(\alpha + \beta)}{Cos\,\beta},$$

при чемъ P_0 считается положительнымъ, когда направлено въ сторону движенія поршня (движущая сила), и отрицательнымъ, когда направлено въ обратную сторону (какъ сопротивленіе движенію).

Такимъ образомъ вообще, при отсчетѣ α отъ мертвой точки мотыля, ближайшей къ цилиндру,

$$T = \pm P_0 \frac{Sin\,(\alpha + \beta)}{Cos\,\beta}$$

а при отсчетѣ α отъ дальней мертвой точки мотыля

$$T = \pm P_0 \frac{Sin\,(\alpha - \beta)}{Cos\,\beta}$$

при чемъ верхній знакъ (+) берется въ этихъ формулахъ при α отъ 0 до π, а нижній (-) при α отъ π до 2π, и уголъ β получается положительнымъ или отрицательнымъ согласно формулѣ

$$Sin\,\beta = \frac{r}{L} Sin\ \alpha$$

Такъ какъ у паровозовъ бываетъ обыкновенно по два цилиндра съ мотылями, поставленными подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, то сумма касательныхъ усилій на обоихъ рельсахъ, или равная ей сумма усилій F'', движущихъ паровозъ, будетъ

$$\sum F'' = \left[\pm P_1 \frac{Sin\,(\alpha_1 + \beta_1)}{Cos\,\beta_1} \pm P_2 \frac{Sin\,(\alpha_2 + \beta_2)}{Cos\,\beta_2}\right] \frac{l}{D}$$

гдѣ

a_x и a_2 считаются отъ мертвой точки ближайшей къ цилиндру,

$$\alpha_2 = \alpha_1 + {}^1/_2\,\pi,\ Sin\,\beta_1 = \frac{r}{L} Sin\,\alpha_1,\ Sin\,\beta_2 = \frac{r}{L} Sin\,\alpha_2.$$

Какъ въ любой моментъ времени найти величины P_1 ц P_2, объ этомъ говорится далѣе (стран. 45), а

теперь только замѣтимъ, что когда одинъ изъ мотылей находится въ мертвой точкѣ, то $\alpha_1 = 0$, $\beta_1 = 0$ и усиліе, движущее паровозъ, будетъ

$$\sum F'' = +P_2 \frac{Sin\,(1/2\,\pi+\beta_2)}{Cos\,\beta_2}$$

т. е. благодаря насадкѣ колесъ на ось такъ, чтобы мотыли того и другого колеса были перпендикулярны другъ къ другу, получается нѣкоторое движущее усиліе въ паровозѣ даже тогда, когда одинъ изъ поршней находится въ мертвой точкѣ и не даетъ никакого вращающаго усилія.

Если по оси абсцисъ откладывать путь, проходимый поршнемъ, или углы, описываемые мотылемъ, то сила тяги паровоза $\sum F''$ наносимая по оси ординатъ, представится въ видѣ волнообразной кривой. Это будетъ періодическая функція, съ періодомъ $2l$ или 2π соотвѣтственно. Чтобы найти среднее ея значеніе достаточно ограничиться однимъ періодомъ, и, построивши прямоугольникъ, равновеликій съ алгебраической суммой площадей между кривою, крайними ординатами періода и осью абсцисъ, можно найти среднее значеніе силы тяги, а также видѣть, что въ дѣйствительности сила тяги только въ отдѣльныя мгновенія равна этому среднему значенію, вообще же бываетъ то болыне, то меньше.

ДВИЖЕНІЕ ПАРОВОЗА.

Если смотрѣть на проходящій мимо поѣздъ, то кажется, будто всѣ части его движутся паралельно направленію рельсоваго пути. Достаточно однако встать на площадку движущагося паровоза, чтобы убѣдиться. что движеніе это вовсе не такъ просто и правильно.

Неправильности движенія обусловливаются отчасти внѣшними причинами, напр, состояніемъ и устройствомъ рельсоваго пути, а отчасти устройствомъ желѣзнодорожнаго подвижного состава и силами, проявляющимися въ паровозѣ.

Здѣсь мы остановимся на тѣхъ причинахъ неправильностей въ движеніи, которыя кроются въ устройствѣ самого паровоза.

Если при установившіемся движеніи, т. е. когда двіжущія колеса паровоза въ равныя времена дѣлаютъ одинаковое число оборотовъ, предположить, что въ каждое мгновеніе существуетъ равенство между силой тяги и сопротивленіями движенію, то центръ тяжести паровоза долженъ былъ бы двигаться равномѣрно по направленію оси рельсоваго пути. Такой равномѣрности движенія однако нѣтъ на дѣлѣ.

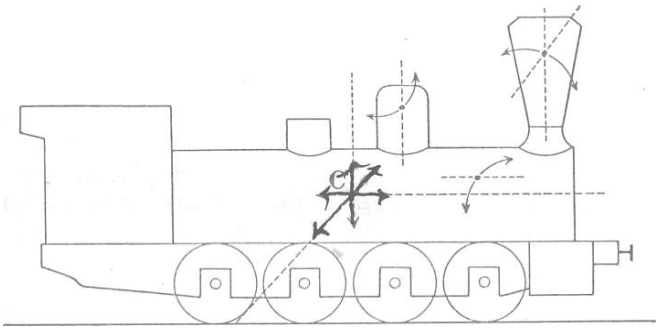
Поршни, золотники и связанныя съ ними части при каждомъ оборотѣ колесъ проходятъ по горизонтальному направленію относительно остального строенія паровоза, покоящагося на рамѣ, такой же путь впередъ, какой вслѣдъ затѣмъ и назадъ. А такъ какъ измѣнять положеніе центра тяжести паровоза могутъ только внѣшнія силы, то рама и скрѣпленныя съ нею части, если бы колеса не опирались на рельсы, должны были бы дѣлать соотвѣтственныя двіженія въ направленіи противопололшомъ. Такое нарушеите правильности движенія будемъ называть подергіваніемь. Подергиванія будутъ происходитi и отъ того, что равенство между силою тяги и сопротивленіями движенію будетъ имѣть мѣсто только въ отдѣльныя

мгновенія, и потому установившееся движеніе паровоза не будетъ равномѣрнымъ, а то ускореннымъ, то замедленнымъ *).

Вообще поступательныя добавочныя движенія паровоза можно представить себѣ разложенными по тремъ взаимно перпендикулярнымъ осямъ, и кромѣ оси, паралельной направленію рельсоваго пути, принять двѣ остальныя оси въ поперечной плоскости, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза, такъ чтобы одна изъ этихъ осей была вертикальна, а другая горизонтальна (фиг. 18).

По послѣднему направленію никакихъ движеній центра тяжести паровоза не можетъ быть, такъ какъ

Фиг. 18.



внѣшнія силы (напр. вѣтеръ) мы здѣсь не разсматриваемъ, а въ самомъ паровозѣ нѣтъ силъ, дѣйствующихъ по горизонтальному направленію перпендикулярно къ оси пути.

Зато есть силы, дѣйствующія по вертикальному направленію (напр. давленія головъ поршневыхъ стержней на паралели), и подъ вліяніемъ ихъ часть паровоза, покоящаяся на ресорахъ, будетъ то подниматься, то опускаться. Это нарушеніе правильности или, какъ говорятъ, возмущеніе движенія будемъ называть подпрыгиваньемъ.

*) Отступленія отъ равномѣрности будутъ тѣмъ менѣе, чѣмъ туже подтянуты стяжки и чѣмъ больше вѣсъ поѣзда, (масса поѣзда дѣйствуетъ какъ маховое колесо)

Могутъ быть еще добавочныя движенія, состоящія во вращеніи около тѣхъ же трехъ взаимно перпендикулярныхъ осей, проходящихъ черезъ центръ тяжести паровоза, а именно:

1) около горизонтальной оси, паралельной рельсовому пути, — боковая качка;

2) около горизонтгальной оси, перпендикулярной къ направленію рельсоваго пути, — продольная качка;

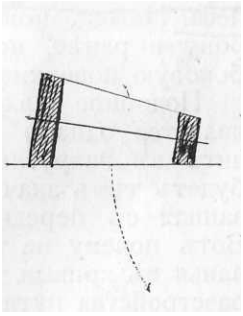
3) около вертикальной оси — вилянье.

Въ двухъ первыхъ движеніяхъ (качкахъ) участвутъ только части паровоза, покоящіяся на ресорахъ, а въ послѣднемъ (виляніи), благодаря зазорамъ между рельсами и закраинами шинъ, весь паровозъ, причемъ путь, описываемый какою-нибудь точкою паровоза во время его хода, будетъ не прямая линія, а извивающаяся.

Движенія частей, покоящихся на ресорахъ, т. е. подпрыгиванье, боковую качку и продольную качку можно разсматривать какъ составныя части одного явленія — качки паровоза.

Указанныя добавочныя движенія паровоза или возмущенія его хода не только не цѣлесообразны, но могутъ быть и опасны, уменьшая устойчивость паровоза. Поэтому необходимо разсмотрѣть тѣ обстоятельства, которыя ихъ вызываютъ, и средства если не къ устраненію, то по крайней мѣрѣ къ ослабленію ихъ.

Причины возмущеній въ движеніи паровоза лежатъ, какъ уже сказано, отчасти во внутреннихъ силахъ, дѣйствующихъ на части паровоза; такими силами являются давленія пара на поршни цилиндровъ и силы инерціи частей, движущихся взадъ и впередъ, а такіе массъ, у которыхъ центръ тяжести не совпадаетъ съ осью вращенія. Эти силы мы разсмотримъ особо, а теперь обратимъ вниманіе на то, что самая форма колесныхъ шинъ, не имѣющихъ цилиндрическаго очертанія, влечетъ за собою извилистость движенія. Въ самомъ дѣлѣ (фиг. 19), если по горизон-



Фиг.19

тальной плоскости будетъ катиться конусъ или два его отрѣзка, насаженные на одну ось наглухо, то путь, проходимый этой системой, аналогичной съ колеснымъ скатомъ, будетъ не примая, а кривая линія, Точно также, если одно изъ колесъ, насаженныхъ на вагонную, тендерную йли паровозную ось, будетъ катиться по рельсу кругомъ большаго діаметра, чѣмъ другое колесо той же оси, то первое колесо будетъ стремиться опередить второе колесолі колесный скатъ станетъ сворачивать въ сторону второго колеса.

Подобное же отклоненіе отъ прямолинейнаго пути получится и для двухъ колесныхъ скатовъ. которые хотя и имѣютъ идеально круглыя колеса съ одинаковыми соотвѣтственно кругами качанія, но оси которыхъ вслѣдствіе нѣкоторой неточности сборки не представляютъ совершенной паралельности.

Если принять во вниманіе еще отступленіе рельсовыхъ колей отъ идеальной плоскости, какъ вслѣдствіе самаго устройства и содержанія пути, такъ и отъ измѣненій въ верхнемъ строеніи, производимыхъ давленіемъ поѣзда, то станетъ очевиднымъ, что извилистость движенія неизбѣжна.

Ось, находящаяси полъ желѣзнодорожнымъ подвижнымъ составомъ, отклоняясь отъ прямолинейнаго пути, встрѣтитъ во-первыхъ препятствіе со стороны направляющихъ для своихъ буксъ и во-вторыхъ можетъ слѣдовать этому отклоненію лишь до тѣхъ поръ, пока не коснется рельса закраиной своего колеса. Но она можетъ повернуть въ обратную сторону и ранѣе, не производя давленія или удара на боковую поверхность рельсовой головки.

Подобное давленіе на головку со стороны колеса является однако неизбѣжнымъ, когда паровозъ входитъ въ закругленіе пути. Давленіе это или ударъ будетъ тѣмъ значитёльнѣе, тѣмъ болыпе масса, связанная съ переднею осью какъ бы въ одно цѣлое. Вотъ почему не только длѣ геометрическаго вписыванья въ кривыя, но для плавности хода и меньшаго разстройства пути, а вмѣстѣ съ тѣмъ и для обезпеченія устойчивости паровоза во время движенія, важно, чтобы передняя ось паровоза (и слѣдовательно поѣзда) была устроена такъ, чтобы могла поворачиваться независимо отъ строенія паровоза, лежащаго на рамѣ.

Для той же самой цѣли часто (а именно въ скорыхъ паровозахъ) двѣ переднихъ оси соединяютъ въ одну телѣжку, имѣющую свою собственную раму и устроенную такъ, что она можетъ перемѣщаться относительно рамы паровоза.

СИЛЫ ИНЕРЦІИ.

Остановимся теперь на силахъ инерціи частей, движущихся взадъ и впередъ, и массъ, центръ тяжести которыхъ не совпадаетъ съ осью вращенія колесъ.

Пусть будетъ α уголъ, на который поворачивается ось паровоза, при переходѣ, пальца *A* мотыля или кривошипа изъ мертвой точки въ нѣкоторое другое положеніе (фиг. 20)

При этомъ палецъ перемѣстится по горизонтальному направленію (т. е. по оси цилиндра) на разстояніе x, а по вертикальноку (т. е. перпендикулярному къ первому) на y, и если r длина мотыля, то

$$x = r(1 - Cos\ \alpha),$$

$$y = r\ Sin\ \alpha$$

(x считается отъ мертвой точки, откуда движется палецъ мотыля; y — отъ оси цилиндра).

Скорости этихъ перемѣщеній будутъ:

$$\frac{dx}{dt} = r\,\omega\,.\,Sin\,\alpha,$$

$$\frac{dy}{dt} = r\,\omega\,.\,Cos\,\alpha,$$

если t время, а $\omega = {}^{d\alpha}/_{dt}$ — угловая скорость вращенія.

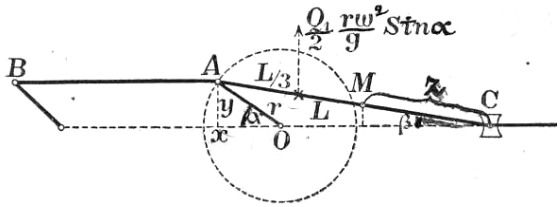
При установившемся движеніи паровоза скорость эту можно принимать за постоянную, и тогда для точки А ускоренія будутъ:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = r\,\omega^2\,.\,Cos\,\alpha.$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\,r\,\omega^2\,.\,Sin\,\alpha.$$

Разсматривая какую-нибудь точку М на ведущемъ щатунѣ, въ разстояніи z отъ мѣста сочлененія его съ

Фиг. 20.



салазками С, и обозначая длину шатуна L, получаемъ для точки М:

$$x = r(1 - Cos\,\alpha) + (L - z)Cos\,\beta$$

$$y = \frac{z}{L} r\,Sin\,\alpha$$

причемъ

$$Sin\,\beta = \frac{r}{L}\,Sin\,\alpha$$

Производныя по t отъ x и y будутъ:

$$\frac{dx}{dt} = r\,\omega\,Sin\,\alpha + (L - z)\frac{dCos\,\beta}{dt},$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{z}{L} r\,\omega\,Cos\,\alpha$$

и, чтобы упростить дѣло, разложимъ

$$Cos\,\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{L}\right)^2 Sin^2\alpha}$$

въ рядъ по биному, ограничиваясь первыми двумя членами, такъ какъ $\frac{r}{L}$ правильная дробь (въ паровозахъ обыкновенно около $^1/_6$):

$$Cos\,\beta = 1 - {}^1/_2\left(\frac{r}{L}\right)^2 Sin^2\alpha,$$

Слѣдовательно

$$\frac{d\,Cos\,\beta}{dt} = -\left(\frac{r}{L}\right)^2 \omega\,Sin\,\alpha.\,Cos\,\alpha = -{}^1/_2\left(\frac{r}{L}\right)^2 \omega\,Sin\,2\alpha.$$

Вторыя производный по t для координатъ x и y точки M будутъ:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = r\,\omega^2\left(Cos\,\alpha - \frac{L-z}{L}\cdot\frac{r}{L}\,Cos\,2\alpha\right),$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -r\,\omega^2\frac{z}{L}Sin\,\alpha.$$

Эти выраженія даютъ возможность опредѣлить ускореніе какой угодно точки мотылей (кривошиповъ), сдваивающихъ шатуновъ (спарниковъ), ведущаго шатуна, поршня со стержнемъ и съ салазками.

Если вѣсъ мотыля съ его пальцемъ означимъ Q' и разстояніе центра тяжести отъ оси вращенія r', то можемъ представить себѣ въ точке А вѣсъ

$$Q = Q' \frac{r'}{r},$$

который по отношенію къ силамъ инерціи вполнѣ заменяете вѣсъ Q'.

Если вѣсъ спарника Q' то онъ будетъ распределяться поровну между опорными точками A и B, и такимъ образомъ въ каждой изъ этихъ точекъ можно взамѣнъ мотыля и спарника представить себѣ сосредоточенной массу

$$Q + {}^1/_2 Q''$$

съ силами инерціи:

$$\text{горизонтальной} = -(Q + {}^1/_2 Q'') \frac{r\omega^2}{g} Cos\ \alpha,$$

$$\text{вертикальной} = (Q + {}^1/_2 Q'') \frac{r\omega^2}{g} Sin\ \alpha,$$

гдѣ g ускореніе силы тяжести.

Что касается ведущаго шатуна, то предполагая размѣры его одинаковыми по всей длинѣ и вѣсъ единицы длины равнымъ q_1 а вѣсъ всего шатуна Q_1 находимъ равнодѣйствующую всехъ горизонтальныхъ силъ инерціи ведущаго шатуна

$$= -\frac{r\omega^2}{g}\left(Q_1.Cos\ \alpha - q_1 \frac{r}{L} Cos\ 2\alpha \int_0^L \frac{L-z}{L} dz\right) =$$

$$= -Q_1 \frac{r\omega^2}{g}\left(Cos\ \alpha - 1/2 \frac{r}{L} Cos\ 2\alpha\right)$$

и точно также равнодействующую вертикальныхъ силъ инерціи

$$= q_1 \frac{r\omega^2}{g} \frac{Sin\ \alpha}{L} \int_0^L z\, dz = {}^1/_2\ Q_1 \frac{r\omega^2}{g} Sin\ \alpha$$

Точка приложенія этой послѣдней равнодѣйствующей опредѣлится изъ уравненія

$$^1/_2 Q_1 z_1 \frac{r\omega^2}{g} Sin\,\alpha = q_1 \frac{r\omega^2}{g} \cdot \frac{Sin\,\alpha}{L} \int_0^L z^2 dz,$$

откуда

$$z_1 = {}^2/_3 L$$

А потому сила эта будетъ распредѣляться между концами шатуна такъ, что

$$^1/_3\ Q_1\ \frac{r\omega^2}{g}\ Sin\,\alpha$$

будетъ передаваться на палецъ *A* мотыля, а

$$^1/_6\ Q_1\ \frac{r\omega^2}{g}\ Sin\,\alpha$$

на салазки С и черезъ нихъ на паралели.

Наконецъ, если Q_2 вѣсъ поршня со стержнемъ и салазками, то отъ него получится только горизонтальная сила инерціи

$$-Q_2 \frac{r\omega^2}{g} \left(Cos\,\alpha - \frac{r}{L} Cos\,2\alpha \right)$$

Наибольшія значенія горизонтальныхъ силъ будутъ, при $\alpha = \pi$, а вертикальныхъ при $\alpha = {}^1/_2\pi$, и для пальца мотыля *A* будутъ:

наибольшія значенія силъ инерціи горизонтальныхъ

$$\frac{r\omega^2}{g}\left[Q + {}^1/_2 Q' + Q_1\left(1 + {}^1/_2 \frac{r}{L}\right) + Q_2\left(1 + \frac{r}{L}\right)\right]$$

вертикальныхъ

$$\frac{r\,\omega^2}{g}\left(Q+{}^1/_2\,Q''+{}^1/_3\,Q_1\right),$$

причемъ мы предполагаемъ, что всѣ эти массы лежать въ одной вертикальной плоскости. Замѣтимъ здѣсь, что силы инерціи

$$Q''.\frac{r\,\omega^2}{g},$$

дѣйствующія на спарники, и подобный же силы, дѣствующая на ведущіе шатуны, въ скорыхъ паровозахъ достигаютъ такихъ значеній, что ими уже невозможно пренебрегать при опредѣленіи размѣровъ этихъ частей паровоза. Такъ, въ заграничныхъ паровозахъ для поѣздовъ express, число оборотовъ движущихъ колесъ доходитъ иногда до 400 въ минуту, и если r = 31 цм.,
то

$$Q''.\frac{r\,\omega^2}{g}=Q''\,\frac{0{,}31}{9{,}81}.\left(\frac{2\,\pi\,n}{60}\right)^2$$
$$=55\,.\,Q'',$$

т. е. силы инерціи будутъ въ 55 разъ болѣе собственнаго вѣса шатуна, и чтобы обезпечить прочность шатуна, недостаточно просто увеличивать его размѣры, а необходимо примѣнять такую форму, которая, съ увеличеніемъ сопротивленія изгибу, была бы сопряжена съ возможно меньшимъ увеличеніемъ массы (двутавровое сѣченіе).

ПРОТИВОВѢСЫ.

Итакъ, мы нашли, что въ паровозѣ могутъ проявиться силы инерціи

вертикальныя:

$$\frac{r\omega^2}{g}\left(Q + {}^1\!/_2\, Q'' + {}^1\!/_3\, Q_1\right)$$

горизонтальныя:

$$\frac{r\omega^2}{g}\left[Q + {}^1\!/_2\, Q'' + Q_1\left(1 + {}^1\!/_2\frac{r}{L}\right) + Q_2\left(1 + \frac{r}{L}\right)\right]$$

приложенныя къ точкамъ A ведущихъ колесъ въ разстояніи r отъ оси вращенія, причемъ

Q вѣсъ мотыля съ пальцемъ (не дѣйствительный, а приведенный къ плечу r),

Q'' вѣсъ спарника,

Q_1 - ведущаго шатуна,

Q_2 - поршня со стержнемъ и салазками.

Къ вращающимся частямъ здѣсь пріурочена $^1/_3$ вѣса ведущаго шатуна, который мы предположили одинаковаго сѣченія по всей длинѣ; если же, какъ это часто

бываетъ, размѣры его къ пальцу мотыля больше, чѣмъ къ крейцкопфу, то часть эта будетъ нѣсколько больше, однако не болѣе $^1/_2$.

Эти силы инерціи можно было бы уничтожить, еслибы расположить добавочныя массы или противовѣсы по другую сторону осей вращенія на такихъ разстояніяхъ ρ, чтобы было или

$$r\left(Q + {}^1/_2\, Q'' + {}^1/_3\, Q_1\right) = G_1\rho$$

или

$$r\left[Q + {}^1/_2\, Q'' + Q_1\left(1 + {}^1/_2\frac{r}{L}\right) + Q_2\left(1 + \frac{r}{L}\right)\right] = G_2\rho$$

гдѣ

G_1 и G_2 вѣсъ этихъ добавочныхъ массъ,

ρ разстояніе ихъ центровъ тяжести отъ оси вращенія.

Въ первомъ случаѣ достигается, какъ говорятъ, вертикальное равновѣсіе, во второмъ — горизонтальное, и мы видимъ, что одновременно достичь того и другого невозможно, такъ какъ G_1 и G_2 не могутъ быть равны между собою *)

Противовѣсы впервые были примѣнены къ паровозамъ еще *Stephenson'омъ,* но вопросъ этотъ былъ изслѣдованъ нѣмецкимъ инженеромъ *Nollau* въ 1847 г. Чтобы устранить вліяніе внѣшнихъ силъ на паровозъ,

---

*) На самомъ дѣлѣ ни вертикальнаго, ни горизонтальнаго равновѣсія вполнѣ достичь противовѣсами нельзя:

1) если употребить противовѣсъ G_1 равный

$$\frac{r}{\rho}\left(Q + {}^1/_2\, Q' + {}^1/_3\, Q_1\right)$$

и соотвѣтствующій силѣ инерціи

$$\left(Q + {}^1/_2\, Q'' + {}^1/_3\, Q_1\right)\frac{r\omega^2}{g}\, Sin\,\alpha,$$

то останется еще неуравновѣшенной сила

$${}^1/_6\, Q_1\frac{r\omega^2}{g}\, Sin\,\alpha,$$

передающаяся черезъ голову поршневаго стержня на паралели;

Nollau подвѣсилъ паровозъ на цѣпяхъ, и пуская паръ въ цилиндры, заставлялъ движущія оси вращаться, причемъ могъ наблюдать всѣ упомянутыя выше возмущенія въ движеніи паровоза. Снабжая движущія колеса противовѣсами, удалось сперва ослабить вертикальныя качанія, а затѣмъ, увеличивая постепенно противовѣсы, парализовать горизонтальныя возмущенія, но зато вертикальныя качанія явились вновь и даже сильнѣе прежняго.

Couche доказалъ аналитически вредъ тяжелыхъ противовѣсовъ, которые опредѣлялись для горизонтальнаго равновѣсія: вслѣдствіе сильныхъ вертикальныхъ качаній колеса разгружаются, и при быстромъ движеніи незначительное препятствіе на пути можетъ уже повлечь за собою сходъ паровоза съ рельсовъ,

Вотъ почему въ настоящее время скорые паровозы снабжаются противовѣсами, немного превосходящими тѣ, которые достаточны для вертикальнаго равновѣсія, съ уравновѣшеніемъ еще отъ $^1/_4$ до $^2/_5$ вѣса частей, движущихся взадъ и внередъ; въ товарныхъ же паровозахъ примѣняютъ такіе противовѣсы, чтобы парализовать въ болѣе значительной степени горизонтальныя силы инерціи ($^1/_2$ вѣса движущихся взадъ и впередъ частей и больше).

Сообразно съ этимъ пусть будутъ

Q_α приведенный къ плечу r вѣсъ мотыля съ хвостомъ пальца,

---

2) если взять противовѣсъ G_2, то онъ не будетъ соотвѣтствовать силъ

$$\left[(Q + {}^1/_2 Q'') \cos\alpha + Q_1 (\cos\alpha - {}^1/_2 \frac{r}{L} \cos 2\alpha) + \right.$$
$$\left. + Q_2 (\cos\alpha - \frac{r}{L} \cos 2\alpha) \right] \frac{r\omega^2}{g}$$

при всѣхъ значеніяхъ угла a, и техники обыкновенно назы-ваютъ противовѣсами, расчитанными на горизонтальное рав-новѣсіе, величину

$$\frac{r}{\rho} (Q + {}^1/_2 Q' + {}^1/_3 Q_1)$$

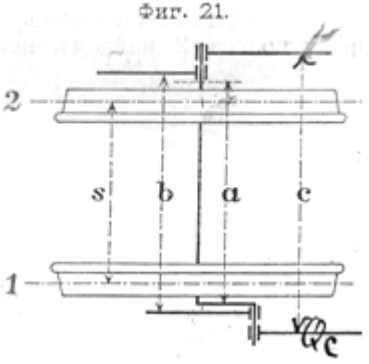
причемъ прибавка въ r/ρ ($^2/_3$ Q_1 + Q_2) къ противовѣсу G_1, назначенному для вертикальнаго равновѣсія, пріурочивается не къ одному ведущему колесу, а распредѣляется (всего лучше поровну) между всѣми движущими (спаренными) колесами.

Q_b половина вѣса примыкающихъ къ мотылю спарниковъ съ соотвѣтствующей частью пальца,

Q_c та часть изъ вѣса движущихся взадъ и впередъ частей, которую желаютъ уравновѣсить а для ведущаго колеса еще та часть вѣса ведущаго шатуна, которую слѣдуетъ пріурочить къ вращающимся частямъ (отъ $^1/_3$ не болѣе $^1/_2$ обыкновенно около 0,38); сюда же слѣдовало бы прибавить и ту часть пальца, которая движется въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ ось цилиндра.

Массы эти расположены въ различныхъ плоскостяхъ, и если означимъ s разстояніе между средними плоскостями колесъ (фиг. 21), то мотыли при внутреннихъ рамахъ будутъ лежать въ этихъ плоскостяхъ, а при наружныхъ рамахъ въ плоскостяхъ на разстояніи a одна отъ другой; массы же (Q_b и Q_c пусть лежатъ въ плоскостяхъ, удаленныхъ между собою соотвѣтственно на b и c.

Фиг. 21.



Въ разсматриваемомъ случаѣ цилиндры наружные (относительно рамъ), и чтобы предупредить вращеніе колесъ подъ вліяніемъ силъ инерціи около точекъ соприкасанія колесъ съ рельсами, располагаемъ въ колесахъ между спицами на разстояніи ρ отъ оси добавочныя массы (фиг. 22), величину и положеніе которыхъ найдемъ такимъ образомъ:

A) для, силъ инерціи частей у колеса, означеннаго цифрой 1, чтобы предупредить вращеніе колеснаго ската около точки соприкасанія колеса 2 съ рельсомъ, расположимъ между спицами колеса 1 прямо

*) При одинаковой почти нагрузкѣ всѣхъ спаренныхъ осей лучше всего раздѣлить эту часть (Q_2+ 0,62Q_1) поровну между спаренными колесами, какъ уже упомянуто раньше.

противоположно мотылю массу G'_1, которая должна удовлетворять условію:

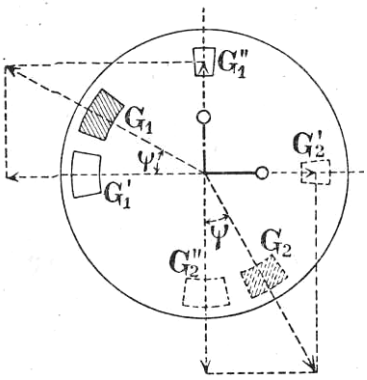
$$G'_1 . \rho . s = Q_a . r \frac{a+s}{2} + Q_b . r \frac{b+s}{2} + Q_c . r \frac{c+s}{2}$$

а чтобы предупредить вращеніе ската около точки сопрйкосновенія колеса 1 съ рельсомъ, расположимъ въ колесѣ 2 массу G'_2, удовлетворяющую условію

$$G'_2 . \rho . s = Q_a . r . \frac{a-s}{2} + Q_b . r . \frac{b-s}{2} + Q_c . r . \frac{c-s}{2};$$

B) подобнымъ же образомъ для силъ инерціи частей у колеса 2 найдемъ необходимымъ помѣстить между спицами колеса 2 массу

Фиг. 22.



$$G_2'' = G_1'$$

и между спицами колеса 1 массу

$$G''_1 = G'_2$$

Такимъ образомъ, въ колесѣ 1 было бы нужно помѣстить между спицами массы G'_1 и G''_2, которыя могутъ быть замѣнены одной

$$G_1 = \sqrt{(G'_1)^2 + (G_1'')^2}$$

и положеніе ея опредѣлится угломъ ψ, для котораго

$$tg\ \psi = \frac{G_1''}{G'_1} .$$

Въ колесѣ 2 нужно будетъ помѣстить противовѣсъ $G_2 = G_1$, причемъ противовѣсы эти будутъ

проектироваться на противоположные квадранты колесъ.

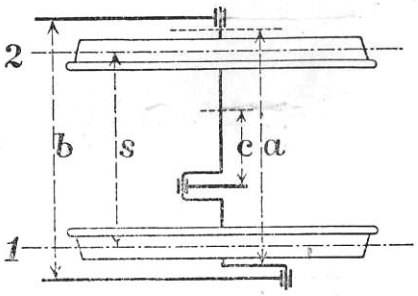
Замѣтимъ, что величина G''_1 сравнительно съ G'_1 невелика, а потому можно принимать

$$G_1 = G'_1$$

Если у паровоза рамы внутреннія, то величина $\alpha = s$, и въ формулахъ для G'_1 и G'_2 произойдутъ соотвѣтственныя упрощенія.

Въ томъ случаѣ, когда паровозъ съ внутренними цилиндрами (фиг. 23), мотыли для спарниковъ можно

Фиг. 23.



расположить противоположно кривошипамъ ведущихъ шатуновъ.

Размѣры и расположеніе противовѣсовъ въ такомъ случаѣ будутъ зависѣть отъ того, будетъ ли

$$Q_c \frac{s+c}{2}$$

больще, меньше или равно

$$Q_a \frac{a+s}{2} + Q_b \frac{b+s}{2},$$

причемъ въ Q_c входитъ приведенный къ плечу r вѣсъ) кривошипа колѣнчатой оси.

Величины противовѣсовъ для всѣхъ этихъ трехъ случаевъ будутъ опредѣляться по приведеннымъ

выше формуламъ, если перемѣнить въ нихъ знакъ у Q_c а именно: противовѣсы G'_2 и G'_1 будутъ

$$G'_2 = G''_1 = \frac{r}{\rho\, s}\left(Q_a \frac{a - s}{2} + Q_b \frac{b - s}{2} + Q_c \frac{s - c}{2} \right)$$

и положеніе ихъ (фиг. 24, 25, 26) будетъ одинаково съ положеніемъ при наружныхъ цилиндрахъ (фиг. 22).

Что же касается G'_1 и G''_2 то можетъ быть три такихъ случая:

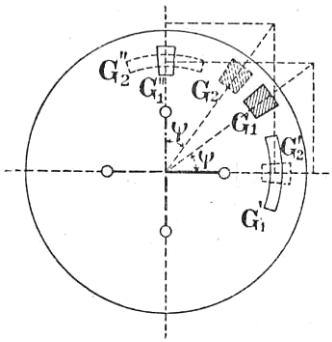
I) если

$$Q_c \frac{s + c}{2} > Q_a \frac{s + a}{2} + Q_b \frac{s + b}{2},$$

то (фиг. 24):

$$G'_1 = G''_2 = \frac{r}{\rho\, s}\left(Q_c \frac{s + c}{2} - Q_a \frac{s + a}{2} - Q_b \frac{s + b}{2} \right)$$

Фиг. 24.



и равнодѣйствующіе противовѣсы

$$G_1 = G_2 = \sqrt{(G'_1)^2 + (G''_1)^2}$$

будутъ проектироваться на одинъ и тотъ же квадрантъ;

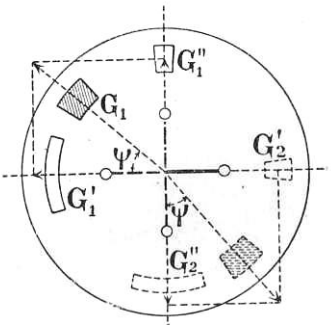
II) если

$$Q_c \frac{s+c}{2} < Q_a \frac{s+a}{2} + Q_b \frac{s+b}{2},$$

то (фиг. 25):

$$G'_1 = G''_2 = \frac{r}{\rho a}\left(Q_a \frac{s+a}{2} + Q_b \frac{s+b}{2} - Q_c \frac{s+c}{2} \right)$$

Фиг. 25.



и равнодѣйствующіе противовѣсы будутъ проектироваться на противоположные квадранты;

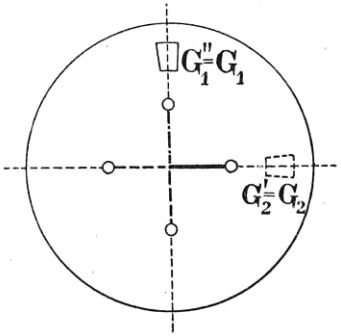
III) если наконецъ

$$Q_c \frac{s+c}{2} = Q_a \frac{s+a}{2} + Q_b \frac{s+b}{2},$$

то (фиг. 26):

$$G'_1 = G''_2 = 0$$

Фиг. 26.



и противовѣсы будутъ просто

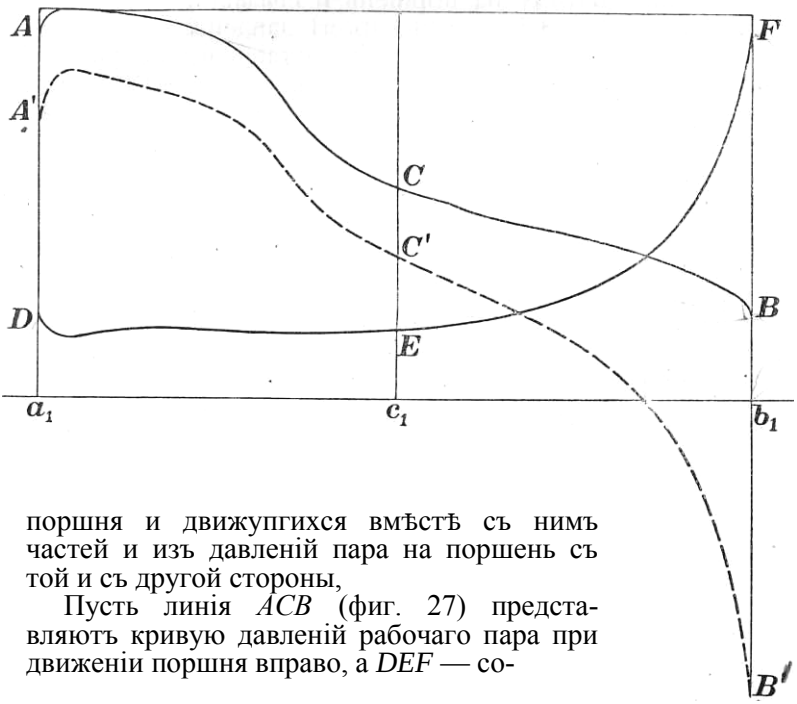
$$G'_2 = G''_1 = \frac{r}{\rho s}\left(Q_a \frac{a-s}{2} + Q_b \frac{b-s}{2} + Q_c \frac{s-c}{2} \right).$$

Вообще противовѣсы при внутреннихъ цилиндрахъ выходятъ легче, чѣмъ при наружныхъ.

ДАВЛЕНІЯ НА ПОРШЕНЬ.

Усилія на поршняхъ, передаваемыя затѣмъ на салазки и далѣе, получаются во время движенія паровоза какъ равнодѣйствующія изъ силъ инерціи

Фиг. 27.



поршня и движупгихся вмѣстѣ съ нимъ частей и изъ давленій пара на поршень съ той и съ другой стороны,

Пусть линія *ACB* (фиг. 27) представляютъ кривую давленій рабочаго пара при движеніи поршня вправо, а *DEF* — со-

отвѣтствующія давленія отработавшаго или мятаго пара на поршень съ другой стороны, какъ эти давленія даются индикаторными діаграмами.

Соединяя рабочее давленіе съ противнымъ, находимъ, что дѣйствительное давленіе на поршень вначалѣ будетъ *AD,* потомъ немного возрастаетъ, а затѣмъ постепенно, убываетъ и въ серединѣ хода будетъ *CE*; убываніе это продолжается и далѣе, и въ точкѣ пересѣченія линій *ACB* и DEE движущее давленіе пара обращается въ нуль; затѣмъ давленіе пара будетъ дѣйствовать на поршень какъ сопротивленіе, и это противодѣйствующее давленіе, постепенно возрастая, къ концу хода поршня достигаетъ величины *BF*. Принимая линію $a_1c_1b_1$ за ось абсцисъ и откладывая дѣйствительныя давленія пара на поршень какъ ординаты, получимъ кривую *A'C'B'*.

Выше мы видѣли уже, что противовѣсами уравновѣшиваются только отчасти горизонтальныя силы инерціи; поэтому на поршень и связанныя съ нимъ части будутъ дѣйствовать, кромѣ давленій пара, еще горизонтальныя силы инерціи, оставшіяся неуравновѣшенными, и если означимъ Q вѣсъ соотвѣтствующихъ имъ частей, движущихся взадъ и впередъ, то сила инерціи будетъ

$$= -\frac{Q}{g} r\omega^2 \left(Cos\,\alpha - \frac{r}{L} Cos\cdot 2\alpha \right).$$

Разсматривая положенія поршня, соотвѣтствующія углу α отъ 0° до 180°, сначала получаемъ величины отрицательныя, а потомъ положительныя, т. е. въ теченіе первой половины хода поршня силы инерціи дѣйствуютъ какъ сопротивленія движенію, а во вторую половину хода какъ силы, движущія поршень.

При дальнѣйшемъ движеніи мотыля сила инерціи сохраняетъ свое направленіе, но такъ какъ движеніе поршня направлено уже въ обратную сторону, то сила инерціи, хотя и положительная, является сопротивленіемъ при α отъ π и почти до $^3/_2\ \pi$ а при дальнѣйшихъ значеніяхъ α до 2π — движущей силой, хотя значенія ея отрицательны.

Чтобы нанести величины силы инерціи на индикаторную діаграму, обратимъ вниманіе на то, что

множитель при на $\frac{Q}{g} r\omega^2$, равный,

$$-\left(Cos\,\alpha - \frac{r}{L} Cos\ 2\,\alpha\right),$$

обращается

при $\alpha = 0°$ въ ... $-\left(1 - \frac{r}{L}\right)$

$\alpha = 45°$ ... $-\sqrt{1/2}$

$\alpha = 90°$ ... $-r/L$

$\alpha = 135°$ ... $+\sqrt{1/2}$

$\alpha = 180°$ ... $+\left(1 + \frac{r}{L}\right)$

а если пренебречь членомъ съ $\frac{r}{L}$ то величина — *Cos α* дала бы:

при $\alpha = 0°$ ... -1

$\alpha = 45°$ ... $-\sqrt{1/2}$

$\alpha = 90°$ ... 0

$\alpha = 135°$ ... $+\sqrt{1/2}$

$\alpha = 180°$ ... + 1

Поэтому можно сперва найти давленіе отъ силъ инерціи на поршень по выраженію

$$\frac{Q}{g} r\,\omega^2 .\ Cos\ \alpha,$$

а потомъ ввести соотвѣтствующія поправки.

Если означимъ ξ разстояніе поршня отъ средины его хода и будемъ считать положительнымъ влѣво отъ средины хода и отрицательнымъ вправо, то при-

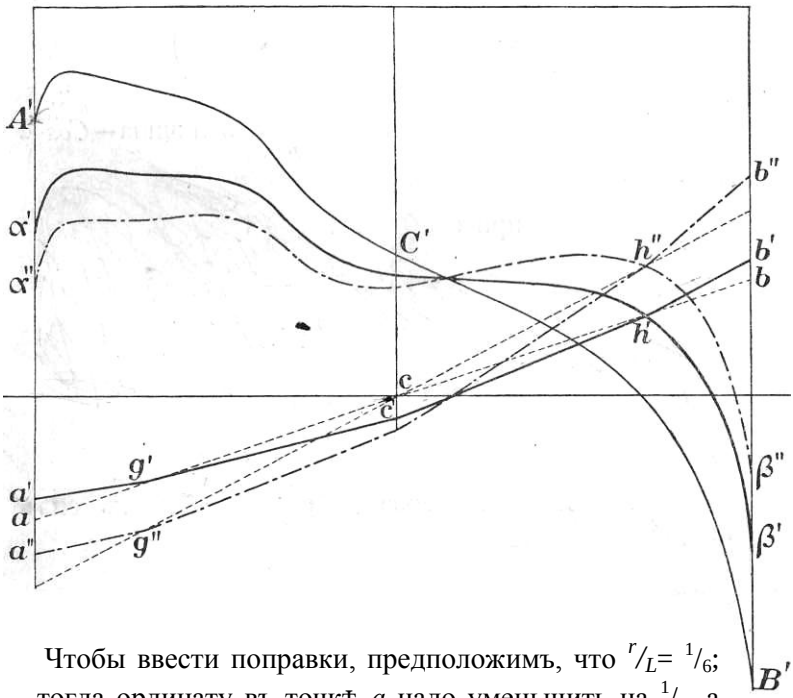
нимая $r\ Cos\ \alpha = \xi$ и пренебрегая членомъ съ $^{r}/_{L}$, получимъ:

$$-\frac{Q}{g}\omega^2 r Cos\,\alpha = -\frac{Q}{g}\omega^2\xi$$

и эта величина, дѣленная на площадь поршня, дастъ соотвѣтствующее удѣльное давленіе на поршень (напр. въ килограмахъ на кв. центиметръ, или, что почти все равно, въ атмосферахъ).

Если для лѣвой мертвой точки величина эта равна ординатѣ точки *a*, то прямая *acb* представитъ (фиг. 28) измѣненіе ея за время одного хода поршня, хотя и не совсѣмъ вѣрно.

Фиг. 28.



Чтобы ввести поправки, предположимъ, что $^{r}/_{L} = {}^{1}/_{6}$; тогда ординату въ точкѣ *a* надо уменьшить на $^{1}/_{6}$, а ординату въ точкѣ *b* на $^{1}/_{6}$ увеличить; при $a = 90°$

давленіе отъ силъ инерціи будетъ не 0, а – $^1/_6$ первоначальной ординаты въ точкѣ α; въ точкахъ же g′ и *h′*, соотвѣтствующихъ положеніямъ мотыля при α=45° и 135°, никакихъ поправокъ не требуется.

Такимъ образомъ, исправленная кривая давленій отъ силъ инерціи будетъ *a′ g′ c′ h′ b′*.

Соединяя теперь силы инерціи съ давленіями пара, найдемъ, что кривая движущихъ дѣйствительныхъ усилій будетъ *α′ h′ β′* при чемъ подъ конецъ хода вмѣсто движущихъ получаются усилія, противодѣйствующія движенію поршня.

Измѣненіе усилій здѣсь однако не такъ уже значительно, какъ то даетъ индикаторная діаграма, и это регулирующее вліяніе массъ, движущихся взадъ и впередъ, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ (до извѣстнаго предѣла) больше ихъ вѣсъ или чѣмъ значительнѣе скорость движенія; на чертежѣ линіи, отмѣченныя буквами со значкомъ ″, соотвѣтствуютъ случаю, когда силы инерціи по той или другой причинѣ получаются больше.

Но такъ какъ паровозу, особенно на скатахъ, приходится часто — и именно при большихъ скоростяхъ — двигаться съ закрытымъ регуляторомъ, т. е. безъ дѣйствія пара въ цилиндрахъ, то поршни и связанныя съ ними части въ паровозахъ стараются дѣлать какъ можно легче тогда и противовѣсы нужны менѣе значительныные.

---

*) Вѣрнѣе было бы опредѣлять силы инерціи, дѣйствующія на поршень по формулѣ:

$$E = -\frac{r\omega^2}{g}\left[Q_0 Cos\,\alpha - \left(\frac{1}{2}Q_1 + Q_2\right)\frac{r}{L}Cos\,2\alpha\right]$$

гдѣ

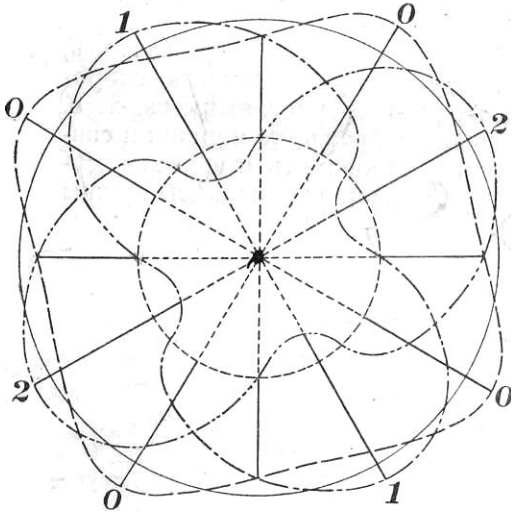
$$Q_0 = (1-\varepsilon)(0{,}62\,Q_1 + Q_2)$$

если ε означаетъ ту долю движущихся взадъ и впередъ массъ $(0{,}62Q_1+Q_2)$, для которой горизонтальныя силы инерціи уравновешены противовѣсами.

ВЛІЯНІЕ РАСПОЛОЖЕНЫ ЦИЛИНДРОВЪ И РАМЪ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПАРОВОЗА.

Зная въ каждый моментъ давленіе на поршень, можно простымъ построеніемъ, какъ было указано (стран. 22), опредѣлить усиліе, вращающее ось, и если измѣненіе давленій на поршень выражается напримѣръ, кривою *A'C'B'* (фиг. 27 на стран. 45),

Фиг. 29.



то измѣненіе вращающихъ усилій можно представить кривою 1,1 (фигура 29), если условимся откладывать величины этихъ усилій по направленію радіусовъ отъ окружности, вычерченной пунктиромъ (черточками), а именно усилія движущія — внаружу, сопротивляющаяся же движенію — внутрь. Такою же кривою 2,2 представятся усилія на мотылѣ другой стороны, если паровозъ имѣетъ два цилиндра обыкновенная дѣйствія (не компаундъ). Равнодействующее усиліе, движущее паровозъ, въ каждый моментъ будетъ равно алгебраической суммѣ усилій отъ того и другого цилиндра и представится кривою 0,0; работа же ихъ за одинъ оборотъ колеса будетъ тождественна съ работой нѣкотораго средняго

усилія, представляемаго разстояніемъ между пунктирной и сплошной окружностями.

Движеніе паровоза происходило бы равномѣрно лишь въ томъ случаѣ, когда при нѣкоторомъ постоянномъ сопротивленіи движенію и движущее усиліе оставалось бы постоянными

На дѣлѣ, какъ видно, это не такъ: правда, благодаря тому, что у паровоза два цилиндра съ мотылями, насаженными подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, усилія движущія измѣняются не такъ значительно, какъ это было бы въ томъ случаѣ, если бы движеніе производилось однимъ цилиндромъ. Но тѣмъ не менѣе кривая 0,0 всетаки не кругъ, и потому установившееся движеніе паровоза будетъ происходить не совсѣмъ равномѣрно, а то ускоренно, то замедленно, и это будетъ отзываться подергиваньями.

Дѣло ограничилось бы только подергиваньями, еслибы оба цилиндра находились въ вертикальной продольной плоскости, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза.

На самомъ дѣлѣ усилія, передаваемые отъ поршней, дѣйствуютъ не въ одной средней плоскости, а въ разныхъ плоскостяхъ, и если опредѣлить касательный усилія F' на рельсахъ, то увидимъ, что съ одной и съ другой стороны паровоза усилія эти не одинаковы; вслѣдствіе этого движущіе колесные скаты будутъ стремиться вращаться вмѣстѣ съ лежащимъ на нихъ строеніемъ паровоза около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ его тяжести.

Абсолютныя величины касательныхъ усилій на рельсахъ будутъ меньше при цидиндрахъ внутреннихъ (относительно рамъ), чѣмъ при цилиндрахъ наружныхъ, потому что разстояніе между цилиндрами въ первомъ случаѣ гораздо меньше, чѣмъ разстояніе между рельсами, а во второмъ, наоборотъ, больше. Поэтому и вилянье паровоза при наружныхъ цилиндрахъ и при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ будетъ больше, чѣмъ при цилиндрахъ внутреннихъ.

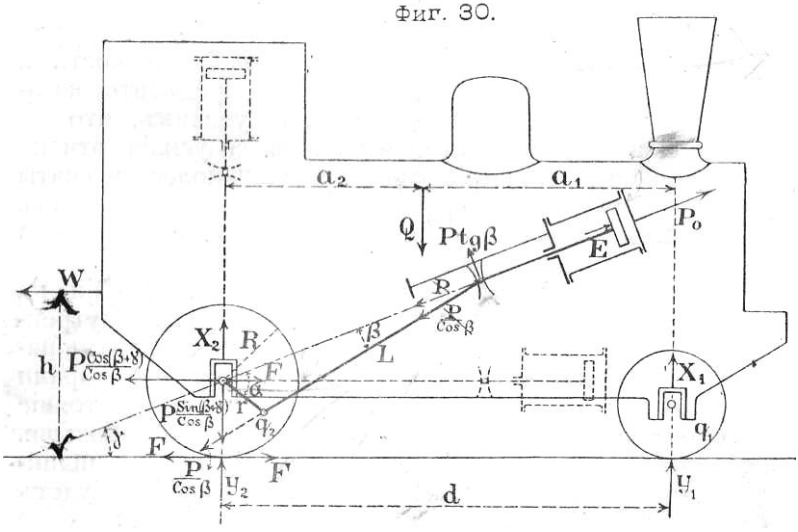
Вилянья паровоза отъ давленій на поршняхъ можно было бы избѣжать, если бы вмѣсто двухъ цилиндровъ употребить четыре или три, при чемъ равнодѣйствующая усилій, дѣйствующихъ на поршни, лежала бы всегда въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза; при подобномъ

устройствѣ является также возможность ослабить подергиваніе паровоза, если массы, движущаяся взадъ и впёредъ, взять такъ, чтобы центръ тяжести оставался въ паровозѣ постоянно въ одной и той же, точкѣ его. Увеличеніе числа цилиндровъ однако сопряжено съ усложненіемъ машины.

При подобномъ устройствѣ можно достичь того, что сила тяги будетъ получаться всегда въ продольной вертикальной плоскости, какъ будто бы всѣ цилиндры паровоза были помѣщены въ этой плоскости.

Кромѣ внутреннихъ сопротивление паровозу приходится преодолѣвать еще внѣшнія, какъ то: сопротивление воздушной среды, сопротивленіе колесъ каченію по рельсамъ и сопротивленіе поѣзда, если паровозъ идетъ не одинъ, а съ прицѣпленными къ нему тендеромъ и вагонами. Равнодействующая этихъ сопротивленій *W* (фиг. 30), какъ бы низко ни былъ расположенъ упряжной (тяговой) приборъ паровоза,

Фиг. 30.



всегда будетъ выше плоскости рельсовъ и въ совокупности съ силами инерціи *E*, приложенными къ поршню, и съ силой тяги *F* (вызываемой давленіемъ пара и упомянутыми силами инерціи *E*), будетъ измѣнять давленія отъ рамы на шейки осей и отъ осей съ колесами на рельсы.

Когда паровозъ находится въ покоѣ, то, обозначая
Q — вѣсъ рамы и всего лежащаго на ней строенія,
q_1 — „ переднего ската (поддерживающаго),
q_2 — „ задняго „ (движущаго),
Y_1, Y_2 — давленія отъ колесъ на рельсы,
X_1, X_2 — давленія отъ рамы на буксы,

$$X_1 = Q\frac{\alpha_2}{d} \qquad Y_1 = Q\frac{\alpha_2}{d} + q_1$$
$$X_2 = Q\frac{\alpha_1}{d} \qquad Y_2 = Q\frac{\alpha_1}{d} + q_2$$

Если же паровозъ движется равномѣрно съ постоянной скоростью, то изъ условія равновѣсія силъ, приложенныхъ къ строенію на рамѣ:

$$W + P.Tg\beta\,.Sin\gamma - P_0\,Cos\gamma + P\frac{Cos\,(\beta+\gamma)}{Cos\,\beta} - F = 0$$
$$Q - P.Tg\beta.Cos\gamma - P_0\,Sin\gamma = X_1 + X_2$$
$$W(h-R) - Q\,\alpha_2 + P.Tg\,\beta(r.Cos\,\alpha + L\,.Cos\,\beta) + X_1 d = 0$$

находимъ

$$X_1 = Q\frac{\alpha_2}{d} - W\frac{h}{d} + E\frac{R}{d}Cos\gamma$$
$$Y_1 = Q\frac{\alpha_2}{d} - W\frac{h}{d} + E\frac{R}{d}Cos\gamma + q_1$$
$$X_2 = Q\frac{\alpha_1}{d} + W\frac{h}{d} - E\frac{R}{d}Cos\gamma - (P_0 - E)Tg\beta.Cos\gamma - P_0\,Sin\gamma$$
$$Y_2 = Q\frac{\alpha_1}{d} + W\frac{h}{d} - E\frac{R}{d}Cos\gamma - E.Sin\gamma + q_2$$

Отсюда видно, что при $E = 0$, т. е. при очень медленномъ движеніи паровоза, X_1 и Y_1 не зависятъ отъ угла наклона γ цилиндровъ и всегда получаются менѣе тѣхъ величинъ, который имѣютъ мѣсто при такъ называемому статическомъ распредѣленіи нагрузокъ (когда паровозъ не движется): при движеніи всегда передняя ось разгружается, а давленіе отъ ведущей оси увеличивается. Что же касается величины X_2, то она зависитъ отъ угла γ, и если обозачимъ $Q\frac{\alpha_1}{d} + W\frac{h}{d}$ буквой C, то $X_2 = C - P_0$, при $\gamma = 90°$,
и $X_2 = C - P_0\,.\,Tg\,\beta$ *) при $\gamma = 0$

Такое уменьшеніе давленія не имѣетъ особеннаго значенія, если рама непосредственно опирается на

---

*) Величина $Tg\,\beta$ небольшая (рѣдко больше $^1/_6$).

(буксы; при подвѣсныхъ же ресорахъ, благодаря ихъ разгруженію, будетъ происходить движеніе рамы (а слѣдовательно, и прикрѣпленныхъ къ ней цилиндровъ) относительно колеса и соединеннаго съ нимъ поршня, что потребуетъ увеличенія вреднаго пространства (зазора между крышками цилиндра и поршнемъ въ мертвыхъ его точкахъ). Вотъ почему расположеніе цилиндровъ вертикально или съ сильнымъ наклономъ является недопустимымъ при устройствѣ паровоза на ресорахъ.

Кромѣ того при $\gamma = 0$, т. е. при цилиндрахъ горизонтальныхъ, давленія X и Y будутъ мѣняться съ измѣненіемъ величины E, которая, какъ мы знаемъ, можетъ быть то положительной, то отрицательной; вліяніе измѣненій этой величины (неуравновѣшенныхъ противовѣсами силъ инерціи тѣхъ частей, которыя движутся взадъ и впередъ) можно ослабить, взявъ разстояніе между осями d по возможности больше сравнительно съ радіусомъ движущихъ колесъ R.

Такъ какъ при движеніи паровоза величины W, P_0, E не остаются постоянными, то подвѣспыя ресоры неизбѣжно будутъ подвержены качаніямъ, и чтобы ограничить главнымъ образомъ продольную качку паровоза ресоры берутъ довольно жесткія. Это противорѣчитъ той цѣли, которой должны служить ресоры, а именно ослаблять удары и сотрясенія, производимый неровностями пути, для чего слѣдовало бы брать ресоры какъ можно мягче. Въ послѣднее время стали дѣйствительно примѣнять въ паровозахъ болѣе мягкія ресоры, чѣмъ прежде.

Качанія ресорь и лежащаго на нихъ строенія паровоза будутъ между прочимъ находиться въ зависимости отъ величины и положенія силъ $N = P \,.\, Tg\, \beta$, передаваемыхъ черезъ салазки на направляюще бруски (паралели), и эти непрерывно мѣняющіяся силы (проявляющіяся внутри самого паровоза, подобно силамъ инерціи частей, движущихся взадъ и впередъ) нельзя уравновѣсить никакими противѣсами.

Для простоты мы предположимъ, что усиліе, дѣйствующее на поршень, по величинѣ своей постоянно, и если означимъ его P_0, то давленіе на паралели съ одной стороны паровоза будетъ, какъ мы видѣли выше:

$$N_1 = P_0 \frac{r}{L} \, Sin \, \alpha,$$

а съ другой

$$N_2 = P_0 \frac{r}{L} \; Cos \; \alpha.$$

При движеніи паровоза впередъ или, какъ говорятъ, переднимъ ходомъ, оба эти давленія будутъ постоянно направлены вверхъ, а при движеніи паровоза заднимъ ходомъ — постоянно внизъ.

Слѣдовательно, сумма ихъ

$$N_1 + N_2 = P_0 \frac{r}{L} (Sin \; \alpha + Cos \; \alpha)$$

при чемъ *Sin* и *Cos* постоянно остаются съ тѣми же знаками, или α мѣняется какъ будто лишь отъ 0° до 90°.

Если теперь представимъ себѣ, что центръ тяжести паровоза лежитъ какъ разъ въ поперечной плоскости, проходящей черезъ середину хода салазокъ, то вся часть паровоза, лежащая на ресорахъ, получить движеніе то внизъ, то вверхъ. Это подпрыгиваніе зависитъ однако еще отъ укладки и устройства пути, и если удары въ стыкахъ рельсовъ будутъ повторяться черезъ промежутки времени, равные или кратные временамъ колебанія ресоръ, то подпрыгиваніе будетъ усиливаться. Этимъ обстоятельствомъ объясняется то, что качка паровоза бываетъ наибольшею при извѣстной скорости, съ увеличеніемъ же скорости движеніе паровоза становится болѣе плавнымъ.

Обыкновенно центръ тяжести паровоза лежитъ въ плоскости, до которой салазки вовсе не доходятъ, и потому давленія N_1 и N_2 вызываютъ вращеніе части паровоза, покоящейся на ресорахъ, около поперечной горизонтальной оси — продольную качку паровоза.

При движеніи паровоза впередъ передніе пбдвѣс-ныя его ресоры при дѣйствіи силъ N_1 и N_2 разгружаются, и это разгруженіе для обѣихъ ресоръ вмѣстѣ будетъ наибольшимъ при $\alpha = 45°$, при чемъ

$$N_1 + N_2 = P_0 \frac{r}{L} \sqrt{2} = 1{,}4 \; P_0 \frac{r}{L}.$$

Продольная качка будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше плечо дѣйствія силы $N_1 + N_2$, и качку эту можно почти совершенно уничтожить, если расположить цилиндры такъ, какъ было сдѣлано *Crampton'*омъ, а именно, чтобы центръ тяжести паровоза

лежалъ въ одной поперечной плоскости съ серединами хода салазокъ.

Такъ какъ давленія N_1 и N_2 на паралели той и другой стороны неодинаковы, то является стремленіе къ боковой качкѣ паровоза, и всего сильнѣе тогда, когда разница между этими давленіями наибольшая, т. е. когда одинъ изъ поршней въ мертвой точкѣ:

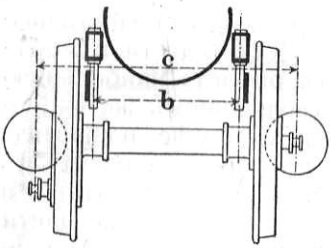
$$\text{при } \alpha = 0,\ N_1 = 0,\ N_2 = P_0 \frac{r}{L};$$

$$\text{при } \alpha = 90^\circ,\ N_1 = P_0 \frac{r}{L},\ N_2 = 0.$$

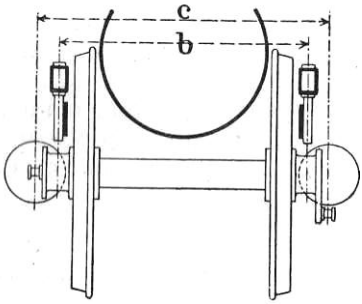
Кромѣ того, боковая качка и разгрузка отдѣльныхъ ресоръ будутъ тѣмъ больше, чѣмъ менѣе ширина рамы и чѣмъ дальше другъ отъ друга цилиндры.

Въ самомъ дѣлѣ, если разстояніе между цилиндрами c, а ширина рамы или, лучше сказать, разстояніе между противоположными ресорами b, то при наружныхъ цилиндрахъ (фиг. 31 и 32) усилія, передающіяся

Фиг. 31.



Фиг. 32.



на ресоры, вслѣдствіе давленій отъ салазокъ на паралели, будутъ:

съ одной стороны: $$\frac{c+b}{2b} P_0 \frac{r}{L} Sin\,\alpha - \frac{c-b}{2b} P_0 \frac{r}{L} Cos\,\alpha$$

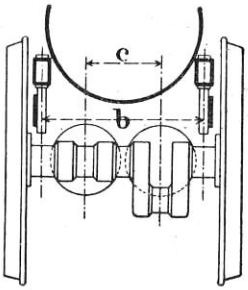
съ другой стороны: $$\frac{c+b}{2b} P_0 \frac{r}{L} Cos\,\alpha - \frac{c-b}{2b} P_0 \frac{r}{L} Sin\,\alpha.$$

При внутреннихъ цилиндрахъ (фиг. 33 и 34) на ресоры будутъ передаваться усилія:

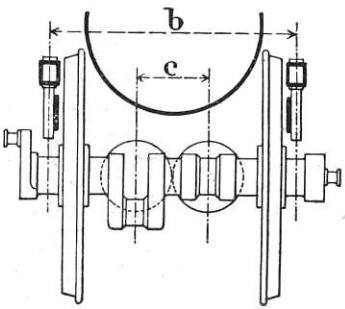
съ одной стороны: $$\frac{b+c}{2b} P_0 \frac{r}{L} Sin\,\alpha + \frac{b-c}{2b} P_0 \frac{r}{L} Cos\,\alpha$$

съ другой стороны: $\frac{b+c}{2b} P_0 \frac{r}{L} Cos\,\alpha + \frac{b-c}{2b} P_0 \frac{r}{L} Sin\,\alpha.$

Фиг. 33.



Фиг. 34.



Продольная качка, очевидно, не зависитъ отъ того, какіе у паровоза рамы и цилиндры, внутренніе или наружные.

Что же касается боковой качки, обусловливаемой разностью приведенныхъ только что усилій на ресорахъ, то какъ для наружныхъ, такъ и для внутреннихъ цилиндровъ, разность эта будетъ

$$P_0 \frac{r}{L} \cdot \frac{c}{b}(Sin\,\alpha - Cos\,\alpha), \text{ max.} = P_0 \frac{r}{L} \cdot \frac{c}{b} \text{ при } \alpha = 90$$

и слѣдовательно боковая качка вообще тѣмъ больше, чѣмъ больше разстояніе *c* между цилиндрами и чѣмъ меньше разстояніе *b* между рамами.

Подобнымъ же образомъ отзывается расположеніе цилиндровъ и рамъ на разгрузкѣ ресоръ той или другой стороны. При наружныхъ цилиндрахъ наибольшее значеніе усилія, передаваемаго отъ салазокъ на ресору, будетъ

$$P_0 \frac{r}{L} \cdot \frac{b+c}{2b},$$

при $\alpha = 90°$ для одной стороны паровоза и при $\alpha = 0°$ для другой.

При внутреннихъ же цилиндрахъ maximum разгрузки найдемъ, взявъ производную по α отъ усилія, передаваемаго отъ салазокъ на ресору, и приравнявъ эту производную нулю; такимъ образомъ найдемъ

$$\alpha = \text{arctg}\,\frac{b+c}{b-c} \text{ и } \alpha = \text{arctg}\,\frac{b-c}{b+c},$$

и наибольшее значеніе каждаго изъ разсматриваемыхъ усилій будетъ

$$P_0 \frac{r}{L} \cdot \frac{\sqrt{b^2+c^2}}{b\sqrt{2}}.$$

Такимъ образомъ, наибольшее усиліе, передаваемое отъ салазокъ на ресоры той или другой стороны, при наружныхъ цилиндрахъ будетъ

$$P_0 \frac{r}{L} \cdot \frac{b+c}{2b} = P_0 \frac{r}{2L}\left(1+\frac{c}{b}\right)$$

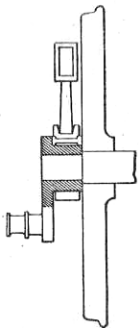
а при внутреннихъ цилиндрахъ:

$$P_0 \frac{r}{L} \cdot \frac{\sqrt{b^2+c^2}}{b\sqrt{2}} = P_0 \frac{r}{L\sqrt{2}} \sqrt{1+\left(\frac{c}{b}\right)^2}$$

т. е. разгруженіе ресоръ съ той или съ другой стороны паровоза, а слѣдовательно и опасность схода съ рельсовъ будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше c и чѣмъ меньше b.

Такимъ образомъ и боковая качка и разгрузка отдѣльныхъ ресоръ тѣмъ больше, чѣмъ больше разстояніе между цилиндрами и чѣмъ меньше разстояніе между рамами, а потому паровозы съ внутренними (относительно рамъ) цилиндрами и съ наружными (относительно колесъ) рамами устойчивѣе, чѣмъ паровозы съ наружными цилиндрами и съ внутренними рамами.

Фиг. 35.



Устройство же наружныхъ рамъ, особенно при наружныхъ цилиндрахъ, сопряжено съ нѣкоторыми затрудненіями. Такъ какъ ширина паровоза и вообще его части не должны выступать за извѣстные пределы (габаритъ подвижного состава), то ступицу мотыля обращаютъ въ шейку для оси (система *Hall*'а фиг. 35); размѣры шейки выходятъ такимъ образомъ болѣе обыкновенныхъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается и работа тренія.

Наружные цилиндры предпочитаютъ внутреннимъ потому, что нѣтъ необходимости прибѣгать къ колѣнчатымъ осямъ, — сравнительно съ прямыми онѣ дороже и могутъ представлять болѣе опасности относительно излома.

ПЛАВНОСТЬ ХОДА.

Было время, когда техники держались мнѣнія, что для большей устойчивости паровоза слѣдуетъ располагать паровозный котелъ какъ можно ниже, такъ какъ тогда центръ тяжести будетъ невысоко надъ рельсами.

Опытъ однако показалъ, что поднятіе котла въ тѣхъ предѣлахъ, которые допускаются габаритомъ, не только не представляетъ опасности, но что паровозы съ высоко расположенными котлами отличаются плавностью хода.

Объясняютъ это тѣмъ, что при повышеніи центра тяжести котла качанія, которымъ подвергается лежащее на ресорахъ строеніе паровоза (т. е. около 0,8 всего его вѣса), могутъ происходить съ амплитудами болѣе значительными; при пониженіи же этого центра тяжести и уменьшены разстоянія его отъ плоскости ресорныхъ хомутовъ, дѣйствія боковыхъ силъ на паровозъ будутъ отзываться на упомянутомъ строеніи рѣзче, производя какъ бы внезапный ударъ.

Вообще для плавности хода паровоза благопріятны слѣдующія условія его устройства:

1) Малое разстояніе между цилиндрами.
2) Широкая рама (т. е. большое разстояніе между продольными брусьями рамы).
3) Длинная колесная база (т. е. большое разстояніе между крайними осями).
4) Отсутствіе частей на вѣсу какъ спереди, такъ и сзади.

5) Большой вѣсъ паровоза въ связи съ такимъ расположеніемъ частей строенія, лежащаго на ресорахъ, чтобы моментъ инерціи относительно вертикальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести паровоза, былъ по возможности меньше.
6) Части паровоза, движущаяся взадъ и впередъ относительно рамы, должны быть какъ можно легче.
7) Части эти должны быть уравновѣшены (хотя и невполнѣ) противовѣсами, распредѣленными между отдѣльными колесами такъ, чтобы измѣненія въ давленіяхъ колесъ на рельсы не превосходили извѣстной величины, допускаемой прочностью устройства пути и удовлетворительностью его содержанія.
8) Высокое расположеніе котла (въ предѣлахъ, допускаемыхъ габаритомъ).
9) Низкое расположеніе подвѣсныхъ ресоръ (не надъ осями, а ниже ихъ).
10) При необходимости употреблять въ паровозахъ, въ виду ограниченія продольной качки, довольно жесткія ресоры, брать ресоры помягче, насколько то допустимо.
11) Такая связь между ресорами, чтобы измѣненія въ нагрузкѣ, претерпѣваемыя на ходу крайними осями и въ особенности переднею, передавались на другія оси (соединеніе концовъ сосѣднихъ ресоръ уравнивающими коромыслами — подвѣсными балансирами).
12) Чтобы передняя ось или двѣ переднихъ оси, соединенныхъ въ особую телѣжку, могли перемѣщаться относительно рамы паровоза.

Каковы бы ни были теоретическія объясненія, положенія эти находятъ подтвержденіе въ томъ, что практикуется; если выводы теоріи противорѣчатъ иногда тому, что наблюдается въ дѣйствительности, то причину несогласія слѣдуетъ искать въ ненадлежащемъ примѣненіи законовъ механики, которые остаются непреложными.

ДАВЛЕНІЯ ОТЪ КОЛЕСЪ НА РЕЛЬСЫ.

Сумма давленій, производимыхъ колесами паровоза на рельсы, равна полному его вѣсу, а давленіе отъ той или другой оси на путь зависитъ во-первыхъ отъ положенія центра тяжести паровоза и во-вторыхъ еще иногда отъ того, какъ благодаря ресорамъ нагрузка отъ лежащаго на нихъ строенія распредѣляется между осями.

Статическое распредѣленіе нагрузки между осями можетъ обусловливаться въ значительной степени натяженіемъ ресоръ, а на ходу распредѣленіе это будетъ подвержено колебаніямъ отъ измѣнчиваго характера силъ, какъ дѣйствующихъ извнѣ, такъ и проявляющихся въ самомъ паровозѣ, отъ неровностей пути, отъ прогиба рельсовъ подъ движущимися колесами, отъ ударовъ въ стыкахъ.

Расположеніе отдѣльныхъ частей, изъ которыхъ состоитъ паровозъ, должно быть таково, чтобы по обѣ стороны средней продольной вертикальной плоскости массы съ ихъ центрами тяжести лежали по возможности симетрично: тогда не только центръ тяжести паровоза будетъ въ средней продольной вертикальной плоскости, но и давленія на колеса одной и той же оси будутъ почти одинаковы.

Если извѣстенъ вѣсъ отдѣльныхъ частей паровоза, то по положенію ихъ центровъ тяжести нетрудно опредѣлить и положеніе центра тяжести паровоза; но зная это, не всегда еще можно определить, какъ именно распредѣляется нагрузка между осями.

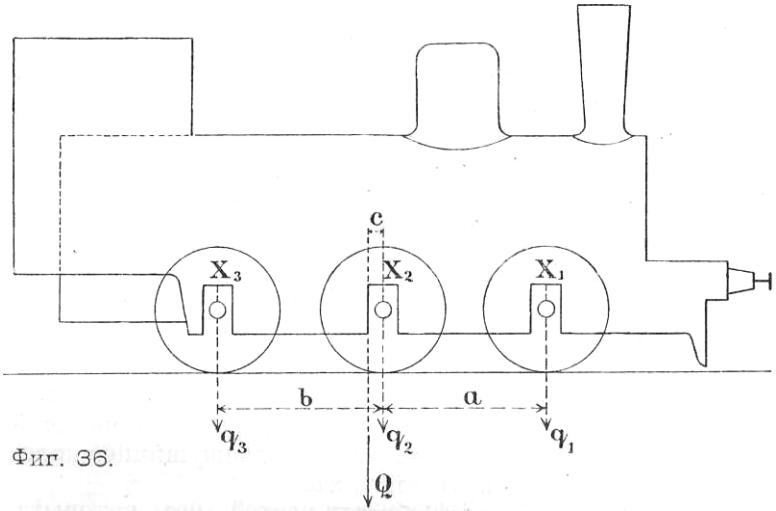
Для примѣра возьмемъ трехосный паровозъ съ ресорами, независимыми одна отъ другой (фиг. 36). Пусть a и b будутъ разстоянія между осями, c — разстояніе центра тяжести лежащаго на ресорахъ строенія Q отъ вертикальной плоскости, проходящей черезъ среднюю ось; q_1, q_2, q_3, — вѣсъ осей съ пріуроченными къ нимъ частями (буксами, ресорами, эксцентриками и ихъ тягами, спарниками, частью ведущихъ

шатуновъ); X_1, X_2, X_3 — неизвѣстныя нагрузки на оси отъ лежащаго на ресорахъ строенія.

Величины эти должны удовлетворять условіямъ:

$$X_1 + X_2 + X_3 = Q$$

$$X_1\alpha + Q.c = X_3 b$$



Фиг. 36.

и для опредѣленія трехъ неизвѣетныхъ необходимо еще одно условіе, котораго пока нѣтъ.

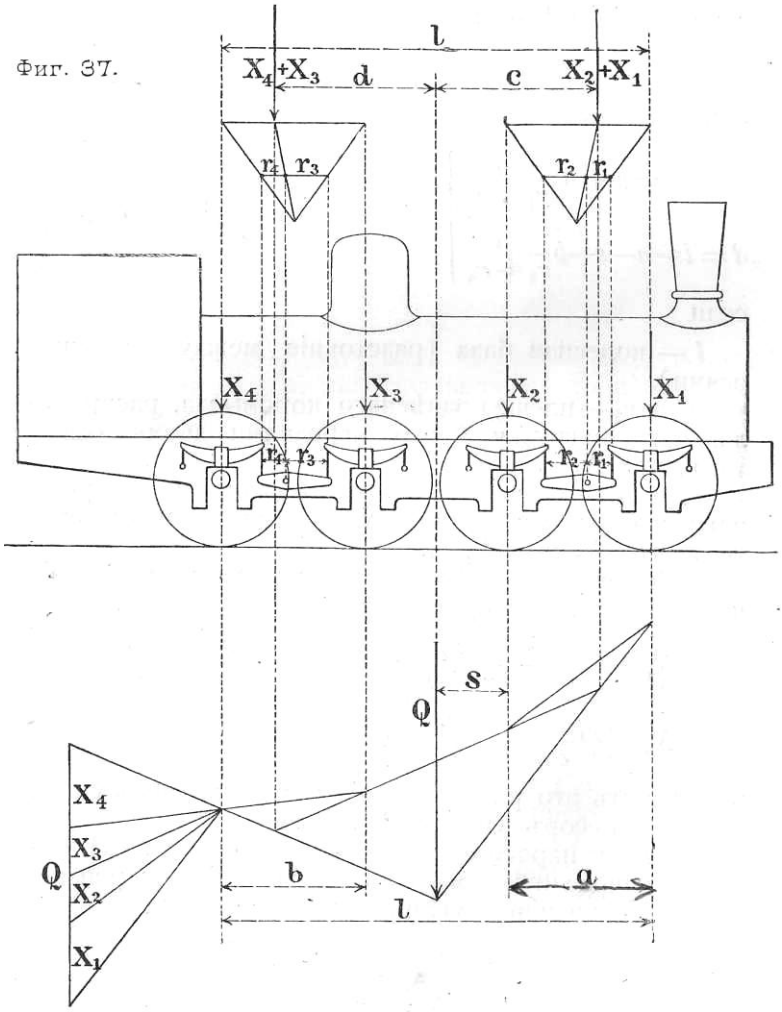
Если однако, дѣйствуя гайками ресорныхъ подвѣсокъ, добиться того, чтобы давленіе отъ средней оси было какъ разъ то, которое желательно, - положимъ $Q_2 = X_2 + q_2$, то изъ приведенныхъ выше уравненій можно будетъ найти X_1 и X_2, а слѣдовательно и давленіе на рельсы остальныхъ двухъ осей: $Q_1 = X_1 + q_1$ и $Q_3 = X_3 + q_3$.

При этомъ можетъ оказаться, что давленіе отъ задней оси выходитъ недостаточнымъ, и потому въ паровозахъ иногда прибѣгаютъ къ искусственной добавочной нагрузкѣ задняго конца (чугунными массами). Пріемъ этотъ нельзя считать безупречнымъ — лучше заранѣе постараться распредѣлить составныя части паровоза и размѣстить его оси такъ, чтобы не было надобности увеличивать вѣсъ паровоза безполезнымъ баластомъ, и если ужъ нельзя обойтись безъ увеличенія вѣса, то сдѣлать тяжелѣе такія части, которыя своими размѣрами увеличиваютъ производи

тельность котла либо машины паровоза или же въ иномъ отношеніи могутъ принести какую нибудь пользу.

Если, какъ напр. въ паровозѣ, представленномъ на фиг. 37, ресоры соединены между собою балансирами,

Фиг. 37.



то статическое распредѣленіе нагрузки между

осями является уже вполне опредѣленнымъ: на передняя двѣ оси передается отъ строенія, лежащаго на ресорахъ, нагрузка

$$X_1 + X_2 = Q \frac{d}{c+d}$$

а на заднія двѣ оси:

$$X_3 + X_4 = Q \frac{c}{c+d}$$

гдѣ

$$\left.\begin{aligned} c &= s + a \frac{r_2}{r_1 + r_2} \\ d &= l - a - s - b \frac{r_4}{r_3 + r_4} \end{aligned}\right\} c + d = l - a \frac{r_1}{r_1 + r_2} - b \frac{r_4}{r_3 + r_4}$$

если

l — колесная база (разстояніе между крайними осями),

r_1 и r_2 — плечи подвѣснаго коромысла, распределяющего нагрузку между передними двумя осями такъ, что $X_1 r_1 = X_2 r_2$,

r_3 и r_4 — плечи балансира, благодаря которому нагрузка между задними двумя осями распределяется такъ, что $X_3 r_3 = X_4 r_4$.

Следовательно нагрузки отъ наресорнаго строенія на отдільныя оси будутъ въ данномъ случаѣ:

$$X_1 = Q \frac{d}{c+d} \frac{r_2}{r_1 + r_2}, \quad X_2 = Q \frac{d}{c+d} \frac{r_1}{r_1 + r_2}$$

$$X_3 = Q \frac{c}{c+d} \frac{r_4}{r_2 + r_4}, \quad X_4 = Q \frac{c}{c+d} \frac{r_3}{r_3 + r_4}$$

и изменить это распредѣленіе помощью гаекъ у подвесныхъ ресоръ здѣсь уже нельзя.

На ходу паровоза однако и въ этомъ случаѣ будутъ происходить измененія въ давленіяхъ, производимыхъ теми или другими осями на рельсы.

РАБОТА ПАРА ВЪ ЦИЛИНДРАХЪ И СРЕДНЕЕ РАБОЧЕЕ ДАВЛЕШЕ ПАРА НА ПОРШЕНЬ.

Разсматривая работу пара въ цилиндрахъ не для опредѣленія усилія, дѣйствующаго въ то или другое мгновеніе на поршень, а для опредѣленія работы за извѣстный періодъ времени, намъ нѣтъ надобности заботиться о томъ, какія измѣненія въ усиліяхъ на поршнѣ производятъ силы инерціи частей, движущихся взадъ и впередъ.

Энергія, поглощаемая этими силами въ первую половину хода поршня, получается отъ нихъ обратно во вторую половину хода, и потому за цѣлый ходъ поршня или же за одинъ оборотъ колеса работа движущихъ силъ вовсе не зависитъ отъ упомянутыхъ силъ инерціи,

Такимъ образомъ необходимо опредѣлить только работу отъ давленій пара на поршни; давленія эти въ теченіе хода поршня подвержены измѣненіямъ, и единственное вѣрное средство для опредѣленія этихъ измѣненій представляютъ индикаторныя діаграмы.

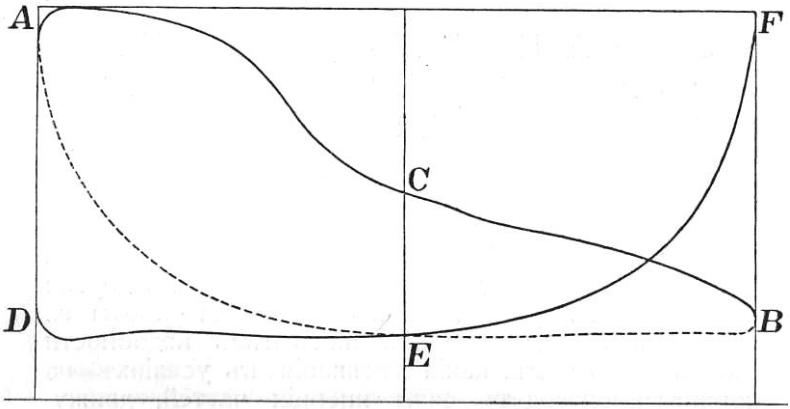
При этомъ слѣдуетъ отмѣтить одно чрезвычайно важное обстоятельство — а именно, что при извѣстной степени впуска и при томъ же начальномъ давленіи пара далеко не всегда получаются одинаковый діаграмы.

Большое значеніе имѣетъ скорость движенія, — и вліяніе ея будетъ болѣе или менѣе значительно въ

зависимости отъ устройства пароораспредѣлительнаго прибора (впускъ свѣжаго и выпускъ отработавшаго пара).

Вообще, чѣмъ скорость больше, тѣмъ меньше площадь, ограниченная кривою *A C B*, и тѣмъ больше площадь, ограниченная кривою *D E E* или *B E A* (фиг. 38),

Фиг. 38.



вслѣдствіе того, что кажущееся прекращеніе впуска получается раньше, начало вы пуска опаздываетъ, отработавшій паръ не успѣваетъ достаточно быстро уходить вонъ и сжатіе пара начинается какъ будто раньше.

Довольно трудно опредѣлить зависимость измѣненія движущаго усилія пара отъ скорости; вотъ какъ опредѣлялъ эту зависимость *Grove* на основаніи имевшихся въ его распоряженіи индикаторныхъ діаграмъ *).

Пусть будетъ

p_m среднее рабочее давленіе на поршень (въ атмосферахъ),

---

*) *Grove.* Die Locomotive im Allgemeinen und die Entwicklung ihrer Grundverhaltnisse (въ III томѣ изданія *Heusinger von Waldegg,* Handbuch fur specielle Eisenbahntechnik).

p_0 давленіе пара при впускѣ (абсолютное давленіе, упругость),

$\frac{l_1}{l}$ степень впуска,

m вредное пространство въ доляхъ хода поршня (или объема, опрастываемаго поршнемъ за одинъ ходъ);

тогда, какъ извѣстно, принимая законъ расширенія пара гиперболическимъ получимъ:

$$\frac{p_m}{p_o} = \frac{l_1}{l} + \left(\frac{l_1}{l} + m\right) loghyp \frac{1+m}{\frac{l_1}{l} + m}$$

и точно также если:

q_m среднее противное давленіе пара на поршень,

q_0 среднее давленіе выпускаемаго пара,

$\frac{l_2}{l}$ часть хода, соответствующая сжатію пара (т, е. послѣ того момента, какъ выпускъ отработавшаго пара прекратился),

$$\frac{q_m}{q_o} = 1 - \frac{l_2}{l} + \left(\frac{l_2}{l} + m\right) loghyp \frac{\frac{l_2}{l} + m}{m}$$

Здѣсъ однако величины должны быть взяты въ зависимости отъ того, какіе цилиндры — наружные или внутренніе, и какая скорость движенія, а именно:

для наружныхъ цилиндровъ, по ***Grove:***

$$q_o = 1 + 0{,}000045\,(p_m - 1{,}5)\; v^2 \left[\left(\frac{\Omega}{f_a}\right)^2 + 0{,}6\left(\frac{\Omega}{f_b}\right)^2\right],$$

а для внутреннихъ:

$$q_o = 1 + 0{,}00007\left(\frac{l_1}{l} p_o - 1{,}5\right) v^2 \left[\left(\frac{\Omega}{f_a}\right)^2 + 0{,}6\left(\frac{\Omega}{f_b}\right)^2\right],$$

гдѣ

v скорость движенія поршня въ метрахъ въ секунду,
Ω площадь поршня,
f_a площадь, открытая золотникомъ для выпуска пара,
f_b площадь отверстія конуса,

$\frac{l_1}{l}$ не дѣйствительная степень впуска, а вмѣсто нея

слѣдуетъ подставить въ случаѣ наружныхъ цилиндровъ:

$$\frac{l_1}{l} + 0{,}2\frac{1+\frac{l_1}{l}}{v},$$

а въ случаѣ внутреннихъ цилиндровъ:

$$\frac{l_1}{l} - 0{,}45\left(1 - \frac{l_1}{l}\right)v$$

$\frac{l_2}{l}$ точно также не дѣйствительная степень сжатія, а величина, получаемая, если взять вмѣсто l_2

$\frac{4}{5}l_2$ при наружныхъ цилиндрахъ,

$\frac{5}{4}l_2$ при внутреннихъ цилиндрахъ

Величина

$$p_i = p_m - q_m$$

будетъ действительное или индикаторное давленіе пара на поршень, и принимая цилиндры наружные, $v = 3$ метр. въ сек., $\frac{\Omega}{f_a} = 12$, $\frac{\Omega}{f_b} = 16$ *Grove* при различныхъ значеніяхъ p_0 и для различныхъ степеней впуска $\frac{l_1}{l}$ находитъ слѣдующія величины для

p_m, q_m и p_i (въ атмосферахъ или килограмахъ на кв. центиметръ):

$\frac{l_1}{l}$	$\frac{l_2}{l}$	$p_o = 6$			$p_o = 8$			$p_o = 10$		
		p_m	q_m	p_i	p_m	q_m	p_i	p_m	q_m	p_i
0,7	0,09	5,76	1,58	4,18	7,68	1,78	5,90	9,60	2,06	7,54
0,6	0,12	5,52	1,58	3,94	7,36	1,81	5,55	9,20	2,06	7,14
0,5	0,16	5,28	1,59	3,69	7,04	1,82	5,22	8,80	2,06	6,74
0,4	0,20	4,86	1,59	3,27	6,48	1,82	4,66	8,10	2,04	6,06
0,2	0,26	4,44	1,61	2,83	5,92	1,82	4,10	7,40	2,02	5,38
0,3	0,32	3,78	1,64	2,14	5,04	1,82	3,22	6,30	2,02	4,28
0,1	0,40	3,00	1,63	1,37	4,00	1,79	2,21	5,00	1,97	3,03

Величины, приведенныя въ этой таблицѣ, не только не могутъ имѣть общаго значенія для паровозовъ, но даже и для взятаго частнаго случая опредѣлены въ предположеніи одной и той же скорости движенія поршня (3 метр. въ сек.), между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ скорость эта очень различна: при большихъ степеняхъ впуска сравнительно невелика и достигаетъ наибольшихъ значеній при малыхъ отсѣчкахъ.

Поэтому можно думать, что показанныя въ таблицѣ величины p_i для большихъ степеней впуска (l_1/l = 0,7-0,6) менѣе дѣйствительныхъ, и величины p_i для малыхъ впусковъ l_1/l = 0,1 больще, чѣмъ на самомъ дѣлѣ.

Для приблизительныхъ расчетовъ, однако, таблицею этою можно пользоваться, опредѣляя интерполяціей соотвѣтствующія величины p_m, q_m, p_i и для другихъ значеній p_0 кромѣ указанныхъ въ таблицѣ.

Какъ велико можетъ быть вліяніе скорости на индикаторную діаграму, можно видѣть изъ слѣдую-

щихъ результатовъ, полученныхъ въ лабораторіи университета Пардью *).

Скорость (анг. мили въ часъ).	Число оборотовъ движущихъ колесъ въ минуту.	При отсѣчкѣ (въ дюйм.)			Примѣчанія.
		6	8	10	
		Среднее дѣйствительн. индикаторное давленіе (англ. фунт. на кв. д.).			
15	81	43,5	61,9	—	Давленіе въ котлѣ 130 англ. фунт. на кв. дюймъ.
25	135	30,5	51,2	63,3	Регуляторъ открытъ вполнѣ.
35	188	29,6	42,4	48,0	Ходъ поршня 17 д.
45	242	23,2	33,2	—	
55	296	18,3	27,4	—	

Отсюда видно, что при одной и той же отсѣчкѣ среднее дѣйствительное давленіе пара на поршень было значительно меньше при большихъ скоростяхъ, чѣмъ при малыхъ (напр. при 55 миляхъ въ часъ слишкомъ въ два раза меньше, чѣмъ при скорости въ 15 миль).

Поэтому для той или другой степени впуска пара нѣтъ возможности указать заранѣе, какъ велико будетъ среднее действительное давленіе пара на поршень, — оно можетъ измѣняться въ очень широкихъ предѣлахъ, смотря по скорости движенія.

Если же изъ индикаторной діаграмы, снятой при извѣстной скорости движенія паровоза, или изъ діаграммы, построенной на основаніи тѣхъ или другихъ соображение, извѣстна величина средняго дѣйствительнаго давленія пара на поршень p_i то можно определить, какую силу (въ паровыхъ лошадяхъ) развивала въ это время машина паровоза.

Пусть

n число оборотовъ движущихъ колесъ въ минуту,
d діаметръ цилиндровъ (въ центиметрахъ),
l ходъ поршня (въ какихъ угодно мѣрахъ),

*) *W. F. M. Goss.* Notes concerning the performance of the Purdue Locomotive „Schenectady". 1896.

D діаметръ движущихъ колесъ (въ тѣхъ же мѣрахъ, какъ и ходъ поршня),

V скорость движенія паровоза въ километрахъ въ часъ;

тогда индикаторная работа паровоза въ паровыхъ лошадяхъ (по 75 килограмметровъ въ секунду)

$$N_i = 2\frac{\pi d^2}{4} 2\ l \cdot p_i \cdot \frac{n}{60 \cdot 75},$$

гдѣ

$$n = V\frac{1000}{\pi D.60},$$

и слѣдовательно

$$N_i = \frac{d^2 l}{D} p_i \frac{V}{270}.$$

Часть этой работы поглощается внутренними сопротивленіями механизма, и такъ называемая полезная работа машины будетъ

$$N = \eta N_i,$$

гдѣ

η коэфиціентъ полезнаго дѣйствія механизма паровоза, вслѣдствіе потерь отъ побочныхъ сопротивленій

---

*) Терминъ этотъ не имѣетъ опредѣленнаго значенія, и подъ нимъ разумѣютъ иногда совершенно различный величины:

1) работу, затрачиваемую только на движеніе вагоновъ поѣзда (опредѣляемую напр. пружиннымъ динамометромъ, помѣщеннымъ между тендеромъ и первымъ вагономъ);

2) работу, соотвѣтствующую тому усилію, которое необходимо приложить къ движущимъ осямъ паровоза, чтобы, не превосходя сцѣпленія колеса съ рельсами, двигать паровозъ съ тендеромъ и вагонами, т. е. работу, соотвѣтствующую среднему касательному усилію между колесами и рельсами и равную валовой индикаторной работѣ пара за вычетомъ всѣхъ внутреннихъ сопротивленій паровоза (отъ поршней до шеекъ движущихъ осей включительно);

3) работу, равную валовой (индикаторной) за вычетомъ только сопротивленій механизмовъ движущаго и парораспредѣлительнаго, но со включеніемъ тренія всѣхъ осевыхъ шеекъ паровоза (сопротивленіе паровоза, какъ экипажа).

Мы будемъ употреблять терминъ „полезная" работа, въ значеніи, указанномъ въ п. 2.

въ различныхъ частяхъ между поршнемъ и точкою соприкасанія движущаго колеса съ рельсомъ.

Обыкновенные пасажирскіе и товарные паровозы даютъ полезную работу до 500 паровыхъ лошадей, скорые пасажирскіе развиваютъ до 700, а иногда до 1000 и болѣе лошадиныхъ силъ.

РАСХОДЪ ПАРА (ВОДЫ) И ТОПЛИВА НА ПАРОВУЮ ЛОШАДЬ ВЪ ЧАСЪ.

Расходъ пара находится въ зависимости отъ элементовъ парораспредѣленія (степени впуска и сжатія пара) и скорости движенія паровоза.

При указанныхъ выше обозначеніяхъ (стран. 66, 67, 70 и 71) расходъ пара за одинъ ходъ поршня въ одномъ цилиндрѣ будетъ

$$\frac{\pi d^2}{4}\left\{(l_1 + ml)\,\delta_1 - (l_2 + ml)\,\delta_2\right\}\cdot\frac{1}{10000},$$

гдѣ

δ_1 вѣсъ 1 куб. метра пара при концѣ впуска,
δ_2 „ „ „ „ „ „ началѣ сжатія,

а чтобы найти расходъ пара для двухъ цилиндровъ въ теченіи часа, нужно это выраженіе умножить на 2.2. *п.* 60.

Такимъ образомъ, судя, по индикаторной діаграмѣ,

мы должны были бы получить для расхода пара въ часъ величину

$$S_1 = \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m \right) \delta_1 - \left(\frac{l_2}{l} + m \right) \delta_2 \right\} \pi d^2 l \frac{6}{1000} n$$

$$= \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m \right) \delta_1 - \left(\frac{l_2}{l} + m \right) \delta_2 \right\} \frac{d^2 l}{D} \cdot \frac{V}{10}$$

(если d выражено въ центиметрахъ).

Въ действительности, однако, расходъ этотъ будетъ больше, такъ какъ при работѣ пара въ цилиндрахъ есть такія потери, о которыхъ индикаторная діаграма не даетъ указаній. Таковы потери вслѣдствіе утечекъ пара черезъ поршень, въ особенности же охлажденіе пара стѣнками цилиндра.

Этотъ добавочный расходъ пара на основаніи опытовъ *Völckers'* а можно выразить формулой

$$S_2 = \alpha d \sqrt{p_m - q_m},$$

гдѣ α постоянный коэффиціентъ.

Grove беретъ этотъ добавочный расходъ пара

$$S_2 = \sigma S_1,$$

причемъ σ увеличивается съ увеличеніемъ степени расширенія.

Въ слѣдующей таблицѣ помѣщены результаты вычисленій *Grove* для расхода пара при тѣхъ же предположеніяхъ, которыя были сдѣланы имъ для опредѣленія величинъ p_m, q_m, p_i (стран. 67 и 68).

Здѣсь помѣщены кромѣ того величины η, σ и самый расходъ пара въ видѣ

$$\frac{S}{N} = \frac{(1 + \sigma) S_1}{\eta N_i},$$

т. е. расходъ пара въ килограмахъ въ часъ на паровую лошадь полезной работы.

$\frac{l_1}{l}$	η	σ	$\frac{S}{N}$		
			$p_o = 6$	$p_o = 8$	$p_o = 10$
0,7	0,80	0,05	20,0	18,7	18,1
0,6	0,79	0,06	18,7	17,4	16,8
0,5	0,78	0,06	16,7	15,6	15,0
0,4	0,77	0,06	15,2	14,2	13,6
0,3	0,76	0,07	13,5	12,2	11,7
0,2	0,72	0,09	12,0	11,0	10,6
0,1	0,62	0,14	10,0	9,6	9,2

Отсюда видно, что чѣмъ давленіе пара въ котлѣ больше, и чѣмъ больше степень расширенія пара въ цилиндрахъ, тѣмъ выгоднѣе работаетъ паровозъ.

Однако, позволительно думать, что величин. $\frac{S}{N}$ найденный *Grove* для степени впуска $\frac{l_1}{l} = 0{,}1$, едва ли соотвѣтствуютъ дѣйствительности, такъ какъ черезчуръ большія степени расширенія сопряжены съ очень большими побочными потерями, и расходъ пара, за извѣстнымъ предѣломъ, съ уменьшеніемъ впуска не уменьшается, а наоборотъ увеличивается.

Что касается расхода воды, то онъ долженъ быть нѣсколько больше, чѣмъ расходъ пара, потому что паръ увлекаетъ съ собою изъ котла воду въ капельномъ видѣ. Содержаніе такой воды въ парѣ бываетъ очень различно, и для приблизительныхъ расчетовъ въ среднемъ достаточно принимать его въ 0,15 отъ расхода пара.

Изъ опытовъ со скорыми пасажирскими паровозами

на нѣмецкихъ ж. дорогахъ *), при работѣ не форсированной (около 75% наибольшей возможной производительности), расходъ пара (воды) въ килограммахъ на индикаторную лошадь въ часъ былъ найденъ:

При скоростяхъ (въ килом. въ часъ).	50	60	70	80	90
Для паровоза обыкновеннаго дѣйствія.	10,12	10,43	10,82	11,55	12,74
Для паровоза компаундъ.	8,48	8,60	8,81	9,33	10,27

Расходъ топлива опредѣлится по расходу воды и по паропроизводительности топлива или по тепловой его производительности, а именно, если теплопроизводительность даннаго топлива K единицъ (напр. 7600 для даннаго сорта каменнаго угля), а полезное дѣйствіе котла 0,55 (0,50 до 0,65), то на производство пара 1 килограмъ топлива даетъ всего

$$0{,}55 \,.\, K \text{ ед. теплоты;}$$

на образованіе же одного килограмма пара вмѣстѣ съ 0,15 килограмами воды въ среднемъ тратится (если температура питающей воды около 10°, а упругость пара въ котлѣ около 10 атмосферъ)

$$650+170 \,,\, 0{,}15 = 675 \text{ ед. тепл.}$$

Такимъ образомъ, расходъ топлива въ часъ будетъ

$$\frac{S \,.\, 675}{0{,}55 \,.\, K} \text{ килограм.}$$

Если же изъ опыта намъ извѣстна паропроизводительность даннаго топлива (напр., судя по вало-

*) *Lochner.* Versuche tiber Leistung und Verbrauch der vierachsigen Schnellzug-Locomotiven mit und ohne Verbund-Einrichtung (Organ fur die Forschritte des Eisenbahnwesens. 1894, стр. 108).

вому расходу воды, извѣстно, что 1 килогр. угля испаряетъ въ паровозѣ 7,2 килограмовъ воды), то расходъ топлива въ часъ будетъ

$$\frac{S \,.\, 1{,}15}{7{,}2} \text{ килограм. *).}$$

Расходъ топлива для паровозовъ часто относятъ не къ единицѣ времени, а къ единицѣ проходимаго

---

*) По упомянутымъ выше опытамъ *Lochner'* а расходъ топлива скорыми пасажирскими паровозами (хорошій каменный уголь, съ паропроизводителыюстыо отъ 7,35 до 8,05 килогр. на 1 килогр. угля) былъ (въ килограмахъ на индикаторную лошадь въ часъ):

При скоростяхъ (въ килом. въ часъ)	50	60	70	80	90
Для паровоза обыкновеннаго дѣйствія	1,26	1,33	1,39	1,52	1,73
Для паровоза компаундъ	1,05	1,08	1,10	1,19	1,33

Для паровозовъ жел. дороги *Paris-Lyon-Mediterranée* расходъ каменнаго угля въ килограмахъ на паровую лошадь въ часъ составлялъ (*G.Marié.* Les progres futurs de la locomotive. Revue générale des chemins de fer. 1881, № 7):

При среднихъ скоростяхъ поѣздовъ (въ килом. въ часъ)	30	40	50	60	Примѣчанія.
У лучшихъ машинистовъ.	1,74	1,64	1,53	1,24	Отсюда видно, насколько расходъ топлива зависитъ отъ паровозной прислуги, — этого не слѣдуетъ забывать при сравненіяхъ паровозовъ относительно расходованія ими топлива или воды.
Въ среднемъ	1,89	1,78	1,66	1,54	
У машинистовъ похуже.	2,12	1,99	1,86	1,72	

пути (пробѣга), напр. къ 1 верстѣ или 1 километру.

Расходъ топлива на 1 километръ пробѣга найдемъ, если часовой расходъ раздѣлимъ на скорость движенія паровоза *V*, при чемъ вмѣсто *S* въ послѣднія выраженія надо будетъ подставить:

$$S = S_1\ (1+\sigma) =$$

$$= \left\{\left(\frac{l_1}{l}+m\right)\delta_1 - \left(\frac{l_2}{l}+m\right)\delta_2\right\}\frac{d^2 l}{D}\cdot\frac{1+\sigma}{10}V.$$

Слѣдовательно въ разсматриваемомъ случаѣ расходъ пара на километръ пути будетъ

$$\frac{S}{V} = \left\{\left(\frac{l_1}{l}+m\right)\delta_1 - \frac{l_2}{l}\left(+m\right)\delta_2\right\}\frac{d^2 l}{D}\cdot\frac{1+\sigma}{10},$$

расходъ воды на километръ пути:

$$\frac{S}{V}\cdot 1{,}15,$$

а расходъ топлива на километръ пробѣга:

$$\frac{S}{V}\cdot\frac{1{,}15}{7{,}2},$$

или иначе

$$\frac{S}{V}\cdot\frac{675}{0{,}55\ .\ K}.$$

НАИВЫГОДНѢЙЩАЯ СТЕПЕНЬ РАСШИРЕНІЯ.

Выше было уже упомянуто, что за извѣстнымъ предѣломъ уменьшеніе степени впуска не даетъ уменьшенія расхода пара на единицу работы, а наоборотъ расходъ пара увеличивается.

Такимъ образомъ, наименьшій расходъ пара, а слѣдов. и топлива, на единицу работы при данной скорости движенія будетъ имѣть мѣсто при нѣкоторомъ значеніи степени впуска, только не при самыхъ малыхъ.

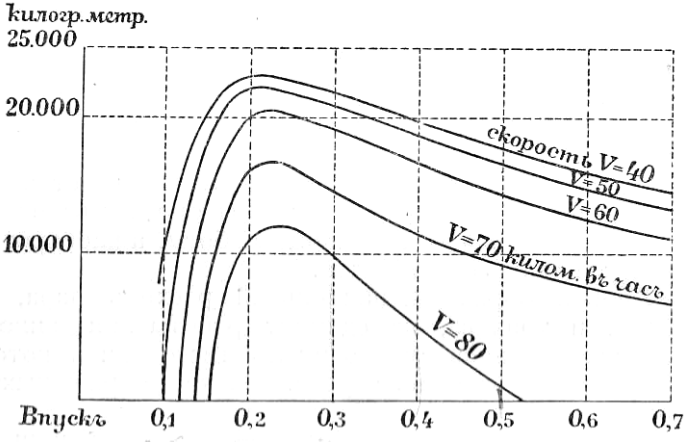
Изъ опытовъ надъ небольшой паровой машиной *Donkin* нашелъ, что если цилиндръ работалъ безъ паровой рубашки, то при, различныхъ степеняхъ впуска расходъ пара (воды) на паровую лошадь въ часъ получался такой:

Степень впуска.	0,063	0,125	0,188	0,313	0,500
Расходъ воды на паров. лош. часъ въ килогр.	16,35	15,08	14,97	14,26	15,06

т. е. наименьший расходъ можно считать при степени впуска около $^1/_3$.

Что касается паровозовъ, то, при своихъ опытахъ надъ сопротивленіемъ поѣздовъ и надъ работою паровозовъ, *Desdouits* между прочимъ опредѣлялъ расходъ воды при различныхъ скоростяхъ и при различныхъ степеняхъ впуска, и на фиг. 39 представлена построенная имъ діаграмма, показывающая, сколько килограмметровъ работы *) давалъ одинъ килограмъ пара (т. е. пара съ нѣкоторымъ содержаніемъ воды) при данной скорости движенія (въ килом, въ часъ) и при разныхъ степеняхъ впуска пара.

Фиг. 39.



Изъ этой діаграмы видно, что всего выгоднѣе работа паровоза была при впускѣ около 0,25.

Затѣмъ *Goss*, на основаніи опытовъ съ паровозомъ въ лабораторіи университета Purdue, пришелъ къ выводу, что наименьшій расходъ пара имѣетъ мѣсто при отсѣчкѣ около $^1/_3$ хода поршня.

---

*) Дѣйствительной, а не индикаторной, т. е. той, которая соотвѣтствуетъ сопротивленію поѣзда движенію, когда регуляторъ паровоза закрытъ (см. п. 3 примѣчанія на стран. 71).

Можно думать, что, при обыкновенномъ устройствѣ парораспредѣлительнаго и движущаго механизмовъ, наименьшіи расходъ пара въ паровозахъ на единицу работы при той или другой скорости движенія имѣеть мѣсто при степеняхъ впуска около 0,2-0,3 (въ паровозахъ компаундъ около 0,15-0,20, если относить впускъ къ большому цилиндру).

СЦѢПЛЕНІЕ ПАРОВОЗНЫХЪ КОЛЕСЪ СЪ РЕЛЬСАМИ; КАСАТЕЛЬНОЕ УСИЛІЕ.

Вслѣдствіе дѣйствія пара въ цилиндрахъ, какъ мы видѣли выше, на окружности движущихъ колесъ паровоза проявляется касательное усиліе *F'*, и колеса будутъ вращаться, катясь по рельсамъ, а не скользя по нимъ, лишь въ томъ случаѣ, если въ точкахъ соприкоеповенія двпжущихъ колесъ *съ* рельсами касательное усиліе *F'* встрѣтитъ достаточное сопротивлетгіе.

Это сопротивленіе, равное и противоположное усилію *F'*, будетъ *сцѣпленіе* паровозныхъ колесъ съ рельсами.

Обыкновенно однако подъ этимъ терминомъ разумѣютъ наибольшее допускаемое значеніе этой величины, удовлетворяющее тому условію, чтобы движущія колеса были обезпечены отъ такъ называемаго боксованія.

Касательное усиліе *F'*, какъ мы видѣли, даже при постоянно одинаковомъ давленіи пара на поршень, не представляется одинаковымъ въ теченіе оборота

колеса. Конечно, скольженіе будетъ предупреждено, если *max . F'* будетъ меньше достижимаго сцѣпленія.

Сцѣпленіе зависитъ отъ нажатія колесъ на рельсы и отъ коэфиціента трентя для поверхностей рельсовъ и колесныхъ шинъ.

Если означимъ

P' давленіе отъ колесъ на рельсы,
μ коэфиціентъ упомянутаго треніяу.

то необходимо, чтобы было

$$max.\ F' \leqq \mu P'.$$

Что касается величины F', то при двухъ цилиндрахъ, она, какъ мы видѣли выше (стран. 23), будетъ:

$$F' = \frac{l}{D}\left[\pm P_1 \frac{Sin\ (\alpha_1 + \beta_1)}{Cos\ \beta_1} \pm P_2 \frac{Sin\ (\alpha_2 + \beta_2)}{Cos\ \beta_2}\right],$$

гдѣ

$$\alpha_2 = \alpha_1 + {}^1\!/_2\,\pi,\ Sin\ \beta_1 = \frac{r}{L} Sin\ \alpha_1,\ Sin\ \beta_2 = \frac{r}{L} Sin\ \alpha_2.$$

Наибольшее значеніе для F', если предположимъ давленіе на поршни одинаковымъ въ обоихъ цилиндрахъ и не измѣняющимся по величинѣ ($P_1 = P_2 = P_0$), будетъ при тѣхъ значеніяхъ угловъ α и β, которые соотвѣтствуютъ симетричному расположенію мотылей и шатуповъ относительно оси цилиндра, у мертвой точки мотыля, ближайшей къ цилиндру когда по численному значение

$$\frac{Sin\ (\alpha_1 + \beta_1)}{Cos\ \beta_1} = \frac{Sin\ (\alpha_2 + \beta_2)}{Cos\ \beta_2}$$

и углы α_1 и α_2 равны соотвѣтственно 315° и 45° если считать отъ ближайшей къ цилиндру мертвой точки мотыля.

Въ такомъ случаѣ получается

$$max\,.\,F' = \sqrt{2}\,.\,P_0\frac{l}{D}(1 + Tang\,\beta_1)$$

Такъ какъ уголъ β_1 невеликъ, то можно принять

$$Tang\,\beta_1 = Sin\,\beta_1 = \frac{r}{L}\,Sin\,\alpha_1 = \frac{r}{L}\sqrt{1/2}$$

и тогда

$$max.F' = P_0\frac{l}{D}\left(\frac{r}{L} + \sqrt{2}\right)$$

Среднее же значеніе усилія F' будетъ

$$\frac{2\,.\,P_0\,.\,2l}{\pi D}$$

и принимая, что $\frac{r}{L}$ равно $1/6$, мы видимъ, что наибольшее значеніе для F' превосходитъ среднее въ

$$\frac{\pi}{4}\left(\frac{r}{L} + \sqrt{2}\right),\ \text{т. е. } 1{,}24 \text{ раза.}$$

Поэтому въ выраженіе дли сцѣпленія

$$\frac{2\,.\,P_0\,.\,2l}{\pi D}$$

$$\mu \cdot P'$$

вмѣсто коэфиціента тренія слѣдуетъ вводить величину меньшую, по крайней мѣрѣ на 20%

Если коэфиціентъ тренія стали по стали при совершенно сухихъ и чистыхъ соприкасающихся поверхностяхъ будетъ около 0,3, то въ выраженіе для сцѣпленія нужно будетъ вставить коэфиціентъ

$$f = 0{,}8\,\mu = 0{,}24 \text{ или } 1/4$$

Если же поверхности будутъ, какъ это большею частію и бываетъ, покрыты пылью, то величина f будетъ меньше.

Въ Соединенныхъ Штатахъ Америки берутъ иногда $f = 1/4$, большею же частію $f = 1/5$.

У насъ, какъ и вообще въ Европѣ, лѣтомъ принимаютъ $f = 1/6$, зимою $f = 1/8$ въ среднемъ $f = 1/7$

Въ сырую погоду, въ гололедицу, на станціонныхъ путяхъ (гдѣ рельсы иногда покрыты пролитой смазкой), коэфиціентъ сцѣпленія значительно понижается — до $1/10$, $1/12$ и даже до $1/20$.

Такимъ образомъ, мы видимъ, что коэфиціентъ сцѣпленія f не тождественъ съ коэфиціентомъ тренія μ, но находится въ прямой отъ него зависимости.

СРЕДСТВА
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНІЯ СЦѢПЛЕНІЯ.

Чтобы увеличить до желаемой степени сцѣпленіе движущихъ колесъ паровоза съ рельсами, можно или увеличить давленіе P' отъ этихъ колесъ на рельсы, или увеличить коэфиціентъ сцѣпленія f (иначе говоря, коэфиціентъ трентя μ).

Что касается давленія P', то въ зависимости отъ устройства верхняго строенія пути, а отчасти и искусственныхъ сооруженій (мосты), обыкновенно на данной дорогѣ допускается извѣстный предѣлъ, за который давление отъ оси па рельсы не должно переходить.

У насъ при 24-фунтовыхъ рельсахъ допускается предѣльное давленіе въ 12,5-13,25 тоннъ отъ оси; за границей, особенно на дорогахъ съ болѣе тяжелыми рельсами и вообще съ болѣе солиднымъ верхнимъ строеніемъ, допускаютъ 14—15 и иногда болѣе 19-ти тоннъ *).

---

*) Недавно построенъ для одной изъ желѣзныхъ дорогъ въ Соединенныхъ Штатахъ Америки (Union Railroad) очень тяжелый паровозъ съ $^{4}|_{5}$ осями (т. е. съ 4 спаренными осями изъ общаго ихъ числа 5):

Полный вѣсъ паровоза въ рабѣчемъ состояніи $104_{,3}$ тонны.
Сцѣпной . — — . — — . — $94_{,3_5}$ — . —
Вѣсъ тендера въ рабочемъ состояніи . . . . . $47_{,2}$ — . —
Общій вѣсъ паровоза съ тендеромъ . . . . . $151_{,5}$ — . —

Въ среднемъ давленіе отъ одной изъ движуіцихъ осей на рельсы составляетъ здѣсь $23^{1}/_{3}$ тонны (по 1000 кологр.).

(Glasers Annalen fur Gewerbe und Bauwesen, 1 Januar 1899, стр. 15).

Чтобы получить сцѣпной вѣсъ паровоза больше того давленія, которое допускается для одной оси, прибѣгаютъ къ соединенію нѣсколькихъ осей между собою (спариванію), помощью сдваивающихъ шатуновъ (сцѣпныхъ дышлъ, спарниковъ).

При этомъ число спаренныхъ осей рѣдко бываетъ болѣе четырехъ, такъ какъ, съ увеличеніемъ числа ихъ, увеличиваются побочныя сопротивленія механизма, особенно же затрудняется проходъ по кривымъ, если не примѣнено спеціальныхъ приспособленій для того, чтобы дать спареннымъ осямъ устанавливаться радіально.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда увеличеніе числа спаренныхъ осей оказывается средствомъ недостаточнымъ, какъ то бываетъ при очень крутыхъ подъемахъ на дорогахъ въ горныхъ мѣстностяхъ, тамъ прибѣгаютъ къ особеннымъ средствамъ: или укладываютъ между рельсами еще третій рельсъ, къ которому прижимаются съ боковъ горизонтальныя колеса, устроенныя въ паровозѣ не для поддерживанія его на рельсахъ, а исключительно для усиленія сцѣпленія; или вмѣсто третьяго рельса укладываютъ зубчатку, съ которой паровозъ сцѣпляется посредствомъ устроенныхъенныхъ въ немъ для этой цѣли зубчатыхъ колесъ (одного или нѣсколькихъ).

Что касается средствъ для увеличения коэфиціента сцѣпленія или тренія между шинами движущихъ колесъ и рельсами, то наиболѣе распространеннымъ является употребление песку. Песокъ берется для этой цѣли какъ можно суше и помещается на котлѣ паровоза въ особомъ ящикѣ (песочница), откуда по обѣ стороны паровоза идутъ трубки подъ движущія колеса, для того чтобы сыпать песокъ на рельсы въ тѣхъ мѣстахъ пути, гдѣ иначе колеса стали бы боксовать.

Такъ какъ величина коэфиціента сцѣпленія зависитъ отъ того, на сколько чиста поверхность рельсовъ, то иногда для увеличены сцѣпленія примѣняютъ вмѣсто песку струю пара или воды, которая и удаляетъ постороннія частицы съ поверхности рельса.

СИЛА ТЯГИ ПАРОВОЗА.

То усиліе, которое заставляете паровозъ съ прицѣпленнымъ къ нему поѣздомъ трогаться съ мѣста и затѣмъ двигаться по рельсовому пути, называется *силою тяги паровоза.*

Эта сила, равная суммѣ усилій *F",* по величинѣ, какъ мы видѣли выше, одинакова съ суммой касательныхъ усилій *F',* и потому обыкновенно принимаютъ, силу тяги, какъ усиліе, дѣйствующее на окружности движущихъ колесъ.

Эта сила является результатомъ тѣхъ усилій, который получаются на поршняхъ, т. е. давленій пара на поршни и силъ инерціи частей, движущихся взадъ и впередъ. Однако, если имѣть въ виду опредѣленіе лишь средняго (за оборотъ колеса) значенія силы тяги, то намъ нѣтъ надобности принимать во вниманіе силы инерціи, какъ это уже было объяснено раньше (стран. 65).

Поэтому достаточно будетъ взять работу давленій пара на поршни за одинъ оборотъ движущихъ колесъ и приравнять ее работѣ силы тяги за то же время.

Сохраняя прежнія обозначенія, находимъ полезную *) работу пара въ цилиндрахъ за одинъ оборотъ

---

*) См. примѣчаніе на стр. 71.—То, что сказано тамъ, необходимо имѣть въ виду и относительно термина "сила тяги", такъ какъ по численной величинѣ она тожественна съ работой, совершаемой на протяженіи единицы пути (1 метра, если работа выражается въ килограмметрахъ, а сила въ килограмахъ).

мотыля

$$2\frac{\pi d^2}{4}(p_m + q_m)\eta 2l$$

гдѣ η коэфиціентъ полезнаго дѣйствія, причемъ величина (1—η) выражаетъ потерю работы на побочныя сопротивленія механизма, пока работа эта не проявится окружности движущихъ колесъ.

Съ другой стороны, работа силы тяги за то же время выразится

$$F'\,\pi\,D$$

Приравнивая эти выраженія, находимъ

$$F' = \eta\, p_i \frac{d^2 l}{D}$$

наибольшее же значеніе (опять таки среднее за время оборота колеса, но при наибольшей степени впуска) обыкновенно принимается равнымъ.

$$F' = 0{,}65\, p\, \frac{d^2 l}{D}$$

гдѣ p действительное (т. е. за вычетомъ наружной атмосферы) давленіе пара въ котлѣ (по манометру).

Такимъ образомъ, мы видимъ, что сила тяги паровоза зависитъ отъ давленія пара въ котлѣ (въ настоящее время встрѣчаются еще паровозные котлы съ давленіемъ p=9 атм. *), но въ новыхъ паровозахъ увеличиваютъ p до 11 атм. а за границей до 14—15 и иногда даже до 16 атм.).

Кромѣ того, какъ видно изъ формулы, сила тяги зависитъ отъ размѣровъ цилиндровъ (прямо пропорциональна объему ихъ) и отъ діаметра движущихъ колесъ (обратно пропорціональна этому діаметру.

Вотъ почему стараются брать движущія колеса какъ можно меньше, когда требуется большая сила тяги (тяжелые товарные паровозы).

*) Давленіе 1 атмосферы принимается = 1 килогр. на кв. цм.

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ СИЛОЮ ТЯГИ, СЦѢПЛЕНІЕМ СЪ РЕЛЬСАМИ КОЛЕСЪ ПАРОВОЗА И СОПРОТИВЛЕНІЯМИ, ИМЪ ПРЕОДОЛѢВАЕМЫМИ.

Если для простоты возьмемъ паровозъ, у котораго всѣ оси спарены, т. е. нѣтъ вольныхъ или поддерживайщихъ осей, а всѣ оси движущія, и поѣздъ прицѣпленъ къ упряжному прибору паровоза не прямо, а посредствомъ динамометра (пружиннаго), то прежде чѣмъ поѣздъ тронемся съ мѣста, паровозъ долженъ будетъ проявить на окружности колесъ силу тяги F', которая почти цѣликомъ передается на упряжной приборъ (за вычетомъ незначительной величины усилія, потраченной на преодолѣніе сопротивленія движущихъ колесъ каченію).

Поѣздъ тронется, когда сопротивленіе, оказываемое имъ передвиженью по рельсамъ, будетъ преодолѣно усиліемъ F'. Величину упомянутаго сопротивленія укажетъ динамометръ, и если означимъ ее W' то для начала движенія (трогань съ мѣста) должно быть

$$F' > W',$$

а чтобы не было боксованья колесъ, необходимо

$$F' \leq fP',$$

гдѣ, какъ прежде,

f коэфиціентъ сцѣпленія,

P' сцѣпной вѣсъ паровоза (давленіе отъ движущихъ колесъ на рельсы).

Во время движенія паровоза съ поѣздомъ, соотношенія между силой тяги F' и сопротивленіемъ W' могутъ быть самыя разнообразныя, и это будетъ отражаться на характерѣ движенія поѣзда: движеніе можетъ быть равномѣрнымъ, съ извѣстной установившейся скоростью, или скорость можетъ возрастать, или, наконецъ, движеніе можетъ замедляться. Каково бы однако это движеніе ни было, условіе

$$F' \leq f P'$$

должно быть всегда выполнено, иначе будетъ происходить боксованіе колесъ.

УРАВНЕНІЕ ДВИЖЕНІЯ ПОѢЗДА.

Еслибы всѣ части поѣзда имѣли только поступательное движеніе, то уравненіе движенія было бы

$$M' \frac{d^2 s}{dt^2} = F - W,$$

или

$$M' v dv = (F - W) ds,$$

гдѣ

$M' = \frac{(P+q+Q) \cdot 1000}{g}$ масса поѣзда, если P, q, Q, означаютъ вѣсъ паровоза, тендера и вагоновъ (въ тоннахъ по 1000 килограм.),

s путь, проходимый поѣздомъ (въ метрахъ),

t время (въ секундахъ),

F сумма движущихъ усилій (напр. отъ дѣйствія пара въ цилиндрахъ),

W сумма сопротивленій движенію (рѣчь о которыхъ далѣе)

v скорость движенія (въ метрахъ въ секунду).

Однако, кромѣ поступательнаго движенія, нѣкоторыя части поѣзда, а именно колесные скаты имѣютъ еще вращательное движеніе, и если означимъ

I моментъ инерціи одного колеснаго ската относительно геометрической оси вращенія,

ω угловую скорость вращенія, то кинетическая энергія вращенія ската будетъ

$$I\frac{\omega^2}{2}$$

Предполагая, что колеса катятся по рельсамъ не скользя, имѣемъ

$$\upsilon = r\,\omega$$

если

r радіусъ колесъ.

Стало быть, $I\frac{\omega^2}{2} = \frac{I}{r^2}\frac{v^2}{2}$,

а элементарное приращеніе живой силы вращенія для всѣхъ колесныхъ скатовъ поѣзда будетъ

$$v\,dv\,\Sigma\frac{I}{r^2}$$

Поэтому уравненіе движенія поѣзда будетъ

$$M\,vdv = (F—W)\,ds,$$

или

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = F—W,$$

гдѣ

$$M = M' + \Sigma\frac{I}{r^2}.$$

Что касается добавочнаго члена $\Sigma\frac{I}{r^2}$ то онъ составляетъ около 7—10% отъ M', и приблизительно

величину $\frac{I}{r^2}$ для колеснаго ската можно найти, если извѣстенъ его вѣсъ q', по формулѣ

$$\frac{I}{r^2} = \frac{q'}{g} \cdot \frac{\rho^2}{r^2}$$

и принять

$$\left(\frac{\rho}{r}\right)^2 = 0{,}44.$$

Такимъ образомъ, для вагоннаго колеснаго ската можно принимать

$$\frac{I}{r^2} = 40,$$

а для шестиколесныхъ паровозовъ съ такими же тендерами

$$\Sigma \frac{I}{r^2} = 400.$$

Вообще для паровоза съ тендеромъ, если означимъ

$\sum q'$ вѣсъ ихъ колесныхъ скатовъ въ килограмахъ, можно приблизительно считать

$$\Sigma \frac{I}{r^2} = \frac{\Sigma q'}{20}$$

СОПРОТИВЛЕНІЯ ДВИЖЕНІЮ ПАРОВОЗОВЪ И ПОѢЗДОВ.

Обращаясь къ сопротивленіямъ движенію, слѣдуетъ выдѣлить особо тѣ изъ нихъ, которыя представляютъ, такъ сказать, нормальный и постоянный характеръ. Они вытекаютъ изъ самой сущности перемѣщеній по рельсовому пути; таковы: сопротивленіе воздушной среды, сопротивленіе каченію колесъ по рельсамъ, треніе осевыхъ шеекъ объ ихъ подшипники, сопротивленіе отъ подъемовъ и сопротивленіе въ кривыхъ частяхъ пути.

Кромѣ нормальныхъ, есть еще сопротивленія, которыя являются слѣдствіемъ тѣхъ или другихъ случайныхъ обстоятельствъ и причинъ, обусловливаемыхъ или атмосферой, или путемъ, или самимъ поѣздомъ. Въ рѣдкихъ случаяхъ они достигаютъ значительной величины, большею же частію представляютъ только незначительную долю нормальныхъ сопротивленій. Къ числу такихъ случайныхъ сопротиввленій относятся: вѣтеръ, удары вслѣдствіе неровностей и дурного состоянія пути, удары отъ ненормальнаго

вилянья паровоза, а затѣмъ и вагоновъ поѣзда (вслѣдствіе разработки и дурного состоянія частей механизма и ходовыхъ частей), заѣданіе трущихся частей.

Оставляя случайныя сопротивленія въ сторонѣ, мы остановимся на сопротивленіяхъ нормальныхъ, при чемъ замѣтимъ, что на подъемахъ и въ кривыхъ частяхъ пути сопротивленія можно разсматривать какъ составныя изъ двухъ частей: одна будетъ одинакова съ сопротивлениями на прямомъ и горизонтальномъ пути; другая часть будетъ выражать добавочное сопротивленіе, обусловливаемое отличительными особенностями подъема или кривой.

СОПРОТИВЛЕНІЯ НА ПРЯМОМЪ И ГОРИЗОНТАЛЬНОМЪ ПУТИ ВАГОНОВЪ И ПАРОВОЗОВЪ

Сопротивления эти можно подраздѣлить на три составныя части:

1) сопротивленіе каченію колесъ, дѣйствующее на ихъ окружности;

2) сопротивленіе вслѣдствіе тренія осевыхъ шеекъ о подшипники;

3) сопротивленіе воздушной среды.

При этомъ условимся разъ навсегда выражать сопротивленіе въ тысячныхъ доляхъ вѣса поѣзда (въ килограмахъ на тонну) и относить его къ единицѣ длины пути, проходимаго поѣздомъ (въ метрахъ).

1) Сопротивление каченію колесъ, дѣйствующее на ихъ окружности.

Сопротивленіе это можно разсматривать составнымъ изъ:

а) тренія второго рода;

б) потери живой силы (кинетической энергіи) отъ ударовъ въ стыкахъ рельсовъ и отъ извилистости движенія подвижного состава по рельсовому пути.

Треніе второго рода пропорціонально давленію колесъ на рельсы вслѣдствіе собственнаго ихъ вѣса и нагрузки, нѣкоторому коэфиціенту (линейной величинѣ) и обратно пропорціонально радіусу колесъ (по *Coulomb*) или корню квадратному изъ величины радіуса (по *Dupuit*).

Сопротйвленіе отъ ударовъ въ стыкахъ рельсовъ пропорціоналъно квадрату скорости движенія и массѣ колеснаго ската.

Сопротивленіе каченію отдѣльнаго колеснаго ската опредѣлялъ *Wood,* пуская скатываться по наклонному пути оси съ колесами, и нашелъ, что сопротивленіе это (треніе второго рода, вмѣстѣ съ ударами въ стыкахъ) составляетъ около $^1/_{1000}$ вѣса нагрузки, лежащей на осяхъ съ колесами, и собственнаго ихъ вѣса, т. е. около одного килограма на тонну давленія на рельсы.

Хотя скорости движения въ опытахъ *Wood*`а были незначительны (не болѣе 15 километровъ въ часъ), но при современномъ болѣе совершенному устройствѣ пути величина эта оказывается черезчуръ большой даже при значительныхъ скоростяхъ движенія (такъ, изъ опытовъ на Кельнъ-Минденской ж. дорогѣ было найдено для разсматриваемаго сопротивления только 0,25 вмѣсто 1 килограмма на тонну вѣса поѣзда; такая разница объясняется еще и тѣмъ обстоятельствомъ что *Wood* при опредѣленіи сопротивленія каченію не выключалъ той доли его, которая зависитъ отъ сопротивления воздушной среды).

Въ дѣйствительности приходится имѣть дѣло съ

движеніемъ не отдѣльныхъ колесныхъ скатовъ, а съ повозками и цѣлыми поѣздами, движеніе которыхъ по рельсовому пути, какъ уже говорилось раньше, представляетъ не прямую линію, а извивающуюся; эта извилистость движенія сопряжена съ преодолѣніемъ вредныхъ сопротивленій, и такъ какъ по опытамъ *Weber*'а извилистость движенія увеличивается съ увеличеніемъ скорости, то можно думать, что сопротивления, проявляющіяся между соприкасающимися взаимно колесами и рельсами вслѣдствіе извилистости движенія, пропорціональны скорости и вѣсу поѣзда.

2) Сопротивленіе вслѣдствіе тренія осевыхъ шеекъ о подшипники.

При вращеніи осей съ колесами, въ подшипникахъ смазочныхъ осевыхъ коробокъ проявляется скользящее треніе (треніе перваго рода), пропорціональное нагрузи на ось P' и коэфиціенту тренія μ_0.

Если отнесемъ работу этого тренія къ окружности колеса или, иначе говоря, къ пути, проходимому поѣздомъ, то сопротивленіе это будетъ

$$P' \mu_0 \cdot \frac{d}{D},$$

гдѣ

d діаметръ осевой шейки,

D – · – колеса.

Отсюда видно, что для уменьшенія этого сопротивленія слѣдуетъ понижать коэфиціентъ тренія μ_0 (надлежащимъ выборомъ смазки) и, стараясь обезпечить прочность новыхъ шеекъ, не брать ихъ однако черезчуръ толстыми.

Если при хорощей смазкѣ и хорошемъ состояний трущихся поверхностей примемъ

$$\mu_0 = 0{,}01$$

(разные опыты даютъ очень различныя величины, отъ 0,005 до 0,026 и болѣе) и для вагона

$$\frac{d}{D} = \frac{95}{1000},$$

то треніе въ шейкахъ вагонныхъ осей представитъ сопротивление около $^1/_{1000}$ отъ нагрузки на ось, т. е.

для нагона съ нагрузкой вѣсомъ около 20 тоннъ и при собственномъ вѣсѣ двухъ колесныхъ скатовъ около двухъ тоннъ

0,9 килогр.

на тонну вѣса вагона съ нагрузкой.

3) Сопротивление воздуха

увеличивается съ увеличеніемъ скорости движенія, и сопротивленіе воздушной среды движенію вагона можетъ быть выражено формулой вида

$$\alpha A V^2,$$

гдѣ

α численный коэфиціентъ,
A площадь проекціи движущагося вагона на вертикальную поперечную плоскость,
V скорость движенія вагона.

Что касается поѣзда, т. е. ряда вагововъ съ паровозомъ и тендеромъ, то тутъ сопротивленіе воздушной среды будетъ осложняться еще тѣмъ обстоятельством, что вагоны не всегда имѣютъ одно и то же поперечное очертаніе, и между отдѣльными повозками остаются довольно значительные промежутки, гдѣ воздушныя струи образуютъ круговороты; а потому, еслибъ намъ и удалось найти для отдѣльнаго вагона значеніе коэфиціента въ приведенномъ только что выраженіи, то воспользоваться имъ для цѣлаго поѣзда оказалось бы всетаки невозможнымъ.

Поэтому необходимо только установить надлежащій видъ формулы для сопротивленія цѣлаго поѣзда, а коэфиціенты опредѣлять путемъ непосредственныхъ опытовъ надъ цѣлыми поѣздами *).

---

*) *W. F. M. Goss* (Atmospheric resistance to the motion of railway trains) на основаніи опытовъ, производительныхъ въ 1895—96 гг. въ лабораторіи университета Purdue, нашелъ, что сопротивленіе воздуха движению поѣзда можно выразить формулой:

$$(\alpha+bL)\,V^2$$

гдѣ

a и b численные коэфиціенты, опредѣляемые путемъ опыта,
L длина поѣзда,
V скорость движенія,

Изъ того, что было сказано выше, можно заключить, что въ формулѣ, выражающей сопротивленіе поѣзда, должны быть слѣдующія составныя части:

1) членъ, не зависящій отъ скорости и пропорціональный вѣсу поѣзда;

2) членъ, зависящій отъ первой степени скорости и пропорціональный вѣсу поѣзда;

3) членъ со второй степенью скорости, зависящій какъ отъ проекціи поѣзда на поперечную вертикальную плоскость, такъ и отъ числа вагоновъ й даже расположенія ихъ, если поперечныя ихъ очертанія не одинаковы; если имѣть въ виду нормальный случай — а именно, что поѣздъ состоитъ изъ груженыхъ вагоновъ, а не порожнихъ, то число вагоновъ можно считать пропорціональнымъ вѣсу поѣзда.

Такимъ образомъ на единицу вѣса поѣзда (на одну тонну, если вѣсъ поѣзда Q тоннъ) сопротивленіе движенію на прямомъ и горизонтальномъ пути должно было бы выражаться формулой вида:

$$a+bV+\left(c+\frac{\alpha A}{Q}\right)V^2.$$

Формулой вида

$$a+bV+\frac{\alpha A}{Q}V^2$$

сопротивленіе вагоновъ движенію было впервые выражено *Scott Russell*'емъ, при чемъ коэфиціенты опредѣлены были на основаніи опытовъ *Harding*'а; вотъ почему и самая формула извѣстна подъ именемъ формулы *Harding*'а. Численные ея коэфиціенты оказываются однако для современныхъ условій работы подвижного состава желѣзныхъ дорогъ преувеличенными, и потому приводить ихъ нѣтъ надобности.

СПОСОБЫ ОПРЕДѢЛЕНІЯ СОПРОТИВЛЕНІЙ

Что касается способовъ опредѣленія сопротивлений движенію, то способы эти могутъ быть не одинаковы.

Если желаемъ опредѣлить сопротивленіе вагоновъ или тендера и вагоновъ, то для этой цѣли можно воспользоваться пружиннымъ динамометромъ, помѣстивъ его между тендеромъ и вагонами или между паровозом и тендеромъ *). Если динамометръ этотъ будетъ снабженъ бумажной лентой, получающей движеніе отъ одной изъ осей поѣзда, а перпендикулярно къ направленію движенія ленты будетъ въ зависимости отъ натянутости пружины перемещаться карандашъ, то карандашъ этотъ на лентѣ начертитъ кривую, выражающую величины сопротивленія той части поѣзда, которая находится за динамометромъ (если скорость не измѣняется; въ противномъ случаѣ необходимо ввести поправку).

Для опредѣленія сопротивленій паровоза способъ этотъ мало пригоденъ, такъ какъ прицѣпленный съ помощью динамометра паровозъ можетъ дать понятіе лишь о сопротивленіи паровоза, когда онъ включенъ въ составъ поѣзда не какъ движитель, а какъ экипажъ, подлежащій перемѣщенію. Тутъ и вліяніе воздушной среды совершенно иное, такъ какъ паровозъ

*) При медленномъ движеніи, когда сопротивленіе воздушной среды ничтожно. При большихъ же скоростяхъ результатъ получимъ обманчивый, такъ какъ паровозъ, идущій впереди, прикрываетъ остальную часть поѣзда и, прокладывая путь въ воздушной средѣ, значительную часть сопротивленія воздуха принимаетъ на себя, устраняя ее отъ идущаго сзади подвижного состава.

замаскированъ тѣмъ паровозомъ, который стоитъ впереди, и внутреннія сопротивленія вовсе не тѣ, такъ какъ паръ не работаетъ въ цилиндрахъ.

Для опредѣленія сопротивленій паровоза можно прибѣгнуть къ опредѣленію работы паровоза съ вагонами и безъ вагоновъ по возможности при однихъ и тѣхъ же условіяхъ пути и погоды, при чемъ о величинѣ работы судить по расходу топлива. Если сопротивленіе вагоновъ было уже раньше опредѣлено, какъ выше указано, то, сравнивая расходъ топлива при движеніи паровоза безъ вагоновъ и расходъ топлива, когда паровозъ шелъ съ вагонами, найдемъ среднее сопротивленіе паровоза.

Указанные выше способы носятъ частный характеръ, а второй способъ не только не даетъ величины сопротивленія въ тотъ или другой моментъ, соответственно извѣстной скорости движенія, но и не можетъ претендовать на какую бы то ни было точность.

Если мы обратимся къ уравненію движенія поѣзда

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = F - W,$$

то увидимъ, что сопротивленіе поѣзда или паровоза, если онъ идетъ безъ поѣзда, можетъ быть найдено, если мы знаемъ для даннаго мгновенія величины:

F движущее усиліе

$\frac{d^2s}{dt^2}$ ускореніе движенія

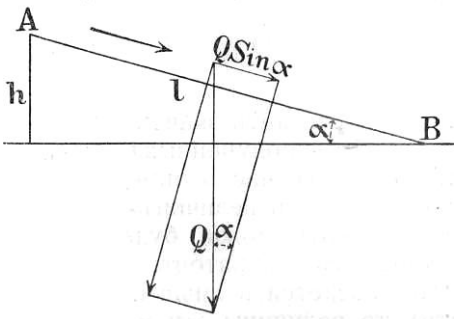
(величина $M = M' + \Sigma\frac{I}{r^2}$ для даннаго поѣзда извѣстна).

Что касается движущаго усилія, то оно можетъ быть получаемо или отъ дѣйствія пара въ цилиндрахъ паровоза, или отъ дѣйствія силы тяжести, если поѣздъ движется по скату.

Въ послѣднемъ случаѣ движущая сила будетъ найдена, если извѣстенъ уклонъ пути, а именно (фиг. 40) если намъ извѣстно возвышеніе h пункта

A надъ пунктомъ *B* и разстояніе между ними *l*, то при вѣсѣ поѣзда *Q* тоннъ или *Q*. 1000 килограмовъ движущая сила тяжести будетъ

Фиг. 40.



$1000.\ Q.Sin\ \alpha$

а

$$Sin\ \alpha = \frac{h}{l}.$$

Если уклонъ условимся выражать въ тысячныхъ доляхъ (напр. 2,5 при $Sin\ \alpha = {}^{h}/_{l} = 0{,}0025$) и обозначать при этомъ буквой i, то движущая сила тяжести на скатѣ будетъ (въ килограмахъ)

$$Q_i$$

Если поѣздъ будетъ идти по горизонтальному пути (i=0), и у паровоза будетъ закрыть регуляторъ, то

$$F = 0.$$

Еслибы поѣздъ шелъ съ открытымъ регуляторомъ, то необходимо было бы къ дѣйствію силы тяжести прибавить усиліе, соотвѣтствующее дѣйствію пара въ цилиндрахъ. Это усиліе можетъ быть опредѣлено или посредствомъ индикаторныхъ діаграмъ, или помощью особаго прибора — динамометра инерціи, о которомъ говорится далѣе.

Перейдемъ теперь къ способамъ опредѣленія въ то или другое мгновеніе

ускоренія $\frac{d^2s}{dt^2}$ или j

и

скорости V (килом. въ часъ) или v (метр, въ се-

кунду), съ которыми движется поѣздъ *). Если для четырехъ мгновеній извѣстны будутъ эти величины, а также F, то получимъ четыре значенія для W при различныхъ V и въ формулѣ

$$W = Q(a + bV + cV^2) + \alpha AV^2$$

можно будетъ найти значеніе коэфиціентовъ a, b, c, α изъ четырехъ полученныхъ такимъ образомъ уравненій. Если же число опредѣленій W и другихъ соотвѣтствующихъ величинъ будетъ больше четырехъ, то коэфиціенты можно будетъ опредѣлить по способу наименыиихъ квадратовъ.

Что касается величинъ j (ускоренія) и v (скорости), то величины эти можно опредѣлять или вычисленіемъ, или же наблюденіемъ, посредствомъ особыхъ приборовъ.

Замѣтимъ прежде всего, что если изъ наблюденій надъ движеніемъ поѣзда найдена будетъ одна изъ функцій

$$j = f(t)$$

$$v = \varphi(t)$$

$$s = \psi(t)$$

т. е. если будетъ извѣстенъ законъ измѣненія въ зависимости отъ времени или для ускоренія, или для скорости, или для пространства, то можно найти остальныя двѣ изъ этихъ величинъ, и слѣдовательно считать извѣстными какъ ускореніе, такъ и скорость, — тѣ величины, которыя нужны намъ для опредѣленія сопротивленія и коэфиціентовъ въ формулѣ, его выражающей.

---

*) $v = \frac{1000\,V}{60.60} = \frac{V}{3{,}6}$.

Въ самомъ дѣлѣ, если, напр., намъ будетъ извѣстно, какія пространства въ извѣстные промежутки времени проходила взятая нами произвольно точка паровоза, то мы въ состояніи построить кривую, выражающую графически зависимость

$$s = \psi(t)$$

Теперь можно найти

$$\frac{ds}{dt} = v,$$

диференцируя найденную нами зависимость между s и t, что можно сдѣлать и графически, а именно проводя касательныя къ кривой и опредѣляя тангенсы угловъ наклоненія ихъ къ оси абсцисъ.

Затѣмъ, зная скорости движенія поѣзда въ тѣ или другія мгновенія, можемъ построить кривую

$$v = \varphi(t)$$

а диференцируя, найдемъ ускорение

$$\frac{dv}{dt} = j = \frac{d^2s}{dt^2}.$$

Наоборотъ, если изъ наблюденій будетъ извѣстна зависимость

$$j = f(t) = \frac{dv}{dt},$$

то интегрируя, найдемъ скорость

$$v_1 = \int_0^{t_1} f(t)\,dt$$

какъ площадь между кривою, осью абсцисъ и ординатою, соотвѣтствующею времени t_1.

Найденныя такимъ образомъ величины скоростей дадутъ возможность построить кривую

$$v = \varphi(t) = \frac{ds}{dt},$$

откуда можно будетъ найти

$$s_1 = \int_0^{t_1} \varphi(t)\,dt,$$

т. е. по пройденнному въ дѣйствительности пространству провѣрить результаты наблюденій и вычисленій.

Точно также, если наблюденія даютъ скорость въ различный времена, т. е.

$$v = \varphi(t),$$

то интегрируя и диференцируя эту функцію, какъ сказано выше, найдемъ съ одной стороны

$$s = \int \varphi(t)\,dt,$$

для провѣрки своихъ дѣйствій и наблюдений, и

$$j = \frac{dv}{dt},$$

для подстановки въ уравненіе движенія поѣзда, съ цѣлію опредѣлить сопротивленіе.

1) Что касается способовъ опредѣлять наблюденіемъ зависимость между пройденнымъ пространствомъ и временемъ, то тутъ можно замѣчать или времена, соотвѣтствующія проходу поѣзда мимо предметовъ, разстояніе между которыми извѣстно (верстовые и телеграфные столбы), или времена черезъ извѣстное число оборотовъ движущихъ колесъ (напр., по мельканію головки шатуна мимо той или другой части паровоза, относительно неподвижной).

Но отмѣчать время по обыкновеннымъ карманнымъ часамъ оказывается невозможнымъ, такъ какъ приходится въ данное мгновеніе не только замѣтить положеніе стрѣлки часовъ, но и записать его, а затѣмъ приступить къ слѣдующему наблюденію и отмѣткѣ.

Для разсматриваемой цѣли прибѣгаютъ къ хронографическимъ счетчикамъ. Это карманные часы, діаметромъ около 6 центиметровъ, съ большою стрѣлкою, дѣлающею полный оборотъ въ минуту. Окружность цыферблата раздѣлена на секунды, а каждая секунда на 5 равныхъ промежутковъ. На концѣ стрѣлки находится маленькій резервуаръ съ густыми чернилами и съ маленькимъ отверстіемъ на днѣ. Нажимая на особую пуговку пальцемъ, можно передать давленіе на чернила и такимъ образомъ заставить стрѣлку выпустить въ данное мгновеніе капельку, т. е. получить отмѣтку, не отрывая глазъ отъ той части, за движеніемъ которой слѣдятъ.

Полученные такимъ образомъ результаты наносятся на бумагу, при чемъ пройденныя пространства принимаются за ординаты, а соотвѣтствующія времена за абсцисы, и затѣмъ по полученнымъ точкамъ съ помощью гибкой линейки проводятъ плавную кривую. Это даетъ возможность исправить числа, полученныя наблюденіемъ.

Получивъ такимъ образомъ зависимость между временемъ и пространствомъ, можно, какъ было выше указано, найти скорости движенія и ускоренія, а если поѣздъ двигался по горизонтальному пути съ закрытымъ регулятьромъ, то и сопротивленіе поѣзда.

Подобнымъ образомъ опредѣлялъ сопротивленіе поѣзда *Desdouits*, и вотъ для примѣра одно изъ его вычислены *):

Наблюденія надъ замедленнымъ движеніемъ скораго пасажирскаго паровоза, шедшаго съ закрытымъ регуляторомъ.

Вѣсъ паровоза 36 тоннъ, тендера—16 тоннъ, всего 32 тонны.

Діаметръ движущихъ колесъ $2^{м},020$.

Промежутки наблюденій—одинъ оборотъ колеса, равный $6^{м},340$.

Номеръ наблюденія.	Время (въ секундахъ). Замѣченное.	Исправленное	ВЫЧИСЛЕНІЯ.
1	58,42	58,40	Средняя скорость (между №№ 2 и 4) $= \frac{2 \times 6^{м},34}{6,55 - 1,05} = 2^{м},80.$
2	1,05	1,05	
3	3,65	3,75	Средняя скорость (между №№ 8 и 10) $= \frac{2 \times 6^{м},34}{26,0 - 18,95} = 1^{м},80.$
4	6,60	6,55	Среднее ускореніе (между №№ 3 и 9) $j = \frac{2,30 - 1,80}{22,40 - 3,75} = 0,027.$
5	9,45	9,45	Слѣдовательно
6	12,62	12,50	$\frac{j}{g} = \frac{0,027}{9,8} = 0,0027$
7	15,52	15,65	т. е. сопротивленіе (на тонну)—2,7 кил.
8	18,70	18,95	$+\frac{1}{10}$ на вращающіяся части—0,27 „
9	22,25	22,40	Всего . . 2,97 килгр. при средней скорости $2^{м},05$ въ сек. (7,2 кил. въ часу).
10	26,15	26,00	Тотъ же результатъ получится, если примѣнить уравненіе живыхъ силъ: $(2,30)^2 - (1,80)^2 = 2\ (9 - 3) . 6,34 . j,$
11	29,65	29,80	откуда $j = 0,027.$
12	33,70	33,80	

Слѣдуетъ замѣтить, что указанный здѣсь способъ примѣнимъ въ тѣхъ случаяхъ, когда движеніе проис-

*) Desdouits. Application de la méthode ratiotinelle aux études dynamométriques (Annales des ponts et chaussées, 1886).

ходитъ безъ быстрыхъ измѣненій скорости (онъ аналогиченъ со способомъ, употребляемымъ въ астрономіи).

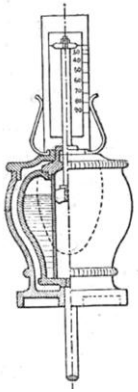
2) Для непосредственнаго опредѣленія зависимости между скоростью и временемъ, употребляются большею частію приборы, основанные на дѣйствіи центробѣжной силы. Указатели эти (тахометры) устраиваются или въ родѣ коническаго маятника, или въ видѣ сосуда, наполненнаго жидкостью и приводимаго во вращательное движеніе; чѣмъ скорость вращенія больше тѣмъ средняя часть поверхности жидкости въ сосудѣ понижается болѣе; есть также приборы, гдѣ движение отъ оси паровоза сообщается маленькому колесу, помѣщенному внутри сосуда съ жидкостью, чѣмъ скорость вращенія больше, тѣмъ жидкость поднимается выше въ трубкѣ соединенной съ сосудомъ.

Передача движенія въ упомянутыхъ приборахъ производится иногда съ помощью ремня или шнурка; такая передача мало гарантируетъ точность, такъ какъ ремень всегда подверженъ скольженіямъ измѣняющимся въ зависимости отъ атмосферныхъ условій, дрожанія приборовъ, а въ подвижномъ составѣ желѣзныхъ дорогъ и отъ перемѣщенія рамъ вагоновъ или паровоза относительно осей. Искусственное натяженіе ремня оказывается не всегда достигающимъ цѣли. Поэтому, прибѣгаютъ часто къ жесткой передачѣ, если желаютъ отъ прибора точныхъ указаній скорости.

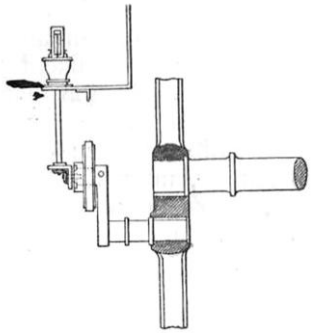
Одинъ изъ гидростатическихъ тахометровъ съ зубчатой передачей представленъ на фиг. 41 и 42. Вращеніе отъ оси передается цилиндрическому или грушевидному сосуду со ртутью, вращающемуся около вертикальной оси. Подъ вліяніемъ центробѣжной силы поверхность уровня, первоначально горизонтальная, поднимается по краямъ и опускается по срединѣ, въ видѣ параболоида вращенія. Поплавокъ, расположенный по оси вращающагося сосуда, опускается вслѣдъ за жидкостью, а при уменьшеніи скорости движенія поднимается. Къ поплавку прикрѣпленъ стержень, передающих движеніе стрѣлкѣ, движущейся по цыферблату и указывающей скорость въ данное время; иногда приборъ дѣлаютъ также самопишущимъ,

а именно: упомянутый стержень сообщаетъ движеніе карандашу, мимо котораго часовымъ механизмомъ передвигается бумажная лента по направленію, перпендикулярному къ направленію движенія карандаша.

Фиг. 41.



Фиг. 42.



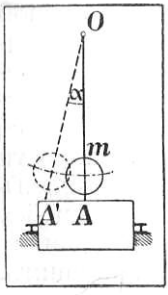
Такимъ образомъ карандашъ чертитъ непрерывную кривую, выражающую законъ измѣненія скорости

$$\upsilon = \varphi\,(t)$$

Слѣдуетъ замѣтить, что вслѣдствіе инерціи всѣ эти приборы не могутъ указывать скорость, какъ разъ соотвѣтствующую данному мгновенію, и показания ихъ всегда нѣсколько запаздываютъ.

3) Для непосредственнаго опредѣленія ускореній *Desdouits* устроилъ особый приборъ, названный имъ динамометромъ инерціи.

Фиг. 43.



Приборъ этотъ основанъ на проявленіи силъ инерцій въ маятниковой системѣ, участвующей въ движеніи поѣзда.

Устройство прибора основано на слѣдующемъ принципѣ.

Пусть къ точкѣ *O* поѣзда (фиг. 43) подвѣшена маленькая масса т такъ, что она можетъ свободно, какъ маятникъ, качаться въ вертикальной плоскости, паралельной направленію движенія.

Если поѣздъ движется съ равномѣрной скоростью, масса m не измѣняетъ своего положенія въ пространствѣ относительно поѣзда, но если скорость поѣзда измѣняется, масса m вслѣдствіе инерціи отклоняется отъ прежняго своего положенія, и это отклоненіе будетъ пропорціонально ускоренно j, которое сообщено поѣзду.

Если уголъ отклоненія α, то

$$Tg\,\alpha = \frac{j}{g}$$

Карандашъ, помѣщенный на продолженіи стержня маятника, собственнымъ вѣсомъ или пружиной прижимается къ барабану съ горизонтальной осью вращенія, расположенной въ плоскости качанія маятника, т. е. по направленію движения поѣзда. Барабанъ часовымъ механизмомъ приводится въ непрерывное вращательное движеніе, и такимъ образомъ карандашъ чертитъ на его поверхности діаграму, по ординатамъ которой можно определить ускореніе поѣзда въ каждое мгновеніе.

Въ самомъ дѣлѣ

$$\overline{AA'} = y = \overline{OA}\,.Tg\,\alpha = \overline{OA}\,.\frac{j}{g}$$

и если $\overline{OA} = R$, то ускореніе

$$j = \frac{g}{R}\,y$$

Если поѣздъ идетъ съ закрытымъ регуляторомъ, то величина

$$Mj = \frac{Mg}{R}\,y$$

будетъ сопротивленіе движенію поѣзда W; а если поѣздъ шелъ съ открытымъ регуляторомъ, и въ тотъ

моментъ, какъ регуляторъ вдругъ закрыли, карандашъ перемѣстится на *y*, то величина

$$\frac{Mg}{R}\,y$$

дастъ движущее усилте *F*, которое паръ при дѣйствіи въ цилиндрахъ оказывалъ на поѣздъ (это усиліе менѣе индикаторнаго на величину, соотвѣтствующую увеличенію внутреннихъ побочныхъ сопротивленій механизма при дѣйствіи пара въ цилиндрахъ).

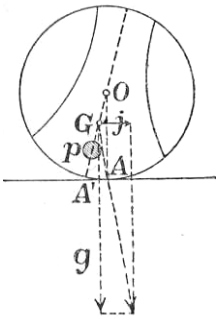
Величина $\frac{Mg}{R}$ будетъ масштабъ для силъ, а $\frac{R}{g}$ масштабъ для ускорении

Въ такой формѣ приборъ можетъ примѣняться только въ извѣстныхъ случать, а имении, когда усилія, подлежащія измѣренію, не очень малы сравнительно съ массою системы.

Такой динамометрическій маятникъ съ удобствомъ употреблялся при опытахъ съ непрерывными тормазами, при дѣйствіи которыхъ усилія достигаютъ до 15—20% вѣса поѣзда.

Для измѣренія же усилій сравнительно малыхъ, подобныхъ тѣмъ, съ которыми приходится имѣть дѣло при обыкновенныхъ обстоятельствахъ хода поѣздовъ (рѣдко болѣе 5-10 тысячныхъ вѣса), отклоненія маятника выходятъ очень незначительны (нѣсколько милиметровъ на метръ длины), и можно получить достаточно большія ординаты только прибѣгая къ очень длинному маятнику или вводя передачи движенія — и то и другое связано съ большими неудобствами.

Фиг. 44.



Въ виду этого *Desdouits* сдѣлалъ маятникъ диференціальнымъ и не качающимся, а катающимся.

Пусть (фиг. 44) кружокъ или вырѣзка изъ кружка *O* опирается на горизонтальную плоскость своею окружностью, и передвижной грузъ *p* позволяетъ по

произволу измѣнять разстояніе центра тяжести отъ центра фигуры; центръ тяжести опредѣляетъ положеніе устойчиваго равновѣсія, и, при наклоненіи кружка въ ту или другую сторону, здѣсь развиваются, какъ и въ обыкновенномъ маятникѣ, силы, стремящіяся возвратить кружокъ въ первоначальное положеніе. Это возвращеніе производится здѣсь парою силъ съ плечомъ дѣйствія, зависящимъ отъ разстоянія между центрами тяжести и кривизны; разстояніе же это можно сдѣлать какъ угодно малымъ, и, такимъ образомъ, теоретически система эта обладаетъ абсолютною чувствительностью.

Пусть

r радіусъ кривизны катучаго маятника,

$\delta = OG$ разстояніе между центрами тяжести и кривизны,

α уголъ наклоненія въ данное мгновеніе.

Тогда изъ подобія треугольникрвъ получаемъ

$$\frac{j}{g} = \frac{\delta . Sin\, \alpha}{r - \delta . Cos\, \alpha}$$

и если **y** линейное перемъщеніе центра кривизны, то

$$y = r\, \alpha$$

и

$$\frac{j}{y} = \frac{g . \delta . Sin\, \alpha}{r\, \alpha\, (r - \delta . Cos\, \alpha)} .$$

Предполагая, что уголъ α невеликъ, т. е. что радіусъ кривизнй довольно значительный, можно

$Cos\, \alpha$ и $\frac{Sin\, \alpha}{\alpha}$ замѣнить единицей, и тогда

$$\frac{j}{y} = \frac{g\, \delta}{r\, (r - \delta)},$$

т е. ускореніе можно измѣрять горизонтальнымъ перемѣщеніемъ центра кривизны по масштабу

$$\frac{r\, (r - \delta)}{g\, \delta} .$$

Для опредѣленія этого масштаба нѣтъ надобности измѣрять разстояніе δ, а достаточно поставить приборъ на извѣстный уклонъ i; пусть при этомъ y_1 будетъ перемѣщеніе центра кривизны, и такъ какъ ускореніе отъ уклона равно gi то

$$\frac{gi}{y_1} = \frac{g\,\delta}{r\,(r-\delta)}$$

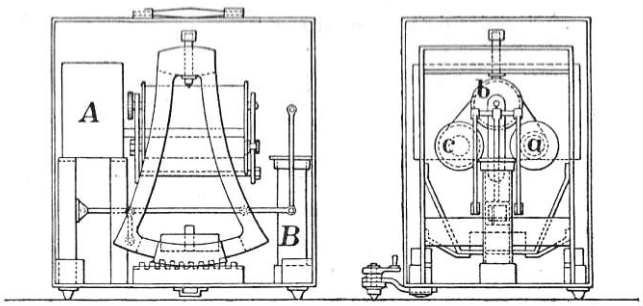
и, слѣдовательно, искомый масштабъ будетъ

$$\frac{y_1}{gi}.$$

Приборъ *Desdouits* (dynamomètre à force d'inertie) представленъ на фиг. 45.

Тѣло маятника состоитъ изъ двухъ металическихъ выръзокъ, соединенныхъ между собою массивными

Фиг. 45.



поперечинами; снизу къ каждой изъ вырѣзокъ придѣланъ круговой секторъ изъ закаленной стали; эти секторы опираются на два паралельныхъ рельса, тоже стальныхъ. Центръ тяжести очень близокъ къ центру кривизны секторовъ, а потому приборъ очень чувствителенъ. Посредствомъ дополнительныхъ нагрузокъ,

зокъ, помѣщаемыхъ на нижнюю поперечину, можно уменьшить масштабъ для измѣренія сравнительно высокихъ усилій при чемъ увеличится устойчивость.

Записывающих приборъ даетъ возможность дѣлать наблюденія продолжительное время. Бумажная лента, длиною до 10 и даже до 20 метровъ, навита на цилиндръ *a*, вращающійся съ нѣкоторымъ трудомъ на своей неподвижной оси, затѣмъ огибаетъ шероховатую поверхность барабана *b* и наконецъ навивается на цилиндръ с съ пружиной, заставляющей его вращаться, когда лента сходить къ нему съ барабана *b*.

Движеніе барабану *b* сообщается часовымъ механизмомъ, такъ что черезъ каждую $^1/_5$ секунды барабанъ поворачивается на извѣстный уголъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и бумажная лента перемѣщается на извѣстную длину. Записывающей карандашъ помѣщенъ не въ центрѣ кривизны, а выше, съ тою цѣлыо, чтобы увеличить размѣръ ординатъ; карандашъ помѣщенъ по оси симетріи прибора и можетъ свободно перемѣщаться вдоль этой оси; къ бумажной лентѣ карандашъ прижимается слегка лишь собственнымъ своимъ вѣсомъ.

Въ закрытомъ ящикѣ *A* находится часовой механизмъ, который можно по произволу пускать въ ходъ или останавливать, когда заблагоразсудится,

Въ вертикальномъ пустомъ цилиндрѣ *B* ходитъ поршень, связанный посредствомъ шарнирныхъ сочлененій и маленькихъ тягъ съ неподвижной точкой прибора и съ вырѣзками маятника. Этотъ цилиндръ съ поршнемъ служить модераторомъ (катарактом) для предупрежденія слишкомъ большихъ и быстрыхъ движеній маятника, представляющихъ лишь мгновенный характеръ,

Нижнія части секторовъ снабжены зубцами, зацѣпляющимися за зубцы двухъ зубчатыхъ линеекъ, чтобы предупредить скольженіе маятника по рельсамъ и обезпечить надлежащее относительное положеніе маятника въ приборѣ.

ОПЫТЫ, ПРОИЗВОДИВШИЕСЯ НА ВОСТОЧНОЙ ФРАНЦУЗСКОЙ ЖЕЛѢЗНОЙ ДОРОГѢ.

Для опредѣленія сопротивленій поѣздовъ многочисленные опыты были произведены въ 60-хъ годахъ на Восточной французской жел. дорогѣ *).

Результаты этихъ опытовъ французскіе инженеры выразили въ формулахъ такого же вида, какъ и формула, извѣстная подъ именемъ формулы *Harding*'а, упростивъ ее для поѣздовъ, движущихся съ небольшими скоростями, а именно отбросивъ членъ съ V^2. Для сопротивленія вагоновъ на прямомъ и горизонтальномъ пути они предложили слѣдующія формулы:

а) для товарныхъ поѣздовъ, при скоростяхъ

V отъ 12 до 32 километровъ въ часъ

$\omega = 1{,}65 + 0{,}05\,V$ при смазкѣ масломъ

$\omega = 2{,}30 + 0{,}05\,V$ ----- * ----- саломъ

б) для товаропасажирскихъ и пасажирскихъ:

при V отъ 32 до 50 килом, въ часъ

$$w = 1{,}80 + 0{,}08\ V + 0{,}009\ \frac{A\ V^2}{Q},$$

при V отъ 50 до 65 килом, въ часъ

$$w = 1{,}80 + 0{,}08\ V + 0{,}006\ \frac{A\ V^2}{Q},$$

при V отъ 70 до 80 килом, въ часъ

$$w = 1{,}80 + 0{,}04\ V + 0{,}004\ \frac{A\ V^2}{Q},$$

---

*) *Vuilleminj Guébhard* et *Dieudonné*. De la résistance des traine et de la puissance des machines; — Paris. 1868,

гдѣ

ω сопротивление въ килограм. на тонну вѣса вагоновъ,

Q вѣсъ вагоновъ поѣзда въ тоннахъ.

Сопротивленіе вагоновъ опредѣлялось съ помощью пружиннаго динамометра, помѣщеннаго между тендеромъ и вагонами.

Подобнымъ же способомъ опредѣляли они и сопротивленіе тендеровъ движенію, а также паровозовъ со снятымъ механизмомъ и съ механизмомъ на мѣстѣ, но безъ дѣйствія, конечно, пара въ цилиндрахъ. Опыты надъ опредѣленіемъ этихъ сопротивленій были сравнительно немногочисленны, и для тендеровъ найдено было

$\omega = 5{,}16$ килогр, на тонну

при скоростяхъ отъ 27 до 32 килом. въ часъ, и

$\omega = 7$ кил. на тонну

при скоростяхъ 44—45 километр. въ часъ.

Что касается паровозовъ, то сопротивленіе на тонну вѣса паровоза съ тендеромъ помощью динамометра было найдено:

для паровоза съ 1 движущей осью

$\omega = 5{,}48$ при $V = 45$ килом. въ часъ,

для паровоза съ 2 движущими осями

$\omega = 6{,}41$ при $V = 45$ килом. въ часъ,

для паровоза съ 3 движущими осями

$\omega = 9{,}52$ при $V = 24$ килом. въ часъ,

для другого паровоза съ 3 движущими осями

$\omega = 10{,}24$ при $V = 26$ килом. въ часъ,

для паровоза съ 4 движущими осями

$\omega = 21{,}5$ при V отъ 6 до 10 килом. въ часъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что чѣмъ число спаренныхъ осей больше, тѣмъ болѣе зависитъ сопротивленіе паровоза отъ точности сборки и хорошаго содержанія; при спариваніи осей, незначительныя разницы въ діаметрахъ спаренныхъ колесъ могутъ уже быть причиною увеличенія сопротивленій, вызывая скольженіе однихъ колесъ по рельсамъ, въ то время какъ другія катятся.

ОПЫТЫ ЛІОНСКОЙ ДОРОГИ.

Чтобы опредѣлить сопротивление паровоза, когда онъ идетъ при дѣйствіи пара въ цилиндрахъ, на Ліонской жел. дорогѣ были произведены опыты, при чемъ на одномъ и томъ же участкѣ пускался паровозъ съ поѣздомъ, а затѣмъ паровозъ только съ тендеромъ, но безъ вагоновъ, и въ томъ и другомъ случаѣ опредѣлялся расходъ топлива.

Принимая, что механическая работа пропорциональна расходу топлива, и что сопротивленіе вагоновъ уже извѣстно, можно, какъ объ этомъ уже было сказано выше (стран. 102), опредѣлить среднее сопротивление паровоза съ тендеромъ.

Пусть

$P + q$ вѣсъ паровоза съ тендеромъ;

Q вѣсъ вагоновъ поѣзда;

C расходъ топлива за весь путь, когда паровозъ шелъ сь нагонами;

c расходъ топлива за тотъ же путь, когда паровозъ шелъ съ тендеромъ, но безъ вагоновъ;

ω_1 сопротивление на тонну вѣса вагоновъ;

ω_2 ------- . ------- ---- . ---- --- . --- паровоза съ тендеромъ.

Тогда

$$w_1 : w_2 = \frac{c}{P+q} : \frac{C-c}{Q}$$

и

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{c}{P+q} \cdot \frac{Q}{C-c} = w_2 \cdot \frac{c}{C-c} \cdot \frac{Q}{P+q}.$$

ОПРЕДѢЛЕНІЕ СОПРОТИВЛЕНІЙ ЦѢЛЫХЪ ПОѢЗДОВЪ, т. е. ВАГОНОВЪ СЪ ПАРОВОЗОМЪ И ТЕНДЕРОМЪ ВМѢСТѢ.

Для своихъ опытовъ, производившихся въ 1879—80 годахъ на эльзасъ-лотарингскихъ жел. дорогахъ, *Frank* воспользовался длиннымъ уклономъ въ 0,005 между станціями *Courcelles* и *Metz* (около 9 километровъ длиной), чтобы въ формулѣ движенія поѣзда не имѣть надобности заботиться объ опредѣленіи движущей силы. По этому уклону поѣзда двигались съ закрытымъ регуляторомъ, и движущей силой была только извѣстная уже заранѣе сила тяжести (стран. 103).

Frank принялъ, что сопротивленіе на тонну вѣса выражается формулой вида

$$\mu + \frac{B}{Q} v^2,$$

гдѣ:

Q вѣсъ повозокъ;

υ скорость движенія въ метрахъ въ секунду.

а

μ и B — коэфиціенты, подлежащіе опредѣленію путемъ опыта и имѣющіе разное значеніе для вагоцовъ и для паровоза съ тендеромъ.

Еслибы поѣздъ двигался по скату съ равномѣрною скоростью c, тогда уравненіе движенія было бы

$$F - W = 0,$$

т. е. въ разсматриваемомъ случаѣ

$$(P + q + Q)\, i - \mu_1 (P + q) - \mu_2 Q - (B_1 + B_2)\, c^2 = 0,$$

гдѣ

$P + q$ вѣсъ паровоза съ тендеромъ въ тоннахъ;

i уклонъ въ тысячныхъ,

а коэфиціенты со знакомъ 1 относятся къ паровозу съ тендеромъ, со значкомъ те 2 къ вагонамъ.

Но если скорость движенія по скату не постоянна, то уравненіе движенія даетъ

$$(M_1 + M_2)\ vdv =$$
$$= [(P + q + Q)\, i - \mu_1 (P + q) - \mu_2 Q - (B_1 + B_2) v^2]\ ds,$$

и скорость поѣзда будетъ возрастать до тѣхъ поръ, пока сопротивленіе не увеличится какъ разъ на столько, что станетъ равно движущей силѣ тяжести. Начиная съ этого момента, поѣздъ сталъ бы двигаться уже съ постоянною скоростью c. Если же скатъ недостаточно длиненъ, то скорость эту опытомъ опредѣлить намъ не удастся, но ее можно опредѣлить вычисленіемъ.

Соединяя два написанныя выше уравненія, получимъ

$$(M_1 + M_2)\ vdv = (B_1 + B_2)\ (c^2 - v^2)\ ds.$$

Интегрируя это уравненіе отъ $s_1 = 0$, когда скорость $v = v_0$, до нѣкотораго s_1 когда скорость v_1 получаемъ,

$$loghyp.\frac{c^2 - v_0^2}{c^2 - v_1^2} = 2\frac{B_1 + B_2}{M_1 + M_2} s_1$$

и полагая

$$\frac{2}{2{,}3026} \cdot \frac{B_1 + B_2}{M_1 + M_2} = A,$$

находимъ

$$\frac{c^2 - v_0^2}{c^2 - v_1^2} = 10^{As_1},$$

откуда

$$c^2 = \frac{v_1^2 \cdot 10^{As_1} - v_0^2}{10^{As_1} - 1}.$$

Если изъ опыта извѣстны значенія скоростей v_0, v_1, v_2, при чемъ пространства, пройденныя поѣздомъ, удовлетворяютъ условно $s_1 = 2s_2$, то

$$c^2 = \frac{v_0^2 v_1^2 - v_2^4}{v_0^2 + v_1^2 - 2v_2^2}$$

и если подобныхъ наблюденій сдѣлано $2n$, то можно принять

$$c^2 = \frac{c_1^2 + c_2^2 + \ldots + c_n^2}{n}.$$

Вычисленія однако лучше замѣнить графическимъ способомъ, какъ это и сдѣлалъ *Frank*, построивъ кривыя скоростей *).

Величины B_1 и B_2 выражаются по *Frank'* у такъ:

$$B_1 = \lambda F_1$$

$$B_2 = \lambda F_2$$

гдѣ

$\lambda = 0{,}1225$,

F_1 представляетъ площадь проекціи на поперечную вертикальную плоскость въ кв. м., и можетъ быть принимаемо

= 7 кв. м. для пас. паровоза съ 2 спарен, осями
= 8 ---- . ----- тов. ------ . ------ 3 ------ . ------

F_2 сумма чиселъ въ зависимости отъ числа и расположенія вагоновъ въ поѣздѣ, а именно:

для багажнаго вагона ……..… 1,7 кв. м.
— пасажирскаго и крытаго товарнаго …. 0,5 — —
— открытаго груженаго вагона или платформы ……..…… 0,4 — —
— открытаго порожняго ……..…… 1 — —

*) *A. Frank.* Die Widerstände der Locomotiven und Bahnzüge. 1886.

для каждаго пасаж. или крытаго товарнаго вагона, слѣдующаго за отрытымъ ..... 1 кв. м.

Если поэтому смотрѣть на величины B_1 и B_2, какъ на извѣстныя, то изъ формулы

$$\mu_1 = i - \frac{B_1}{P+q} \cdot c^2$$

можно найти коэфиціентъ μ_1 и *Frank* нашелъ

μ_1 = 3,2 для пасажир. трехосн. паровозовъ съ 2 спарен, осями;

μ_1 = 3,8 для товарныхъ трехосн. паровозовъ съ 3 спарен, осями.

Что касается вагоновъ, то подобнымъ же путемъ *Frank* нашелъ

$$\mu_2 = 2{,}5.$$

Наконецъ, для полнаго сопротивленія паровоза съ поѣздомъ, когда паровозъ идетъ съ открытымъ регуляторомъ, *Frank* путемъ вычисленій находитъ, что, вслѣдствіе увеличенія побочныхъ сопротивленій механизма отъ дѣйствія пара въ цилиндрахъ, общее сопротивление будетъ больше на

3,3% для пасаж. паровоза съ 2 спарен, осями

4% ——. —— —. — -- 3 ——.———

сравнительно съ сопротивлентемъ поѣзда, опредѣленнымъ по формулѣ

$$\mu_1 (P+q) + \mu_2 Q + \lambda (F_1 + F_2) v^2$$

и увеличеннымъ еще добавочными членами, если поѣздъ идетъ не по прямому и горизонтальному пути, а по подъему и кривой. Величины этихъ добавочныхъ сопротивление будутъ указаны далѣе (стр. 127—140).

О пріемахъ и приборахъ, съ помощью которыхъ производилъ свои опыты *Desdouits* надъ сопротивленіемъ поѣздовъ на казенныхъ французскихъ желѣзныхъ дорогахъ, было говорено уже выше (стран. 107 и слѣд.).

Desdouits опредѣлялъ особо сопротивление, какъ онъ называетъ, элементарнаго поѣзда (паровозъ съ тендеромъ и багажнымъ вагономъ) и затѣмъ сопротивленіе цѣлыхъ поѣздовъ съ прицѣпкою того или другого числа вагоновъ.

При этомъ сопротивление, элементарнаго поѣзда *Desdouits* выражалъ формулой

$$R_1 = (a + bV^2 + cV^3)\ P_1,$$

гдѣ

P_1 вѣсъ паровоза съ тендеромъ и багажнымъ вагономъ,

a, b, c коэфиціенты, опредѣляемые опытомъ.

Здѣсь скорость введена не только во второй степени, но и въ третьей, какъ то дѣлалось и другими, напр. *Röckl'* емъ. Въ формулѣ *Desdouits* членъ съ третьей степенью скорости выражалъ сопротивленіе, обусловливаемое самимъ механизмомъ (именно золотниками).

Сопротивление прицѣпляемыхъ вагоновъ *Desdouits* выражаетъ формулою

$$R_2 = (m + n\ V^2)\ P_2,$$

гдѣ

P_2 вѣсъ этихъ вагоновъ,

m и n численные коэфиціенты, подлежащіе опредѣленію путемъ опыта.

Пусть опытъ даетъ намъ величины ω_0 и ω_1 сопротивленій на тонну поѣзда вѣсомъ P тоннъ при извѣстныхъ скоростяхъ V_0 и V_1; тогда уравненія

$$w_0 P = (a + b\ V_0^2 + cV_0^3)\ P_1 + (m + n\ V_0^2)\ P_2$$

$$w_1 P = (a + b\ V_1^2 + cV_1^3)\ P_1 + (m + n\ V_1^2)\ P_2$$

дадутъ возможность опредѣлить m и n.

Число такихъ уравненій можно какъ заодно увеличить, и затѣмъ опредѣлить коэфиціенты m и n по способу наименьшихъ квадратовъ.

Изъ опытовъ надъ пасажирскими скорыми паровозами вѣсомъ 35 тоннъ (съ тендеромъ и багажнымъ вагономъ 55 тоннъ) *Desdouits* нашелъ сопротивленіе на тонну равнымъ

$$2,5 + 0,002\ V^2,$$

величина же коэфиціента c при V^3 измѣнялась отъ 0 до 0,000012; а для прицѣпляемыхъ вагоновъ сопротивленіе въ килограмахъ на тонну равнымъ

$$1,6 + 0,0003\ V^2.$$

Какъ эти, такъ и другіе новѣйшіе опыты *) показываютъ, что сопротивленіе движенію, представляемое паровозами, тендерами и вагонами, въ настоящее время гораздо ниже того, съ которымъ приходилось считаться ранѣе (напр. въ 60-хъ годахъ, когда производились опыты на Восточной французской ж. дорогѣ). Приписать это слѣдуетъ съ одной стороны успѣхамъ техники (усовершенствованіямъ въ устройствѣ, въ особенности же улучшенной смазкѣ трущихся частей), а съ другой — тому, что подвижной составъ нынѣ тяжеле прежняго и потому сопротивленіе на единицу вѣса должно выходить меньше.

Въ заключеніе замѣтимъ, что нѣмецкіе инженеры большею частію выражаютъ сопротивленіе поѣзда формулою *Clark'* а, но съ измененными численными коэфиціентами:

$$2,4 + 0,001\ V^2$$

въ килограмахъ на тонну вѣса всего поѣзда (вагоновъ съ паровозомъ и тендеромъ вмѣстѣ).

---

*) *Desdouits.* Résumé: des expériences exécutées aux chemins de fer cle l'Etat sur la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la marche et dans l'arrêt des trains (Revue générate des chemins de fer, Mai, 1890).

Bricka. Cours des chemins de fer professé à l'Ecole nationale des ponts et chaussées. 2 vv. Paris, 1894. (T. II, стр. 70).

Barbier. Résistance à la traction des trains à voyageurs à grande vitesse en alignement droit (Revue gén., Avril, 1897).

Barbier. Expériences faites en service courant sur la locomotive Compound à grande vitesse du chemin de fer ,du Nord. (Rev. gén., Mars, 1898).

При этомъ предполагается, что поѣздъ состоитъ изъ груженныхъ вагоновъ; при вагонахъ порожнихъ сопротивленіе на единицу вѣса поѣзда будетъ значительно больше.

Эта формула при большихъ скоростяхъ (свыше 60 килом, въ часъ) даетъ преувеличенные результаты.

На основаніи помянутыхъ выше (въ выноскѣ на предыдущей страницѣ) опытовъ на Сѣверной французской ж. дорогѣ (динамометрическихъ и индикаторныхъ) надъ четырехцилиндровыми паровозами компаундъ съ товарными и пасажирскими поѣздами при скоростяхъ до 120 километровъ въ часъ, валовое сопротивленіе поѣзда, соответствующее индикаторной работѣ паровоза, т. е. со включеніемъ и сопротивленій его механизма, можетъ быть выражено формулою *):

$$w = 2{,}36 + 0{,}0245\ V + 0{,}000613\ V^2$$

которая даетъ

	километровъ въ часъ:						
при скоростяхъ	10	20	40	60	80	100	120
	килограммовъ на тонну:						
сопротивленіе	2,7	3,1	4,3	6	8,2	10,9	14,1
а по формулѣ: $2{,}4+0{,}001\ V^2$	2,5	2,8	4	6	8,8	12,4	16,8

Сопоставленіе это даетъ возможность придти къ

*) Получена соединеніемъ двухъ формулъ:

1) формулы

$$w_1 = 3{,}8 + 0{,}9\ V.\ \frac{V+30}{1000},$$

выражающей валовое сопротивленіе въ килограмахъ на тонну вѣса паровоза съ тендеромъ,

и 2) формулы

$$w_2 = 1{,}6 + 0{,}46\ V.\ \frac{V+50}{1000},$$

представляющей сопротивленіе обыкновенныхъ пасажирскихъ двухосныхъ вагоновъ (для товарныхъ поѣздовъ однороднаго состава, т. е. изъ вагоновъ не различныхъ типовъ, сопротивленіе нѣсколько меньше, а для пасажирскихъ вагоновъ на телѣжкахъ значительно ниже - по крайней мѣрѣ на 20%).

тому заключенію, что очень простая и весьма употребительная формула

$$\omega = 2{,}4 + 0{,}001\, V^2$$

при малыхъ скоростяхъ (менѣше 40 километр. въ часъ) представляетъ валовое сопротивленіе поѣзда, а при большихъ скоростяхъ (свыше 60 килом, въ часъ) — даже преувеличенное, и потому работа паровоза, опредѣленная посредствомъ этой формулы, будетъ скорѣе соответствовать индикаторной, а не тому, что называется полезной работой паровоза *).

*) У насъ иногда употребляютъ формулы, составленныя *Н.П. Петровымъ* («Паровозы, лекціи, читанныя въ С.-Перербургскомъ Практическом Технологическомъ Институтѣ въ $18^{76}/_{77}$ г.» литографированное изд. 1877 — и «Сопротивленіе поѣзда на желѣзной дорогѣ», 1889):

1) для пасажпрскаго поѣзда

$$W = (2{,}3 + 0{,}15V + 0{,}001V^2)(P + q) + 1{,}2Q + 0{,}6nV + \\ + 0{,}03\,(1+0{,}04n)\,V^2 + (0{,}2 - 0{,}015\tau)\,(P + q + Q),$$

2) для поѣзда смѣшаннаго, идущаго съ пасажирскимъ паровозомъ, имѣющимъ одну или двѣ движущія оси:

$$W = (2{,}3 + 0{,}15V + 0{,}001\,V^2)(P + q) + 1{,}2Q + 0{,}7nV + \\ + 0{,}03\,(1 + 0{,}04n)\,V^2 + (0{,}2 - 0{,}015\tau)\,(P + q + Q),$$

3) для товарнаго поѣзда:

$$W = (4{,}3 + 0{,}15V + 0{,}001\,V^2)(P + q) + 1{,}2Q + 0{,}9nV + \\ + 0{,}03\,(1 + 0{,}04n)\,V^2 + (0{,}2 - 0{,}015\tau)\,(P + q + Q),$$

гдѣ

W полное валовое сопротивленіе всего поѣзда на прямомъ и горизонтальномъ пути,

V скорость движенія въ килом, въ часъ,

$P + q$ вѣсъ паровоза съ тендеромъ въ тоннахъ,

Q вѣсъ вагоновъ,

n число вагоновъ,

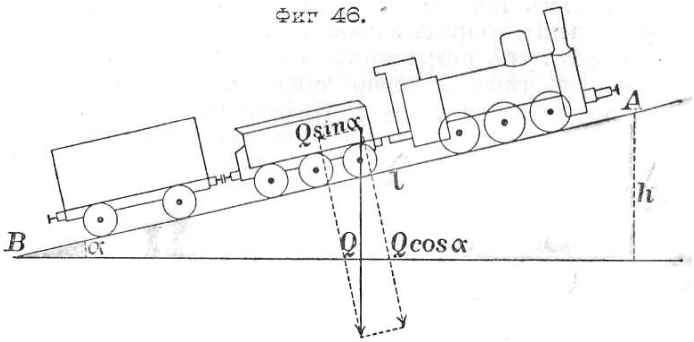
τ температура атмосферы въ градусахъ Цельсія.

СОПРОТИВЛЕНІЯ ДВИЖЕНИЮ ПОѢЗДОВЪ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЯ ПОДЪЕМАМИ.

При движеніи поѣзда по подъему (фиг. 46) къ сопротивленіямъ, которыя приходится преодолѣвать паровозу на прямомъ и горизонтальномъ пути, присоединяется еще дѣйствіе силы тяжести.

Если α уголъ наклона пути къ горизонту, а Q вѣсъ поѣзда (съ паровозомъ и тендеромъ вмѣстѣ),

Фиг 46.



то силу эту можно разложить:

1) по направленно, перпендикулярному къ пути, т. е. къ направленію движенія, и эта составляющая

$$Q\ Cos\ \alpha$$

будетъ при опредѣленіи сопротивление играть ту роль, которую при движеніи по горизонтальному пути играетъ вѣсъ *Q;* но такъ какъ уголъ α обыкновенно бываетъ невеликъ, то $Cos\ \alpha$ можетъ быть принятъ =1, и потому вліяніемъ уклона на величину сопротивленія каченію колесъ и тренія осевыхъ шеекъ можно пренебречь.

2) по направлению, паралельному пути, составляющая будетъ

$$Q\ Sin\ \alpha$$

и если возвышеніе пункта *A* надъ *B* будетъ *h,* а разстояніе между ними *l,* то какъ мы уже знаемъ (стран.103)

$$Sin\,\alpha = \frac{h}{l} = \frac{i}{1000},$$

гдѣ *i* уклонъ, выраженный въ тысячныхъ; а потому если *Q* выражается въ тоннахъ (по 1000 килограм.), то составляющая вѣса по направленію пути въ килограмахъ будетъ

$$1000 \,.\, Q \,.\, Sin\ \alpha = Qi,$$

т. е. отъ подъема сопротивленіе увеличивается на *i* килогр. на каждую тонну вѣса поѣзда.

Теоретически это совершенно вѣрно, но на дѣлѣ не совсѣмъ такъ: оказывается, что на подъемахъ сопротивленіе, опредѣленное для прямаго и горизонтальнаго пути, возрастаетъ на величину, нѣсколько меньшую, чѣмъ *i;* точно также на скатахъ понижается не на величину *i,* а нѣсколько меньще. Объясняется это тѣмъ, что на подъемѣ благодаря дѣйствію силы тяжести стяжки подвижного состава испытываютъ большее натяженіе, чѣмъ на горизонтальномъ пути, и составныя части поѣзда менѣе подвержены отклоненіямъ отъ прямолинейнаго поступательнаго движенія; на скатахъ же дѣйствіе силы тяжести на упряжные приборы будетъ обратное, и подвижной составъ можетъ въ большей степени подвергаться вилянію и боковымъ перемѣщеніямъ.

Вотъ почему иногда принймаютъ, что вліяніе уклона выражается величиною

$$0,9i,$$

т. е. при движеніи, напр., по подъему 0,006 увеличеніе сопротивленія принймаютъ равнымъ не $i = 6$, а $0,9i = 5,4$ килогр., и точно также при движеніи по скату въ 0,006 уменьшеніе сопротивленія принймаютъ не въ 6 килогр., а въ 5,4 килогр.

Съ точки зрѣнія расхода механической работы (топлива и воды) тотъ уклонъ будетъ наивыгоднѣйшимъ, на которомъ каждая единица перевозимаго груза (полезнаго) будетъ требовать наименѣе работы для пpемѣщеній изъ одного конечнаго пункта *B* въ другой *A.*

Пусть длина пути между этими пунктами l метровъ, возвышеніе одного надъ другимъ h метровъ, i уклонъ въ тысячныхъ, тогда

$$l = \frac{h}{i} 1000.$$

Пусть для даннаго паровоза съ тендеромъ вѣсъ $P+q$ тоннъ, а сопротивленіе на тонну ихъ вѣса ω_1 килограмовъ, т. е. все сопротивленіе паровоза съ тендеромъ

$$W_1 = (P + q)\,\omega_1$$

Пусть затѣмъ Q вѣсъ вагоновъ, при чемъ полезный грузъ поѣзда составляетъ нѣкоторую долю $1/m$ этого вѣса; сопротивленіе на тонну вѣса вагоновъ пусть ω_2 килограмовъ, т. е. все сопротивленіе вагоновъ на прямомъ и горизонтальномъ пути

$$\omega_2 Q$$

Сопротивленіе отъ подъема будетъ

$$(P + q + Q)\,i.$$

Если въ данномъ паровозѣ, при наибольшей степени впуска пара, можно располагать силою тяги (валовою) F килограмовъ, то для движенія по подъему i съ равномѣрною скоростью будетъ имѣть мѣсто уравненіе:

$$F = W_1 + \omega_2 Q + (P + q + Q)i$$

откуда полезный грузъ

$$\frac{1}{m}Q = \frac{1}{m}\,\frac{F - W_1 - (P+q)i}{\omega_2 + i}$$

Механическая работа, расходуемая при перемѣщеніи изъ B въ A, будетъ

$$T = Fl = F\frac{h}{i}1000 =$$

$$= \left[W_1 + w_2 Q + (P + q + Q)\,i\right]\frac{h}{i}1000,$$

а величина

$$\frac{T}{\frac{1}{m}Q}$$

будетъ расходъ механической работы на перемѣщеніе единицы полезнаго груза.

Въ зависимости отъ i величина эта будетъ измѣняться, и если взять производную отъ по i $\frac{T}{Q}$ и приравнять нулю, то будетъ найдена величина уклона i.

при которой отношеніе $\frac{T}{\frac{1}{m}Q}$ получается наименьшимъ (или, что все равно, $Q : \frac{h}{i}$ наибольшимъ).

Дѣлая соотвѣтствующія подстановки для выраженія T и Q въ зависимости отъ i, получаемъ уравненіе

$$i^2 + 2iw_2 - w_2 \frac{F - W_1}{P + q} = 0,$$

откуда

$$i = -w_2 + w_2 \sqrt{1 + \frac{1}{w_2} \cdot \frac{F - W_1}{P + q}}$$

Такъ какъ для $Q : \frac{h}{i}$ вторая производная будетъ пропорціональна величинѣ

$$-2i - 2,$$

т. е. будетъ отрицательна, то найденное выраженіе для i будетъ соотвѣтствовать max . $\left(Q : \frac{h}{i}\right)$ или иначе min $\left(\frac{T}{\frac{1}{m}Q}\right)$

Слѣдуетъ однако имѣть въ виду, что вопросъ о выборѣ наивыгоднѣйшаго уклона нельзя разсматривать

только съ указанной здѣсь точки зрѣнія расхода механической работы.

При опредѣленныхъ размѣрахъ грузоваго и пасажирскаго движенія, тотъ предѣльный подъемъ будетъ наивыгоднѣйшимъ, при которомъ капиталъ, необходимый для постройки дороги, въ сложности съ капитализированными расходами эксплоатаціи, представитъ наименьшую сумму.

Рѣшеніе такой задачи въ томъ же родѣ, какъ опредѣлялся здѣсь наивыгоднѣйшій подъемъ съ точки зрѣнія расхода механической работы, т. е. въ общемъ видѣ, представляется не только чрезвычайно сложнымъ, но и невозможнымъ по неопредѣленности данныхъ.

СОПРОТИВЛЕНІЯ, ПРОЯВЛЯЮЩІЯСЯ ВЪ КРИВЫХЪ ЧАСТЯХЪ ПУТИ, И ИХЪ ПРИЧИНЫ.

Желѣзнодорожный путь въ планѣ состоитъ изъ прямолинейныхъ участковъ, направленіе которыхъ измѣняется; переходъ одного направленія къ другому дѣлается по кривымъ, а именно по дугамъ круга, причемъ сопряженія этихъ кривыхъ съ прямолинейными участками дѣлаются для плавности перехода иногда по параболическимъ кривымъ (по кубической параболѣ $y=ax^3$ для которой радіусъ кривизны

$$\rho = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}} = \frac{(1 + 9a^2x^4)^{3/2}}{6ax}$$

и при $x=0$, какъ и для прямой, $\rho=\infty$).

При движеніи по криволинейнымъ участкамъ пути проявляется добавочное сопротивленіе, зависящее главнымъ образомъ отъ кривизны пути и отъ устройства ходовыхъ частей подвижного состава.

Величину этого добавочнаго сопротивления опредѣлить на основаніи теоретическихъ соображеній невозможно, и мы можемъ только выяснить характеръ зависимости этого сопротивленія отъ кривизны пути.

При этомъ мы предположимъ, что шины колесъ имѣютъ цилиндрическія, а не коническія поверхности каченія, что оси остаются неизмѣнно паралельными и что при укладкѣ пути не принято мѣръ для того, чтобы центробѣжная сила въ кривой не могла прижимать закраины шинъ къ наружному рельсу. Такимъ образомъ, являются три обстоятельства, обусловливающая на данной кривой добавочное сопротивленіе движецію: 1) скольженіе колесъ одной и той же оси по рельсамъ, *2)* паралелизмъ осей и 3) центробѣжная сила.

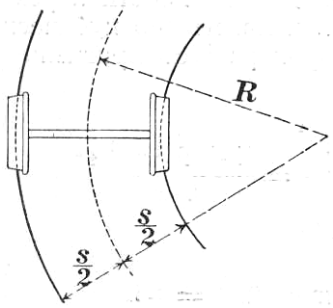
1. Скольженіе колесъ одной и той же оси по рельсамъ.

Предположимъ, что колеса, наглухо насаженныя на ось, имѣютъ цилиндрическія поверхности шинъ, и пусть такая пара колесъ (колесный скатъ) катится по рельсамъ криволинейнаго пути (фиг. 47).

Если ширина пути (разстояніе между внутренними гранями рельсовъ) s, радіусъ кривой R, то при проходе колесомъ по наружному рельсу пути

$$\left(R + \frac{s}{2}\right)\alpha$$

Фиг. 47.



и при сохраненіи постоянно нормальнаго (радіальнаго) положенія колеснаго ската на пути колесо той же оси по внутреннему рельсу пройдетъ путь

$$\left(R - \frac{s}{2}\right)\alpha$$

при чемъ колеса будутъ не только катиться, но и скользить по рельсамъ; для простоты можно предположить, что только одно изъ колесъ будетъ скользить и пройдетъ такимъ образомъ путь

$$\left(R+\frac{s}{2}\right)\alpha-\left(R-\frac{s}{2}\right)\alpha=s\alpha$$

при чемъ работа тренія отъ такого скольженія для всѣхъ осей вагона будетъ

$$\frac{1000\,.\,Q}{2}\mu\,s\,\alpha$$

если

Q вѣсъ вагона въ тоннахъ,

μ коэфиціентъ тренія колеса по рельсу;

а относя эту работу къ единицѣ пути, получимъ сопротивленіе

$$\frac{1000\,Q}{2}\cdot\frac{\mu\,s\,\alpha}{R\,\alpha}=1000\,\mu\,Q\,\frac{s}{2\,R}.$$

2. Параллелизмъ осей.

Замѣчено, что у вагона на двухъ паралельныхъ между собою осяхъ, движеніе въ кривой происходитъ такимъ образомъ, что задняя ось, не прижимаясь колесами ни къ внутреннему, ни къ наружному рельсу, устанавливается радіально (фиг. 48), а колесо передней оси набѣгаетъ подъ нѣкоторымъ угломъ на наружный рельсъ и производитъ на него то или другое давленіе *).

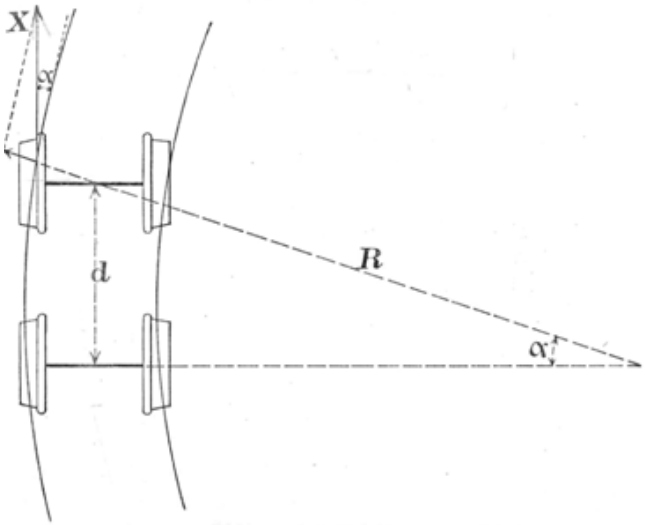
Такъ какъ вагонъ по инерціи стремится двигаться прямолинейно, т. е. по направленію, перпендикулярному къ осямъ, и на всякое препятствіе, встрѣчаемое имъ при движеніи, будетъ производиться давленіе или ударъ съ некоторою силою X, пропорціональной

---

*) *A. M. Wellington.* The economic theory of the location of railways. 3 ed. New-York, 1888, стр. 282).

массѣ вагона, то на наружный рельсъ давленіе будет,

Фиг. 48.



въ зависимости отъ угла набѣгапія α, равно

$$X \,.\, Sin\, \alpha = 1000\, Q \,.\, x \,.\, \frac{d}{R},$$

и следовательно сопротивленіе тренія будетъ

$$1000\, Q\, \mu\, x\, \frac{d}{R}$$

какова бы ни была величина *x*, зависящая отъ скорости движенія.

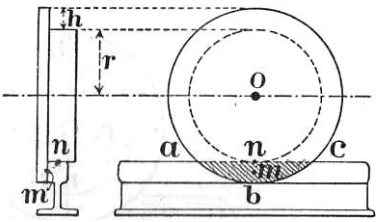
3. Центробѣжная сила.

Еслибы ось вагона, при дѣйствіи на него центробѣжной силы въ кривой, имѣла направленіе радіуса этой кривой, то ось могла бы катиться, прижи-

маясь однимъ колесомъ къ наружному рельсу. Пусть поверхности соприкасанія рельса и закраины шины будутъ плоскія, тогда соприкасаніе будетъ происходить по площади сегмента *abc* (фиг. 49).

Равнодействующая давленій отъ закраины шины на рельсъ пройдетъ черезъ нѣкоторую точку ж, на разстояніи отъ поверхности рельса нѣсколько менынемъ половины высоты закраины шины *h*, и плечо дѣйствія этой силы относительно *n*, точки опоры колеса на рельсѣ, примемъ равнымъ h/2. Точка *n* служитъ мгновеннымъ центромъ вращенія для всѣхъ точекъ колеса при каченіи его по рельсу, и въ то время какъ колесо поворачивается на уголъ α, точка *m* колеса проходитъ по рельсу путь $^{h}/_{2}\,.\alpha$, а точка *O* и весь вагонъ — путь $r\alpha$, гдѣ *r* радіусъ колеса.

Фиг. 49.



Если скорость движенія вагона у метровъ въ секунду, то центробѣжная сила вагона будетъ

$$\frac{1000\,Q}{g}\,\frac{v^2}{R},$$

а треніе, производимое ею на наружномъ рельсѣ, будетъ

$$1000\,.\,\mu\,\frac{Q}{g}\,\frac{v^2}{R}.$$

Чтобы получить работу этого тренія при поворотѣ колеса на уголъ α, нужно умножить это выраженіе на $^{h}/_{2}\,.\alpha$, относя эту работу къ единицѣ пути, проходимаго вагономъ, получимъ искомое сопротивленіе:

$$1000\,.\,\mu\,Q\,\frac{v^2}{gR}\,.\,\frac{h}{2r}.$$

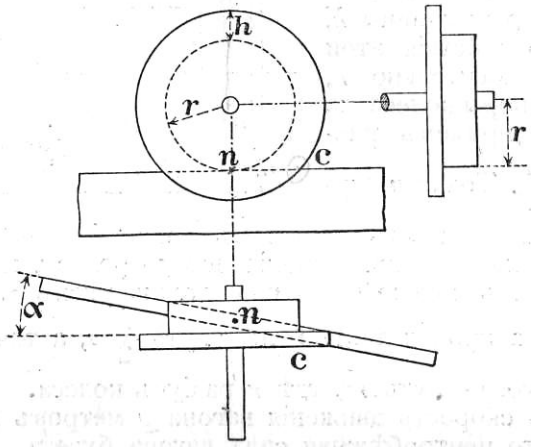
Если же ось, по какой бы то ни было причинѣ,

будетъ имѣть направленіе не по радіусу кривой, то прикосновеніе закраины шины къ рельсу будетъ уже не по сегменту *abc,* и точка приложенія давленія будетъ не въ *m,* а въ точкѣ *c* (фиг. 50) на разстояніи

$$cn = \sqrt{h(2r+h)}$$

отъ мгновеннаго центра вращенія *n.*

Фиг. 50.



Такъ какъ *h* мало сравнительно съ діаметромъ колеса, то разстояиіе *cn* можно принять = $\sqrt{2rh}$ и сопротивленіе тренія выразится теперь

$$1000 \cdot \mu Q \frac{v^2}{gR}\sqrt{\frac{2h}{r}}.$$

Такъ какъ $^{h}/_{r}$ очень небольшая дробь, то послѣднее выраженіе будетъ значительно больше того, которое было найдено раньше для разсматриваемаго сопротивленія.

Такимъ образомъ, наибольшее значеніе, какого при самыхъ неблагопріятныхъ условіяхъ могло бы достигать сопротивленіе, зависящее отъ кривой,

будетъ

$$1000\,\mu\,Q\left\{\frac{s+2xd}{2R}+\frac{v^2}{gR}\sqrt{\frac{2h}{r}}\right\}\;Q=\frac{n}{R}$$

гдѣ

$$n=1000\,\mu\left(\frac{s+2xd}{2}+\frac{v^2}{g}\sqrt{\frac{2\,h}{r}}\right),$$

а сопротивленіе на одну тонну поѣзда

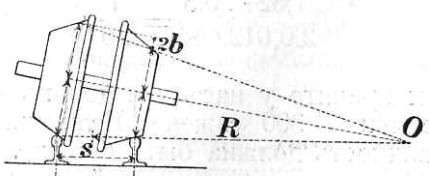
$$k=\frac{n}{R}.$$

Что касается величины n, то опредѣлить ее расчетомъ нѣтъ возможности, потому что на самомъ дѣдѣ предположенія, сдѣланныя нами при выводѣ ея выраженія въ зависимости отъ s, d, v, далеко не имѣютъ мѣста.

Такъ, мы предполагали, что поверхности каченія у колесъ цилиндрическія; на дѣлѣ же поверхностямъ этимъ придаютъ коническій видъ, при чемъ коничность можно взять такую, чтобы колеса одной и той же оси даже въ самыхъ крутыхъ кривыхъ проходили безъ относительнаго скольженія,

Въ самомъ дѣлѣ, пусть колесный скатъ съ коническими шинами, занимающій на прямомъ пути среднее, симетричное положеніе относительно рельсовъ, на кривой, благодаря зазорамъ между закраинами шинъ и головками рельсовъ, перемѣстится къ наружному рельсу (фиг. 51).

Фиг. 51.



Тогда колеса будутъ катиться уже не окружностями радіуса *r*, а иными:

для наружнаго рельса радіусъ $r+b$

„ внутренняго „ „ $r-b$

при чемъ b можно выбрать такъ, чтобы было

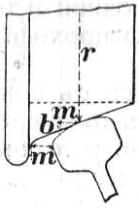
$$\frac{r+b}{r-b}=\frac{R+\frac{s}{2}}{R-\frac{s}{2}}$$

т. е. чтобы колеса только катились, а не скользили по рельсамъ. Отсюда

$$b=\frac{sr}{2R}\ .$$

Если зазоръ между закраинами шинъ и рельсами. при нормальномъ положеніи колеснаго ската напрямомъ пути, назовемъ m, то коничность шины (фиг. 52) будетъ

Фиг. 52.



$$\frac{b}{m}=\frac{sr}{2mR}.$$

Такъ, напр., при

$s = 1^{м},524$

$r = 0^{м},5$

$m = 0^{м},012$

$R = 640^{м}$ ($300^{саж}$),

коничность шинъ должна быть

$$\frac{1,524\ .\ 0,5}{2.0,012.640}=\frac{1}{20},$$

какъ это и принято у насъ для дорогъ съ кривыми радіуса не менѣе 300 саженъ. Если кривыя будутъ круче, коничность должна быть больше.

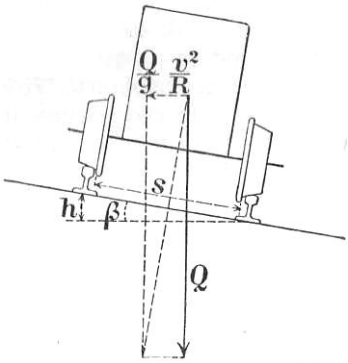
Что касается вагонныхъ осей, то онѣ располагаются подъ вагонами такъ, что имѣютъ нѣкоторую

подвижность, какъ вдоль, такъ и поперекъ вагона, благодаря зазорамъ между лапами и буксами. Иногда же оси устраиваются подвижными, такъ чтобы онѣ въ кривыхъ принимали радіальное положеніе, благодаря чему прохожденіе по кривымъ облегчается.

Наконецъ, что касается центробѣжной силы, то вліяніе ея на сопротивленіе прохожденію по кривымъ парализуютъ, укладывая наружный рельсъ нѣсколько выше внутренняго.

Пусть (фиг. 53) наружный рельсъ лежитъ на h выше внутренняго, и возвышеніе это взято такъ, чтобы равнодействующая изъ силы тяжести вагона и его центробѣжной силы была нормальна къ плоскости пути. Тогда, принимая во вниманіе, что уголъ β очень невеликъ, изъ подобія треугольниковъ получаемъ:

Фиг. 53.



$$h = s\frac{v^2}{g\,R},$$

и при такомъ возвышеніи наружнаго рельса центробѣжная сила при скорости движенія υ уже не будетъ въ состояніи передвигать вагонъ къ наружному рельсу и нажимать на этотъ рельсъ закраинами колесъ.

Данныя опыта.

Единственный путь къ опредѣленію сопротивления, представляемаго кривыми, — это опыта.

Опыты въ этомъ отношеніи были довольно многочисленны.

Такъ на баварскихъ ж. дорогахъ, вблизи Мюнхенской центральной станціи, были нарочно уложены на горизонтальныхъ путяхъ кривыя различныхъ радіусовъ (100, 150, 200, 300, 400, 550, 750 и 1000 ме-

тровъ), и сопротивленіе опредѣлялось такъ: на прямомъ пути паровозъ съ вагонами развивалъ желаемую скорость, и затѣмъ вагоны вступали въ кривую; тутъ паровозъ на ходу отцѣплялся, и вагоны двигались далѣе по инерціи; вдоль путей устроенъ былъ телеграфный проводъ и черезъ каждые 20 метровъ электрическіе прерыватели, такъ что съ помощью хронографа получалась зависимость между проходимымъ пространствомъ и временемъ.

Зная эту зависимость, изъ уравненія движенія можно опредѣлить сопротивленіе въ различныхъ пунктахъ и соотвѣтствующія скорости движенія; затѣмъ, опредѣляя сопротивленіе на прямомъ и горизонтальномъ пути, соотвѣтствующее данной скорости, получимъ добавочное сопротивленіе отъ кривой.

Результаты этихъ опытовъ, производившихся въ концѣ 70-хъ годовъ, *Röckl* выразилъ формулой, которая даетъ сопротивленіе отъ кривой въ килограмахъ на тонну вѣса поѣзда:

$$k = \frac{650}{R - 55},$$

гдѣ *R* радіусъ кривой въ метрахъ.

Затѣмъ изъ опытовъ на саксопскихъ ж. дорогахъ (въ началѣ 80-хъ годовъ) была выведена *Hoffmanf'*омъ формула

$$k = 21 \cdot \frac{4d + d^2}{R - 45},$$

гдѣ *d* разстояніе между осями (если оси не принадлежатъ къ разряду взаимно перестанавливающихся, такъ называемыхъ *Lenkachsen*).

Самый простой вндъ имѣетъ формула, которой выражены были опыты на брауншвейгскихъ ж. дорогахъ, а именно:

$$k = \frac{760}{R},$$

и она даетъ результаты, мало отличающіеся отъ величинъ, получающихся изъ формулъ вышеприведен-

ныхъ, при разстояніи между осями вагоновъ около 4 метр. и при радіусахъ отъ 300 до 800 метр.

Подобнымъ образомъ сопротивленіе въ кривой выражалось уже ранѣе англійскими и американскими инженерами, только съ другими цыфрами въ числителе.

Въ заключеніе укажемъ на нѣкоторыя особенности движенія по кривымъ.

1) При входѣ въ кривую и выходѣ изъ нея сопротивленіе сразу измѣняется; если подвижной составъ и устроенъ такъ, что можетъ легко вписываться въ кривую и, такъ сказать, приспособляться къ ней, то для такого приспособленія все-таки требуется извѣстное время; чѣмъ чаще кривыя слѣдуютъ одна за другою, тѣмъ чаще будетъ повторяться и увеличеніе сопротивленія, и это увеличеніе будетъ еще значительнѣе, если имѣются кривыя съ обратной кривизной; при обратной кривизнѣ слѣдуетъ между кривыми дѣлать прямолинейныя, хотя бы короткая, вставки, а переходы отъ прямыхъ къ кривымъ — по параболическимъ кривымъ, какъ уже было упомянуто выше (стр. 131).

2) При взятіи поѣзда съ мѣста, послѣ остановки, сопротивленіе бываетъ очень значительно; напр. если паровозъ будетъ трогать поѣздъ съ мѣста заднимъ ходомъ, то вагоны будутъ нажимать другъ на друга только буферами со стороны внутренняго рельса, и такимъ образомъ, выпирать другъ друга изъ кривой; при этомъ колеса будутъ нажимать на наружный рельсъ и сопротивленіе значительно увеличится. Но и при трогании поѣзда съ мѣста переднимъ ходомъ сопротивленіе въ кривой бываетъ очень велико, такъ что паровозъ иногда не въ состояніи взять поѣзда съ мѣста; вотъ почему слѣдуетъ избѣгать остановокъ поѣзда въ кривыхъ, особенно въ крутыхъ.

3) Сопротивленіе движенію поѣзда въ кривой иногда бываетъ меньше, чѣмъ на прямомъ пути. Чѣмъ скорость больше, тѣмъ благодаря центробежной силѣ боковыя качанія (виляніе) вагоновъ и удары закраинъ шинъ о рельсы будутъ меньше. Вліяніе этого обстоятельства будетъ въ особенности сильно при порожнихъ вагонахъ, болѣе подверженныхъ боковымъ качаніямъ, чѣмъ груженые загоны. Подобное умень-

шеніе сопротивленія въ кривой было замѣчено при опытахъ надъ сопротивленіемъ поѣздовъ на Кельнъ-Минденской ж. дорогѣ.

4) На нѣкоторыхъ заграничныхъ дорогахъ прибѣгаютъ къ смазыванію закраинъ паровозныхъ шинъ для уменьиенія тренія въ крутыхъ кривыхъ: при этомъ не замѣчается, чтобы коэфиціентъ сцѣпленія колесъ съ рельсами понижался, износъ же какъ рельсовъ, такъ и бандажныхъ гребней оказывается значительно меньше, чѣмъ безъ смазки; смазки этой приписываютъ еще другое значеніе — обезпеченіе отъ схода съ рельсовъ, такъ какъ при пониженномъ коэфиціентѣ тренія гребень бандажа, нажимая на рельсъ, не будетъ взбираться по нему вверхъ, а будетъ соскальзывать внизъ.

ВЛІЯНІЕ ПОДЪЕМОВЪ И КРИВЫХЪ НА СОСТАВЪ ПОѢЗДА И РАСХОДЪ ТОПЛИВА.

Какъ подъемы, такъ и кривыя вызываютъ увеличеніе сопротивленія движенію поѣзда.

Если на прямомъ и горизонтальномъ пути сопротивление составляетъ ω килограмовъ на тонну вѣса поѣзда, то сопротивленіе это на подъемѣ, совпадающемъ съ кривой, будетъ:

$$\omega + i + k$$

Между участками дороги будутъ такіе, на которыхъ, какъ говорятъ иногда, *виртуальный,* или воображаемый подъемъ

(или i, если $R = \infty$, т. е. путь прямой) представляетъ наибольшее значеніе.

Если длина подобнаго участка невелика, то при проходѣ его нѣтъ надобности заботиться о поддержаніи постоянной скорости, и на побѣжденіе сопротивление можно тратить часть живой силы (кинетической энергіи) поѣзда.

Если же длина участка настолько значительна, что можно ожидать значительнаго пониженія скорости или даже остановки поѣзда, то участокъ этотъ мы должны взять какъ опредѣляющій для паровоза наибольшее сопротивленіе.

При этомъ сила тяги паровоза, который долженъ поддерживать постоянную скорость движенія на данномъ участкѣ, будетъ равна сопротивленію, т. е.

$$F = W,$$

согласно уравненію движенія поѣзда

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = F - W.$$

Здѣсь F будетъ сила тяги паровоза при наибольшей степени впуска пара, и для даннаго паровоза эта величина можетъ считаться извѣстною.

Что же касается сопротивленія поѣзда, то оно будетъ:

$$W = (P + q + Q)(\omega + i + l + k),$$

при чемъ ω будетъ зависѣть отъ скорости и будетъ выражаться, напр., формулою

$$\omega = 2{,}4 + 0{,}001\,V^2.$$

Такимъ образомъ, въ уравненіи

$$F = (P + q + Q)(2{,}4 + 0{,}001\,V^2 + i + k)$$

для разсматриваемаго нами случая всѣ величины, кромѣ Q и V, можно считать извѣстными, и слѣд, уравненіе это въ связи съ уравненіемъ

$$F = \frac{N \cdot 270}{V}$$

гдѣ N число паровыхъ лошадей, развиваемыхъ паровозомъ, даетъ возможность или опредѣлить скорость движенія поѣзда даннаго состава по разсматриваемому участку, или по заданной скорости определить составъ поѣзда (вѣсъ его).

При радіусѣ кривой R = 640 м. (300 саж.) добавочное сопротивленіе

$$k = \frac{760}{R} = 1{,}2 \text{ килогр. на тонну},$$

и если при скорости $V=40$ килом, въ часъ паровозъ развиваетъ до 480 паровыхъ лошадей, а вѣсъ паровоза съ тендеромъ $P+q$=80 тоннъ, то кривая эта сравнительно съ горизонтальнымъ прямымъ путемъ обусловить уменьшеніе состава поѣзда въ

$$\frac{2{,}4 + 0{,}001 \cdot 40^2 + 1{,}2}{2{,}4 + 0{,}001 \cdot 40^2} \cdot \frac{270 \cdot 12 - (2{,}4 + 0{,}001 \cdot 40^2)\,80}{270.12 - (2{,}4 + 0{,}001.40^2 + 1{,}2)80}$$

т. е. въ 1,34 раза.

Если добавочное сопротивленіе будетъ значительно больше, напр. отъ подъема въ 0,015, лежащаго на прямомъ пути:

$$i = 15,$$

то составъ поѣзда при скорости напр. 15 килом, въ часъ, когда паровозъ развиваетъ около 330 паровыхъ лошадей, будетъ

$$\frac{330 \cdot 270}{15 \cdot (2{,}6 + 15)} - 80 = 337 \text{ тоннъ},$$

между тѣмъ какъ на горизонтальномъ и прямомъ пути при той же скорости движенія онъ могъ бы быть

$$\frac{330 \cdot 270}{15 \cdot 2{,}6} - 80 = 2285 \text{ тоннъ},$$

т. е. почти въ 7 разъ больше.

Отсюда видно, какое громадное значеніе имѣютъ подъемы на составъ поѣзда.

Чѣмъ наибольшій подъемъ (виртуальный) значительнее, тѣмъ составы поѣздовъ при данныхъ паровозахъ будутъ меньше, т. е. перевозка даннаго количества груза потребуетъ отправки большаго числа поѣздовъ.

Что касается расхода топлива, то принимая расходъ этотъ пропорціональнымъ механической работѣ, можно сказать, что кривыя всегда сопряжены съ увеличеніемъ расхода топлива, потому что всегда сопротивление въ кривой увеличивается на

k килограмовъ,

въ какую бы сторону поѣздъ ни двигался.

Что же касается подъемовъ, то при движеніи по нимъ хотя сопротивленіе для каждой тонны поѣзда и увеличивается на

i килограмовъ,

зато при движеніи по тому же участку въ обратномъ направлены, т. е. по скату, получается движущая сила тяжести тоже въ

i килограмовъ

на каждую тонну поѣзда, и, такимъ образомъ, работа затраченная при движеніи въ одномъ направленіи, получается обратно при движеніи въ противоположно мъ направленіи. Это однако справедливо лишь въ извѣстной степени, такъ какъ на крутыхъ скатахъ, гдѣ i значительно больше ω, приходится прибѣгать къ тормаженію поѣзда, чтобы скорость движенія не перешла за тотъ предѣлъ, который назначается въ видахъ безопасности. Такимъ образомъ уничтожается часть работы силы тяжести, и соответствующая ей затрата при движеніи по подъему ничѣмъ не вознаграждается.

ПАРОВОЗНЫЙ КОТЕЛЪ.

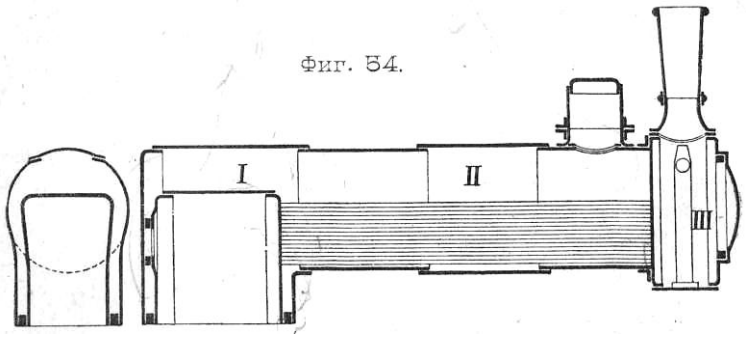
Паровозный котелъ, назначеніе котораго — доставлять машинѣ паровоза требуемое количество пара, принадлежитъ къ разряду трубчатыхъ котловъ съ внутренней топкой и состоитъ изъ трехъ частей (фиг. 54):

I топочная коробка;

II цилиндрическая часть котла;

III дымовая коробка.

Фиг. 54.



Въ наружной огневой коробкѣ находится внутренняя топочная коробка или собственно топка, а въ цилиндрической части котла жаровыя (такъ называемыя прогарныя, дымогарныя) трубки.

На дымовой коробкѣ помѣщается дымовая труба, куда выпускаются не только продукты горѣнія, но и отработавшій паръ, при чемъ середина паровыпускнаго отверстія располагается прямо подъ дымовой трубой, такъ чтобы струя отработавшаго пара имѣла направленіе какъ разъ по оси трубы.

Дѣйствіе паровознаго котла заключается въ слѣдующемъ.

Предположимъ, что для отопленія паровоза употребляется твердое топливо, напр. каменный уголь.

Уголь этотъ для сожиганія помѣщается по возможности ровнымъ слоемъ въ нижней части топки на рѣшеткѣ, имѣющей прозоры для пропуска къ топливу воздуха.

Проходя черезъ слой топлива, воздухъ нагрѣвается, и кислородъ его, соединяясь въ водородомъ топлива, образуетъ водяные пары, а вступая въ соединеніе съ углеродомъ, даетъ или окись углерода, или углекислоту; углекислота, встрѣчая далѣе на пути своемъ раскаленный уголь, отдаетъ часть своего кислорода, при чемъ образуется окись углерода, кромѣ того, часть топлива, до которой не достигаешь достаточно кислорода воздуха, подвергается какъ бы возгонкѣ, и продукты ея — водяной паръ и углеводородныя соединенія — поднимаются кверху; такимъ образомъ поверхъ топлива могутъ явиться, кромѣ углекислоты и водяныхъ паровъ, окись углерода и углеводородныя соединенія, а также азотъ воздуха съ кислородомъ, не успѣвшимъ еще вступить въ соединеніе съ горючими частями топлива.

Горѣніе продолжается такимъ образомъ и надъ слоемъ топлива — съ пламенемъ или безъ пламени,— и развивающаяся при этомъ теплота отчасти передается въ видѣ лучистой теплоты стѣнкамъ топки, большею же частію идетъ на повышеніе температуры продуктовъ горѣнія. Если воздухъ притекаетъ къ топливу въ достаточномъ количествѣ и имѣетъ возможность перемѣшиваться надлежащимъ образомъ

съ продуктами горѣнія, то горѣніе можетъ быть полнымъ. Иначе часть топлива въ видѣ дыма или безцвѣтной окиси углерода будетъ уноситься въ дымовую трубу, и полезное дѣйствіе котла будетъ ниже, чѣмъ, при совершенномъ сожиганіи топлива.

Полезное дѣйствіе котла выражается отношеніемъ между теплотой, переданной черезъ стѣнки котла (черезъ такъ называемую поверхность нагрѣва), и теплотой, которая можетъ быть получена изъ топлива три полномъ горѣніи. Стало быть полезное дѣйствіе будетъ еще зависѣть отъ того, сколько теплоты черезъ стѣнки топки и трубокъ успѣютъ передать водѣ продукты горѣнія, проходя изъ топки въ дымовую коробку. При этомъ количество теплоты, безполезно унесенной изъ котла, будетъ зависѣть отъ того, сколько лишняго воздуха будетъ притекать въ топку, и какъ высока будетъ температура продуктовъ горѣнія при выходѣ изъ трубокъ.

Чтобы температура эта была не слишкомъ высока, нужно имѣть достаточныхъ размѣровъ поверхность нагрѣва.

Теплота, передающаяся водѣ черезъ стѣнки топки и трубокъ (т. е. черезъ поверхность нагрѣва), производить повышение температуры этой воды и обращеніе части ея въ паръ.

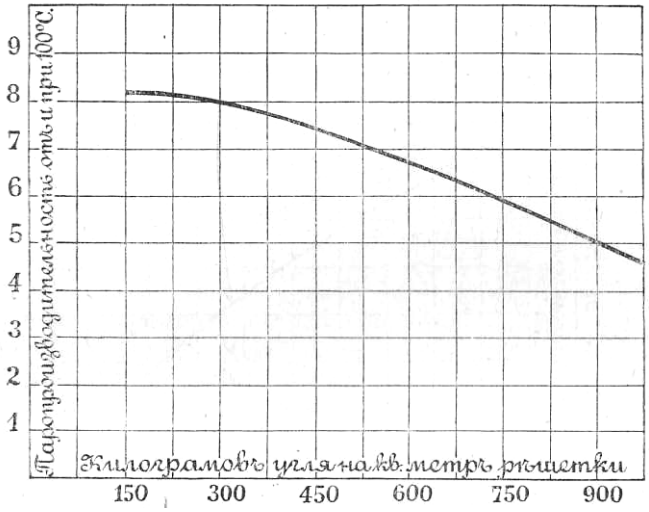
Количество пара, развиваемое котломъ въ данное время, или его паропроизводительность, будетъ зависать отъ количества теплоты, получаемой водой въ котлѣ, т. е. будетъ зависѣтъ отъ количества сжигаемаго топлива и полезнаго дѣйствія котла.

Количество же сжигаемаго въ данное время топлива зависитъ отъ площади рѣшетки и отъ притока воздуха, а притокъ этотъ обусловливается главнымъ образомъ тягой въ дымовую трубу. Но черезчуръ сильная тяга можетъ быть сопряжена съ неполнымъ горѣніемъ топлива или съ излишнимъ притокомъ воздуха.

Такимъ образомъ паропроизводительность котла находится въ тѣсной зависимости отъ поверхности нагрѣва, площади рѣшетки и полезнаго дѣйствія котла. Полезное же дѣйствіе котла можно разсматривать составнымъ изъ двухъ факторовъ: совершенства сожиганія топлива и полезнаго дѣйствія поверхности нагрѣва.

На фиг. 55 представлены результаты опытовъ, произведенныхъ *Goss*'омъ въ паровозной лабораторіи университета Purdue *).

Фиг. 55.



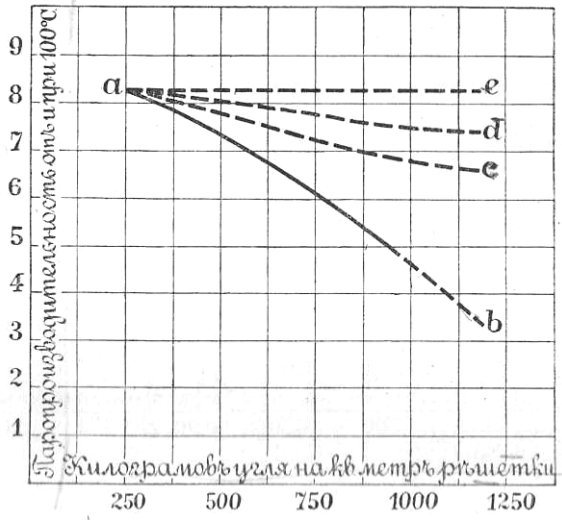
Чѣмъ больше сожигается угля на единицѣ площади рѣшетки въ часъ, тѣмъ меньше получается пару на вѣсовую единицу сожигаемаго топлива, т. е. тѣмъ менѣе полезное дѣйствіе котла. Такъ, когда угля сжигалось 300 килограммовъ въ часъ на 1 кв. м. рѣшетки, каждый килограмъ топлива давалъ 8 килограммовъ пару; а когда горѣніе было усилено до 525 килограммовъ въ часъ на 1 кв. м. рѣшетки, то паропроизводительность упала до 7 килограммовъ пару на 1 килограмъ угля.

---

*) *W. F. Goss.* The effect of high rates of combustion upon the efficiency of locomotive boilers. 1896.

Діаграма на фиг. 56 наглядно показываетъ вліяніе разныхъ обстоятельствъ на измѣненіе этого полезнаго дѣйствія. А именно, кривая *ab* представляетъ ту зависимость, которая была найдена при нормальныхъ условіяхъ, между напряженностью сожиганія на ко-

Фиг. 56.



лосниковой рѣшеткѣ и паропроизводительностью вѣсовой единицы топлива. Еслибы предположить, что поверхность нагрѣва поглощаетъ съ одинаковой степенью совершенства теплоту при всѣхъ степеняхъ напряженности сожиганія, то получилась бы кривая *ac;* еслибы кромѣ того не было потерь отъ искръ, то полезное дѣйствіе поднялось бы до *ad*; наконецъ, еслибъ вдобавокъ къ этому можно было допустить, что нѣтъ потерь отъ излишняго притока воздуха или отъ несовершеннаго сожиганія, то паропроизводительность вѣсовой единицы топлива оставалась бы постоянной, соотвѣтственно прямой *ac.*

Что касается прочности котла, то она будетъ зависѣть отъ матеріала и отъ размѣровъ (толщины) тѣхъ или другихъ частей котла, при чемъ размѣры эти во время службы котла не сохраняются безъ измѣненія. Котелъ въ различныхъ частяхъ изнашивается не одинаково, и безопасность дѣйствія котла будетъ много зависѣть отъ характера мѣстныхъ повреждение и измѣненій.

Эти повреждения могутъ имѣть послѣдствіемъ иногда только неисправное дѣйствіе котла или прекращенье его дѣйствія, вслѣдствіе разрушенія той или другой части, при чемъ вытеканіе пара происходить, не причиняя большаго вреда; или разрушеніе котла въ данномъ мѣстѣ сопровождается мгновеннымъ быстрымъ образованіемъ большаго количества пара изъ воды, и оставшаяся въ котлѣ вода производить ударъ на стѣнки его, ведущій за собою взрывъ котла. Только тщательный осмотръ котла, какъ наружный, такъ и внутренние, даетъ возможность своевременно принять мѣры къ обезпеченію котла отъ взрыва.

На постройку паровозныхъ котловъ у насъ употреблялось преимущественно, да и теперь еще употребляется сварочное желѣзо; за границей же, особенно въ Америкѣ, давно уже употребляютъ мягкую сталь, или литое желѣзо. Въ Европѣ однако внутренняя топочныя коробки всетаки большею частію дѣлаютъ изъ красной мѣди, между тѣмъ какъ въ Америкѣ и топки дѣлаютъ изъ мягкой стали.

Что касается толщины листовъ, то она опредѣляется для цилиндрической части котла по формулѣ

$$\delta = \frac{Dp}{2\sigma}$$

гдѣ

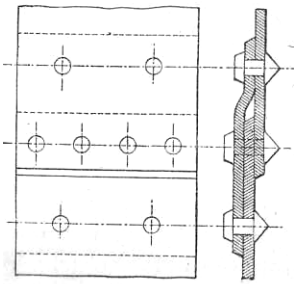
p действительное (т. е. за вычетомъ наружнаго) давленіе пара въ котлѣ,
D діаметръ котла,
σ допускаемое напряженіе,

и если σ будемъ выражать въ килогр. *на кв. центиметръ*, а p въ атмосферахъ (т. е. тоже въ килогр. на кв. центиметръ), то δ будетъ выражаться въ тѣхъ же мѣрахъ, какъ и D.

Обыкновенно σ берутъ около 5—6 килограм. на кв. мм., а толщину листовъ δ, особенно для сварочнаго желѣза, не болѣе 15—16 мм., въ виду того, что съ увеличеніемъ толщины листовъ качество ихъ ухудшается.

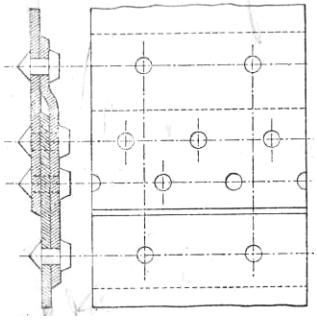
Цилиндрическая часть котла составляется изъ нѣсколькихъ частей (звеньевъ или барабановъ), соединяемыхъ между собою заклепочными швами; эти швы (поперечные швы котла) дѣлаются иногда одиночнымъ рядомъ заклепокъ, но для обезпеченія плотности лучше дѣлать двойной, заклепочный шовъ; звенья въ мѣстахъ соединенія между собою иногда имѣютъ одинаковый діаметръ, и соединеніе дѣлается тогда съ помощью накладки; большею же частью одно звено входитъ въ другое, т. е. поперечные швы дѣлаются внахлестку.

Фиг. 57.



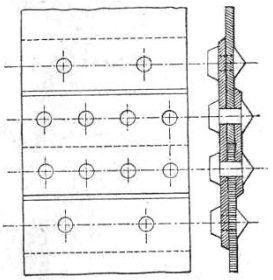
Что касается отдѣльныхъ звеньевъ котла, то при сварочномъ желѣзѣ заклепочные швы ихъ дѣлаются обыкновенно по направлению, перпендикулярному къ направлению прокатки, для обезпеченія большей прочности; эти швы (продольные швы котла) располагаются такъ, чтобы у двухъ сосѣднихъ звеньевъ они не составляли продолженія одинъ другого. Швы эти дѣлаются или простовнахлестку съ двойнымъ рядомъ заклепокъ, или внахлестку съ одной накладкой изнутри котла (фиг. 57 и 58), или же впритыкъ съ двумя накладками — широкой изнутри и узкой сна-

Фиг. 58.



ружи котла (фиг. 59), при чемъ заклепки на узкой накладке сидятъ чаще, и подчеканка ея обезпечиваетъ плотность шва; а заклепки, не проходящія черезъ узкую накладку, сидятъ рѣже и увеличиваютъ прочность шва.

Фиг. 59.



Что касается прочности заклепочнаго шва, то ее можно найти, опредѣливъ:

1) сопротивленіе разрыву листа между дырами,
2) сопротивление листа смятію отъ заклепокъ,
3) сопротивленіе заклепокъ срѣзыванію,

и такъ какъ въ котлахъ сопротивленія эти могутъ быть неодинаковы, то отношеніе наименьшей изъ этихъ величинъ къ сопротивленію цѣльнаго листа дастъ прочность шва.

При этомъ для желѣзныхъ листовъ и желѣзныхъ же заклепокъ можно, по *Unwin*`у принимать, что на единицу площади сопротивление заклепокъ срѣзыванію равно сопротивленію листовъ разрыву, а сопротивленіе листовъ смятію вдвое больше, чѣмъ сопротивленіе разрыву; для стальныхъ же листовъ и желѣзныхъ заклепокъ сопротивленіе заклепокъ срѣзыванію = $^3/_4$ сопротивленія листовъ разрыву, а сопротивление листовъ смятію въ полтора раза больше, чѣмъ сопротивленіе разрыву.

Разстояніе отъ края листа или накладки до центра заклепки берется

$$= 1{,}5d,$$

гдѣ

d толщина заклепки.

Если означимъ

l разстояніе между центрами заклепокъ (въ мм.),

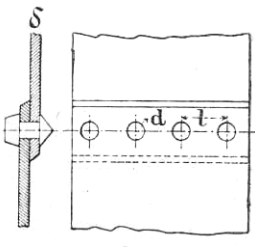
δ толщину листовъ (въ мм.),

то при δ отъ 8 до 25 милим. и при желѣзныхъ заклеп-

кахъ для одиночнаго шва внахлестку (фиг. 60) можно принимать:

$$d = 6\sqrt{\delta}$$

Фиг. 60.



$l = d + 28{,}7$, если листы желѣзные,

и

$l = d + 21{,}6$ если листы стальные,

а прочность такого шва $\frac{l-d}{l}$

при d около $22^{мм}$ будетъ приблизительно

55% для желѣзныхъ листовъ,

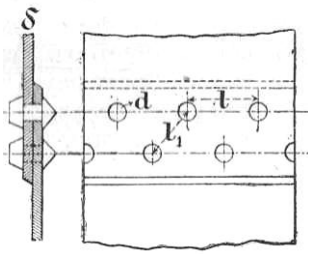
50% — стальныхъ.

Подобнымъ образомъ для двойнаго шва внахлестку (фиг. 61) при желѣзныхъ же заклепкахъ:

$$d = 6\sqrt{\delta}$$

$l = d + 57{,}4$. $l_1 = d + 28{,}7$, если листы желѣзные,

Фиг. 61.



и

$l = d + 43$, $l_1 = d + 21{,}6$, если листы стальные.

а прочность шва $\frac{l-d}{l}$ при d около $22^{мм}$ будетъ приблизительно

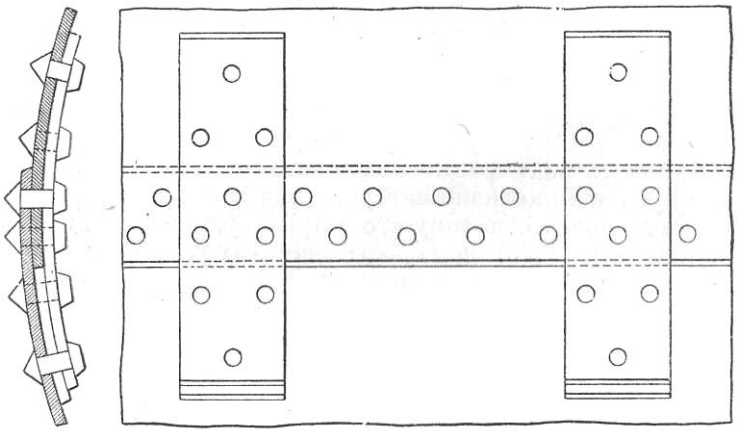
70% для желѣзныхъ листовъ,

65% — стальныхъ.

При употребленіи накладокъ съ болѣе рѣдкимъ размѣщеніемъ заклепокъ въ крайнихъ рядахъ (фиг. 57—59), прочность швовъ значительно увеличивается (до 80% при одиночномъ швѣ, до 90% при двойномъ).

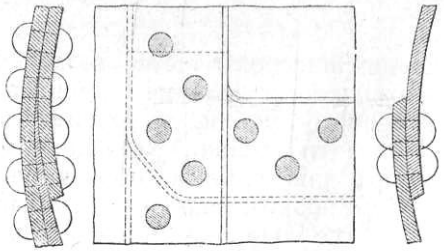
Иногда накладку дѣлаютъ не во всю длину шва, а размѣщаютъ короткія накладки черезъ извѣстные промежутки (фиг. 62).

Фиг. 62.



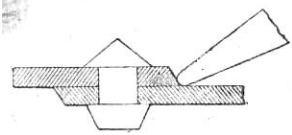
Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ сходятся нѣсколько листовъ, напр., гдѣ поперечный шовъ котла встрѣчается съ продольнымъ, одинъ изъ листовъ продольного шва оттягивается и утоняется нанѣтъ (фиг. 63).

Фиг. 63.

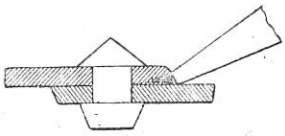


Что касается подчеканки швовъ, то она дѣлается большей частью только снаружи, и для этого лучше употреблять инструментъ съ закругленнымъ концомъ, какъ то было впервые предложено *Connegy* (фиг. 64), а не съ плоскимъ концомъ и острымъ краемъ (фиг. 65); въ первомъ случаѣ уплотненіе матеріала идетъ дальше, и нижній листъ не подвергается повреждению; во второмъ же случаѣ вмѣсто прижиманія верхняго листа къ нижнему можетъ получаться какъ разъ обратное, какъ показано пунктиромъ, и уплотненіе матеріала верхняго листа идетъ не такъ далеко, потому что острый край чеканки врѣзается въ нижній листъ; врѣзаніе это можетъ иногда вести за собою порчу листа.

Фиг. 64.



Фиг. 65.



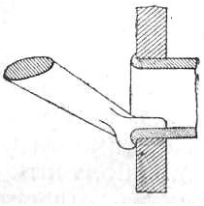
ТРУБКИ.

Въ цилиндрической части котла помѣщаются трубки, укрѣпленныя однимъ концомъ въ задней стѣнкѣ дымовой коробки, а другимъ въ передней стѣнкѣ топки (эти стѣнкй, усѣянныя множествомъ круглыхъ дыръ для трубокъ, образуютъ трубочныя рѣшетки — переднюю и заднюю — и обыкновенно дѣлаются изъ болѣе толстыхъ листовъ, чѣмъ остальныя части котла).

Трубки употребляются иногда латунныя, большею же частію желѣзныя и стальныя (изъ литого желѣза *).

Задніе концы, т. е. концы трубокъ, укрѣпляемые въ передней стѣнкѣ топки, снабжаются иногда мѣдными наконечниками, или же на концы трубокъ надѣваются тонкія мѣдныя кольца, чтобы при раздаваніи концовъ трубокъ посредствомъ особыхъ инструментовъ можно было получить хорошее плотное соприкасаніе трубокъ съ отверстіями въ трубочной стѣнкѣ.

Фиг 67.

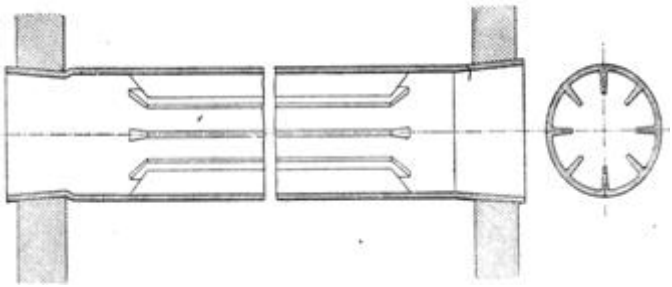


Кромѣ раздаванія концовъ иногда производятъ еще отгибаніе ихъ, при чемъ получаются такъ называемые буртики (фиг. 67).

---

*) Въ послѣднее время на французскихъ паровозахъ распространяется примѣненіе особаго вида стальныхъ трубокъ — ребристыхъ *(Serve'*а.), съ внутренними ребрами (фиг. 66)—для

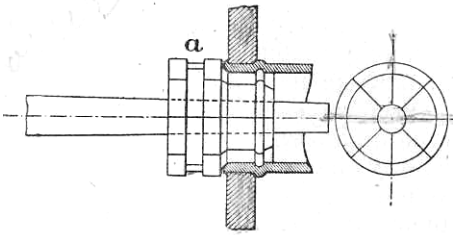
Фиг. 66.



лучшей передачи теплоты отъ продуктовъ горѣнія водѣ.

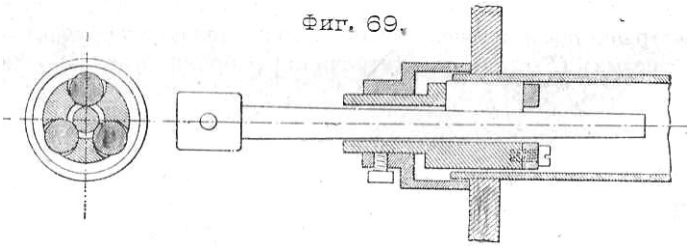
На фиг. 68 представленъ одинъ изъ способовъ раздаванія (развальцовки, раскатывания) концовъ трубокъ съ помощью прибора *Prosser*`а: восемь секторовъ охвачены въ одно цѣлое пружиннымъ кольцомъ *α*, и посредствомъ коническаго стержня можно заставить ихъ равномѣрно расходиться въ стороны, при чемъ въ зависимости отъ наружнаго очертанія секторовъ можно получить не только прилеганіе трубки къ стѣнкамъ отверстія, но еще буртикъ со стороны топки и кольцевую выпуклость съ другой стороны стѣнки, для большаго обезпеченія плотности концовъ трубокъ и предупрежденія течи.

Фиг. 68.



На фиг. 69 представленъ другой очень употребительный

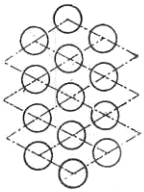
Фиг. 69.



способъ развальцовки посредствомъ прибора *Dudgeon*'а; три катка можно раздвигать въ стороны коническимъ стержнемъ, и если длина катковъ больше толщины стѣнки, то при нажатіи трубка у стѣнокъ отверстія нѣсколько утоняется, сохраняя первоначальную толщину съ той и съ другой стороны стѣнки; такимъ образомъ получаются какъ бы маленькіе заплечики, которые обезпечиваютъ не только прочность, но и плотность укрѣпленія трубки въ рѣшеткѣ, и потому въ отгибаніи буртиковъ нѣтъ особенной надобности.

Что касается размѣровъ трубокъ, то длина ихъ бываетъ чаще всего между 3,5 и 4,5 метрами; діаметръ 40—50 милим., толщина стѣнокъ 2—3 милим., чаще всего $2^1/_2$ милим.

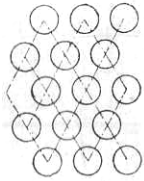
Фиг. 70.



Расположеніе отверстій для трубокъ въ рѣшеткахъ можетъ быть различное:

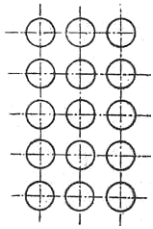
1) центры трехъ сосѣднихъ трубокъ занимаютъ вершины равносторонняго треугольника, при чемъ двѣ стороны наклонны, а третья вертикальна (фиг. 70), — расположеніе вертикальными рядами;

Фиг. 71.



2) центры трехъ трубокъ расположены тоже въ вершинахъ равносторонняго треугольника, но при двухъ наклонныхъ сторонахъ третья горизонтальна (фиг.71), — расположиніе горизонтальными рядами;

Фиг. 72.



3) центры четырехъ сосѣднихъ трубокъ лежатъ въ вершинахъ квадрата (фиг. 72).

Очевидно, что 1-ое и 3-ье расположенія представляютъ преимущество передъ 2-ымъ, такъ какъ между трубками получаются вертикальные свободные прозоры, и движеніе пара, образующагося въ массѣ воды, къ поверхности ея должно менѣе затрудняться.

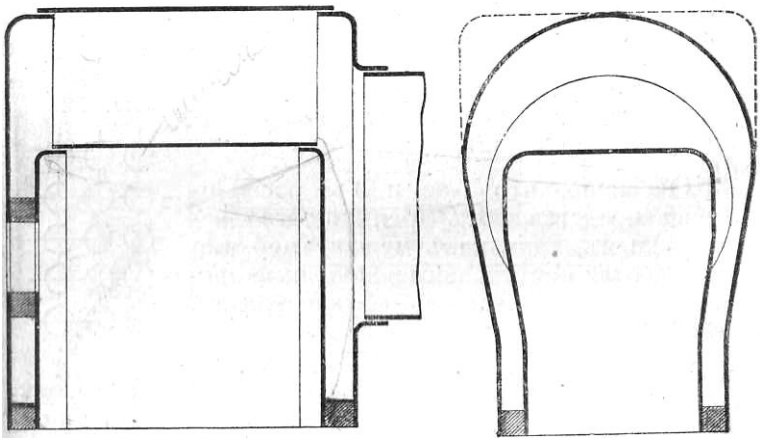
Затѣмъ, 1-ое расположеніе представляетъ выгоду передъ 3-имъ въ томъ отношеніи, что на данной площади можно размѣстить больше трубокъ по фиг. 70, чѣмъ по фиг. 72 при одинаковыхъ діаметрахъ трубокъ и одинаковыхъ разстояніяхъ между ними (разстояніе это обыкновенно берется не менѣе 15 мм.).

Вотъ почему наиболѣе распространеннымъ является 1-ое расположение трубокъ — вертикальными рядами, сдвинутыми относительно другъ друга (черезъ одинъ рядъ).

ТОПОЧНАЯ КОРОБКА.

Верхняя часть наружной топочной коробки дѣлается или въ видѣ продолженія цилиндрической части котла (фиг. 54), или, для увеличенія пароваго пространства, нѣсколько приподнятою (фиг, 73) съ круглымъ или прямолинейнымъ очертаніемъ потолка.

Фиг. 73.

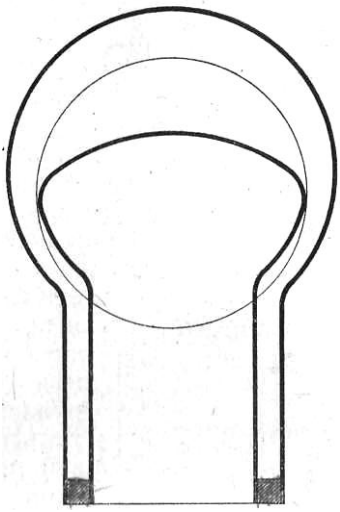


Точно также и верхняя стѣнка топки (небо) дѣлается или плоскою (фиг. 73), или закругленною (фиг. 74),

Ширину внутренней топочной коробки лучше делать нѣсколько меньше наименьшаго разстрянія между боковыми стѣнками наружной огневой коробки — это даетъ возможность вставлять и вынимать топку снизу. Въ противномъ случаѣ для, выниманія ея приходится расклепывать задній (лобовой) листъ наружной огневой коробки (или верхній листъ, если потолокъ сдѣланъ

не изъ одного цѣльнаго листа вмѣстѣ съ боковыми стѣнками).

Фиг. 74.



Небу топки, особенно при длинныхъ рѣшеткахъ, придаютъ иногда наклонъ къ заду, для того чтобы на скатахъ не могло произойти обнаженія задней части неба и его пережога.

Топка обыкновенно дѣлается изъ трехъ листовъ: шинельнаго, образующаго небо и боковыя стѣнки, задняго съ топочнымъ отверстіемъ и передняго, верхняя часть котораго образуетъ трубочную доску и при мѣдныхъ топкахъ дѣлается гораздо толще (25—35 мм.), чѣмъ нижняя часть. Эта нижняя часть представляетъ такую же толщину, какъ задняя и боковыя стѣнки (13—15 мм.); излишней толщины слѣдуетъ здѣсь избѣгать, такъ какъ при меньшей толщинѣ, допускаемой еще прочностью, и теплопроводность и легкость, съ которою стѣнки эти могутъ слѣдовать изгибающимъ усиліямъ вслѣдствіе измѣненій температуры, будутъ значительно больше.

Особенно это оказывается важнымъ при стальныхъ топкахъ (изъ такъ называемой мягкой стали) — успѣхъ ихъ на американскихъ паровозахъ приписывается именно тому, что листы берутся тонкіе (задняя и боковыя стѣнки $^5/_{16}$ дюйма, небо $^3/_8$ дюйма), и только трубочная доска нѣсколько толще ($^1/_2$ дюйма).

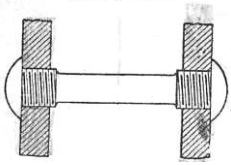
Боковыя стѣнки наружной топочной коробки и внутренней скрѣпляются между собою посредствомъ связей (такъ называемыхъ распорныхъ болтовъ).

При мѣдныхъ топкахъ большею частію употребляютъ и связи мѣдныя, а иногда и желѣзныя; при топкахъ изъ мягкой стали связи употребляются желѣзныя.

Эти связи по всей своей длинѣ или только по концамъ снабжаются винтовой нарѣзкой и ввинчиваются

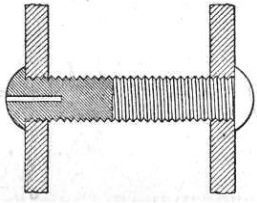
въ соотвѣтствующія отверстія (также съ винтовой нарѣзкой) въ стѣнкахъ топки и наружной огневой коробки. Послѣ вставки концы связей расклепываются въ закругленныя головки (фиг. 75).

Фиг. 75.



Отъ цѣлости этихъ связей много зависитъ прочность котла, и потому необходимо внимательно слѣдить за тѣмъ, нѣтъ ли между связями уже надломленныхъ или оборвавшихся. Чтобы подобныя поврежденія обнаруживались тотчасъ же сами собою, дѣлаютъ иногда эти связи съ сквозными продольными каналами, чаще же просверливаютъ такой каналъ лишь на нѣкоторую длину отъ стѣнки наружной огневой коробки (фиг. 76), такъ какъ обрывы и надломы связей происходятъ чаще всего у этой именно стѣнки.

Фиг. 76.

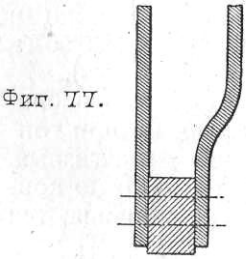


Связи эти размѣщаются довольно густо, на разстояніи около 100 мм. одна отъ другой, и при водѣ, дающей много накипи, очень, затрудняютъ очистку отъ котельнаго камня промежутковъ между стѣнками наружной и внутренней топочныхъ коробокъ.

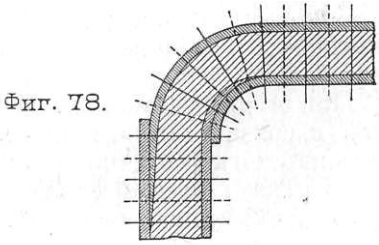
Разстояніе между стѣнками не должно быть слиш-комъ малымъ; наименьшая величина этого разстоянія внизу топочной коробки и дѣлается отъ 40 до 100 мм., чаще всего около 60 -80 мм.

Здѣсь листы топки съ листами наружной огневой коробки скрѣпляются заклепками большею частію посредствомъ четырехъугольной рамы или такъ называемаго кольца (фиг. 77 и 78).

Фиг. 77.

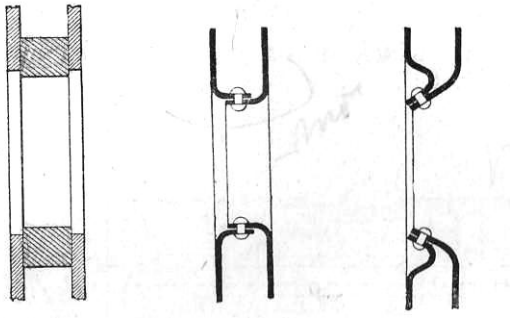


Фиг. 78.



Подобнымъ же образомъ скрѣпляются между собою стѣнки топки и наружной огневой коробки тамъ, гдѣ въ нихъ дѣлается такъ называемое топочное отверстие, черезъ которое забрасывается на рѣшетку топливо (фиг. 79). Скрѣпленіе разсматриваемыхъ стѣнокъ дѣлаютъ и иначе,

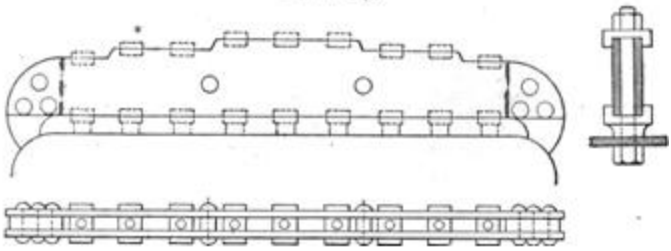
Фиг. 79. Фиг. 80. Фиг. 81.



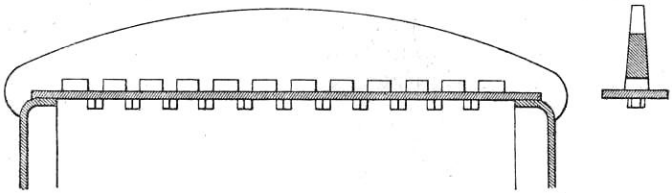
а именно выгибая ихъ соотвѣтствующимъ образомъ и затѣмъ склепывая (фиг. 80 и 81).

Что касается верхней части топки (такъ называемая неба ея), то для сообщенія надлежащей прочности этой стѣнкѣ иногда укрѣпляютъ ее посредствомъ такъ называемыхъ анкерныхъ балокъ, опирающихся концами на вертикальныя стѣнки топки и скрѣпляемыхъ съ небомъ топки посредствомъ болтовъ (фиг. 82) или винтовъ (фиг. 83).

Фиг. 82.

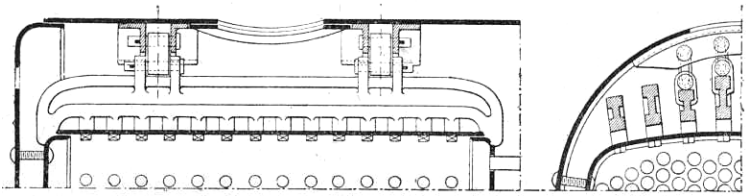


Фиг. 83.



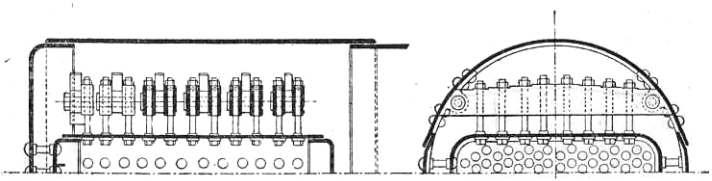
Иногда балки подвѣшиваютъ къ потолку наружной топочной коробки (фиг. 84).

Фиг. 84.



Анкерныя балки располагаются какъ вдоль, такъ и поперекъ котла; онѣ представляютъ тотъ недостатокъ, что затрудняютъ циркуляцію воды, способствуютъ осажденію котельнаго камня и мѣшаютъ очисткѣ неба топки при промывкѣ. Чтобы избѣжать этого, устраиваютъ иногда балки приподнятыми надъ небомъ топки (фиг. 85).

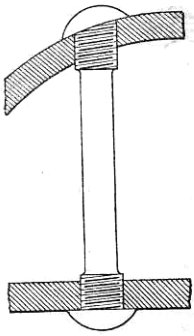
Фиг. 85.



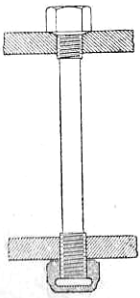
Вмѣсто балокъ употребляюсь большею частію желѣзные анкерные болты съ расклепанными головками

(фиг. 86) или съ гайками, при чемъ гайка надѣвается

Фиг. 86.



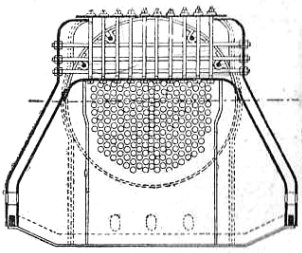
Фиг. 87.



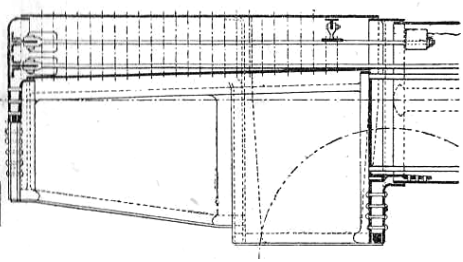
на болтъ какъ извнѣ, такъ и изнутри топки — въ послѣднемъ случаѣ дѣлается иногда закрытой (фиг. 87).

Эти анкерные болты располагаются или вертикально,

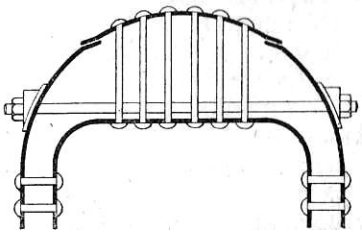
Фиг. 88.



Фиг. 89.



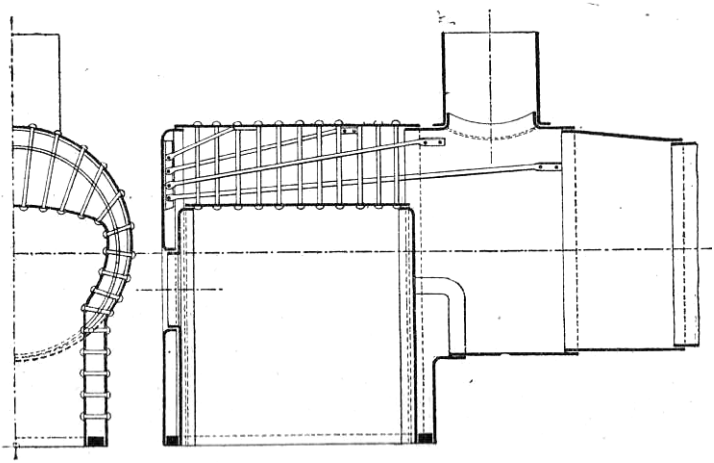
Фиг. 90.



при чемъ боковыя стѣнки наружной огневой коробки скрѣпляются тяжами, какъ показано на фиг. 88 и 89 (топка *Belpaire*'а) и фиг. 90,

или болты въ поперечныхъ вертикальныхъ плоскостяхъ ставятся, какъ говорятъ, радіально (фиг. 91 и 92).

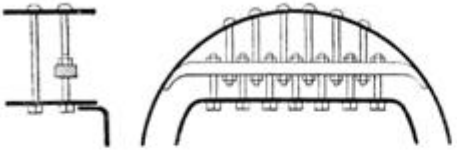
Фиг. 91. Фиг. 92.



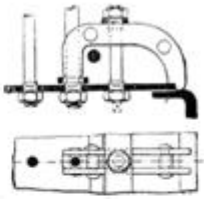
Вслѣдствіе неодинаковости расширенія различныхъ частей котла при горѣніи топлива и нагрѣваніи воды въ котлѣ, происходятъ мѣстныя вредныя натяженія и измѣненія формы. Такъ верхнія части переднихъ стѣнокъ топокъ у загиба часто даютъ трещины, потому что передняя часть неба не имѣетъ возможности подниматься вверхъ при стремленіи трубочной стѣнки расширяться отъ нагрѣванія.

Въ предупрежденіе этого передній рядъ анкерныхъ болтовъ или два ряда ихъ устраиваютъ такъ, чтобы болты не представляли жесткаго, неподатливаго соединенія (фиг. 93-95).

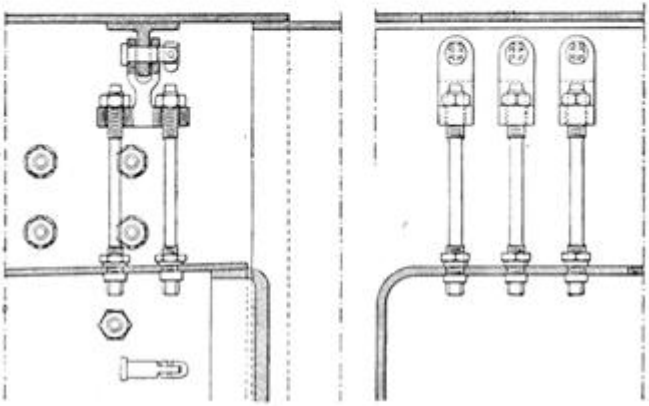
Фиг. 93.



Фиг. 94.

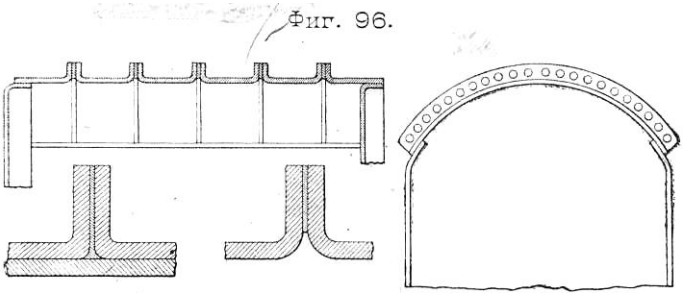


Фиг. 95.



Иногда небо топки устраиваютъ такъ (фиг. 96 — система *E. Polonceau*), что оно уже не нуждается ни

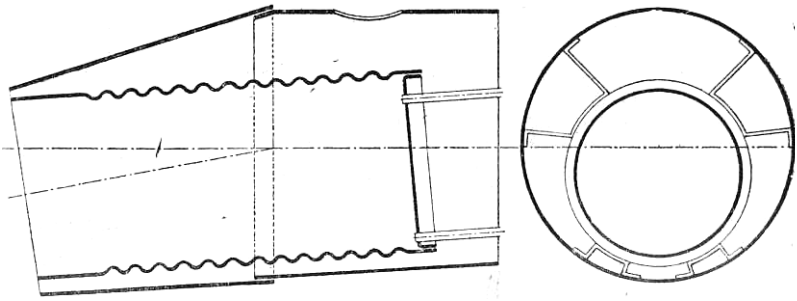
Фиг. 96.



въ скрѣпленіяхъ съ потолкомъ наружной топочной коробки, ни въ анкерныхъ, балкахъ. Для той же цѣли могутъ

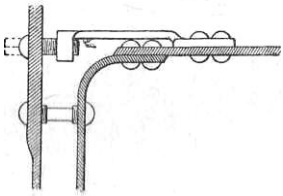
служить также листы съ волнистою поверхностью, и если топкѣ изъ такихъ листовъ будетъ придана круглая форма (поверхность вращенія съ волнообразной производящей), то не будетъ уже надобности и въ скрѣпленіяхъ съ боковыми стѣнками котла. Такова, напр., топка въ котлѣ Ленца (фиг. 97).

Фиг. 97.

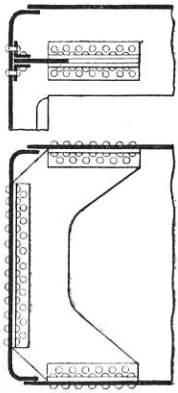


Передняя стѣнка топки непосредственно подъ трубками соединяется съ цилиндрической частью котла посредствомъ такъ называ-

Фиг. 98.



Фиг. 99.

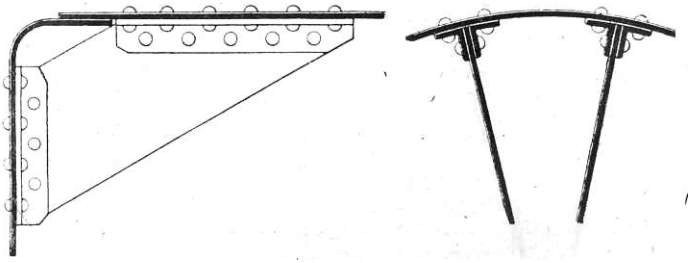


емыхъ лапчатыхъ связей (фиг. 98).

Для укрѣпленія плоскихъ стѣнокъ наружной огневой коробки употребляются разные способы, напр., анкерные тяжи (фиг. 89 и 92), а также плоскіе куски котельныхъ листовъ, прикрѣпляемые къ стѣнкамъ уголками и заклепками; этикрѣпленія располагаются или горизонтально (фиг. 99), или наклон-

но (фиг. 100).

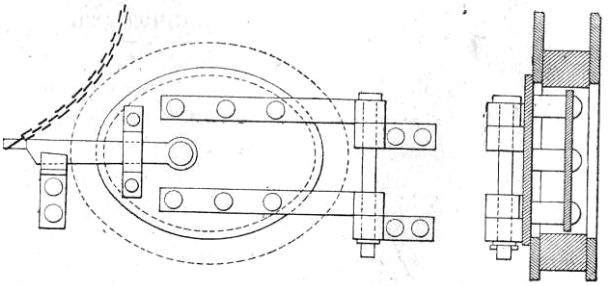
Фиг. 100.



Топочное отверстіе дѣлается прямоугольнымъ или округленнымъ, такихъ размѣровъ, чтобы черезъ него можно было пролѣзть внутрь топки, для осмотра ея, когда въ ней нѣтъ огня.

Отверстіе это закрывается дверцами или одностворчатыми, вращающимися на шарнирѣ (фиг. 101),

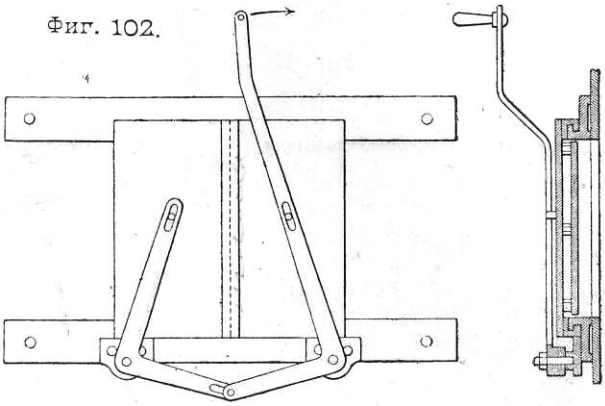
Фиг. 101.



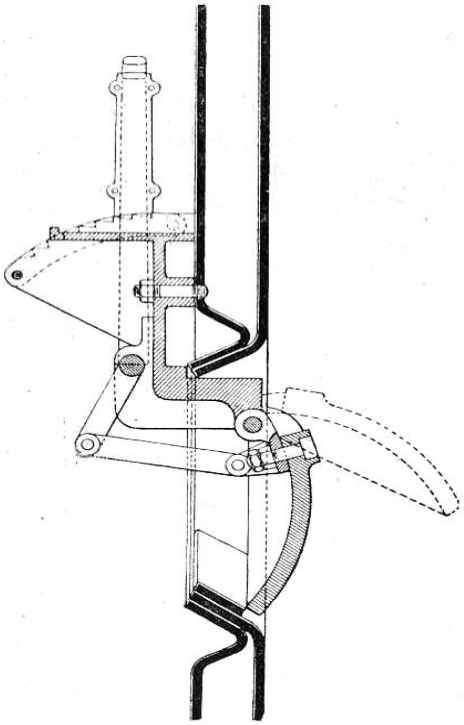
или двустворчатыми, раздвигающимися одновременно

въ стороны (фиг. 102).

Фиг. 102.



Фиг. 103.

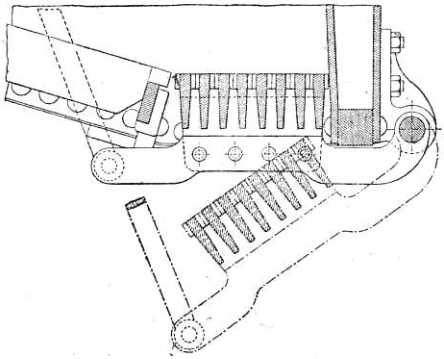


На англійскихъ паровозахъ устраиваютъ дверцу открывающеюся внутрь (фиг. 103), съ тою цѣлью, чтобы она не позволяла холодному воздуху устремляться прямо къ трубочной доскѣ, а отражала бы его внизъ и такимъ образомъ заставляла перемешиваться съ горячими газами.

Внизу топки устраивается рѣшетка изъ колоснйковъ располагаемыхъ горизонтально или наклонно, причемъ въ зависимости отъ топлива колосники берутся толще или тоньше, съ большими или меньшими промежутками;

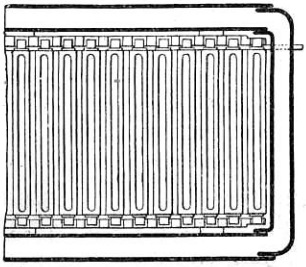
при малой толщинѣ колосниковъ и длинной топкѣ приходится употреблять не длинные колосники, а короткіе (въ несколько рядовъ). Передняя часть рѣшетки, чтобы удобнѣе выбрасывать мусоръ изъ топки, дѣлается иногда подвижною (фиг. 104).

Фиг. 104.

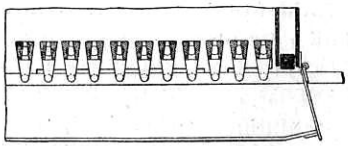


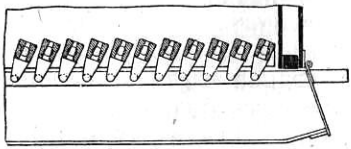
Чтобы предупредить засореніе прозоровъ между колосниками, приходится ихъ отъ времени до времени на ходу паровоза прочищать, и чѣмъ уголь хуже, тѣмъ труднѣе эта работа; поэтому устраиваютъ иногда колосники качающимися (фиг. 105—107), или подвижными

Фиг. 105.



Фиг. 106.

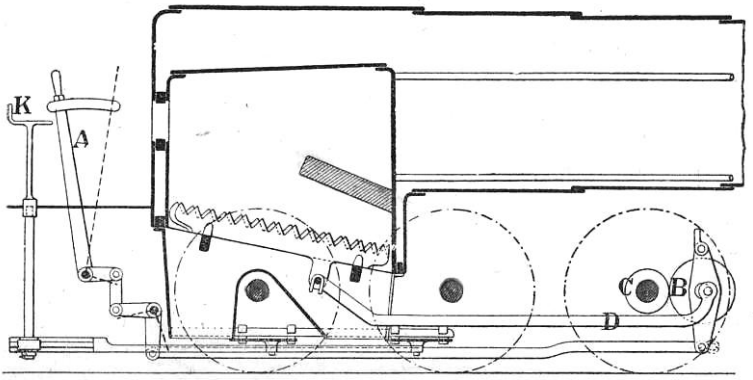




Фиг. 107

вдоль другъ друга (фиг. 108). Въ послѣднемъ примѣрѣ

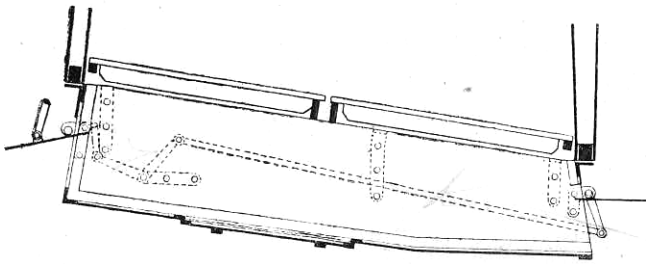
Фиг. 108.



движеніе колосникамъ сообщается отъ оси паровоза, если машинистъ помощью рычага *A* приведетъ шкивъ *B* въ соприкосновеніе со шкивомъ *C*, наглухо насаженнымъ на ось; тогда колосники станутъ двигаться то впередъ, то назадъ, а кромѣ того и относительно другъ друга, такъ какъ одни изъ нихъ приводятся въ движете тягою *D* съ однимъ эксцентриситетомъ, а другіе подобною же тягою съ инымъ эксцентриситетомъ.

Внизу колосниковой рѣшетки, подъ топкой, для предупрежденія выпаданія горящихъ угольевъ на путь устраивается зольникъ, служащій также поддуваломъ. Воздухъ впускается въ поддувало черезъ отверстія въ передней и задней частяхъ зольника, и отверстія эти можно прямо изъ будки паровоза то открывать то закрывать, посредствомъ тягъ и колѣнчатыхъ рычаговъ (фиг. 109).

Фиг. 109.



Для очистки зольника иногда устраиваются отверстія или въ боковыхъ его стѣнкахъ, или въ днѣ его; отверстія эти обыкновенно держатся закрытыми. Для открыванія ихъ иногда устраиваютъ также на площадкѣ машиниста приводъ, какъ то видно на фиг. 108; здѣсь рукояткою *K* можно сообщить движеніе тягѣ, открывающей сразу двѣ задвижки въ днѣ зольника для его очистки. Очистку зольника полагается однако производить лишь на особо назначенныхъ для того мѣстахъ.

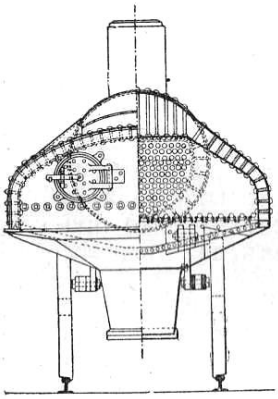
Что касается глубины топокъ, то она зависитъ отъ того, какой длины пламя даетъ то или другое топливо и какимъ слоемъ оно должно лежать на решетке для наилучшаго сгаранія. При дровахъ и крупномъ каменномъ углѣ толщина слоя больше, чѣмъ при мелкомъ угле, который забрасывается на рѣшетку тонкимъ слоемъ.

Отъ глубины топки, т. е. отъ того, низко ли должны быть расположены колосники или же они могутъ быть помѣщены довольно высоко, зависятъ размѣры рѣшетки, такъ какъ длина ея для удобнаго управленія огнемъ не должна быть слишкомъ велика, а ширина ограничивается шириной колеи, если рѣшетка должна быть расположена не выше колесъ. При такомъ расположены ширина рѣшетки обыкновенно бываетъ около 1 метра, а длину дѣлаютъ до 3 метровъ.

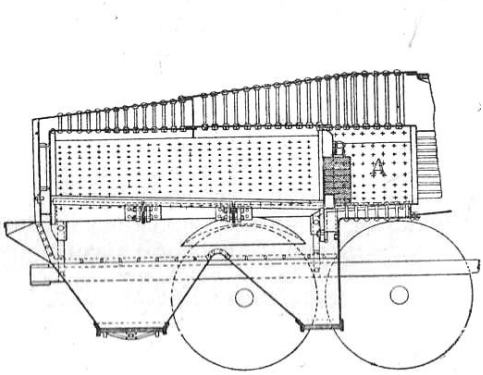
Если рѣшетку можно расположить выше колесъ, то предѣломъ для ширины ея будетъ служить уже не колея желѣзной дороги, а габаритъ подвижного состава.

Такія уширенныя топки могутъ съ выгодой применяться для отопленія каменноугольной мелочью (фиг. 88 и 89 — котелъ *Belpaire'*а) и антрацитомъ, который горитъ очень медленно (котелъ *Wootten'*а — фиг. 110, 111). Ширина топки доходитъ здѣсь до 2,50 метр.,

Фиг. 110.



Фиг. 111.



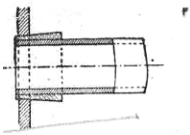
длина до 3,34 метр., такъ что площадь рѣшетки получается болѣе 8,33 кв. метр.

Въ котлѣ *Wootten'*а заслуживаюсь вниманія еще нѣкоторыя особенности.

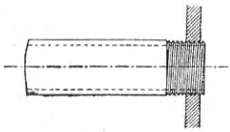
Такъ, рѣшетка, для предохраненія ея отъ перегаранія вслѣдствіе развиваемаго антрацитомъ сильная жара, устроена отчасти изъ трубокъ, въ которыхъ циркулируешь вода; благодаря такой циркуляціи воды, не происходить засоренія ихъ котельнымъ камнемъ.

Трубки укрѣпляются въ задней стѣнкѣ топки, какъ показано на фиг. 112, а въ передней — какъ на фиг. 113;

Фиг. 112

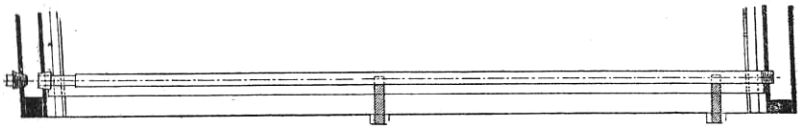


Фиг. 113.



отверстіе въ наружной стѣнкѣ черезъ которое трубка вводится въ топку, закрывается пробкой съ винтовой рѣзьбой (фиг. 114).

Фиг. 114.

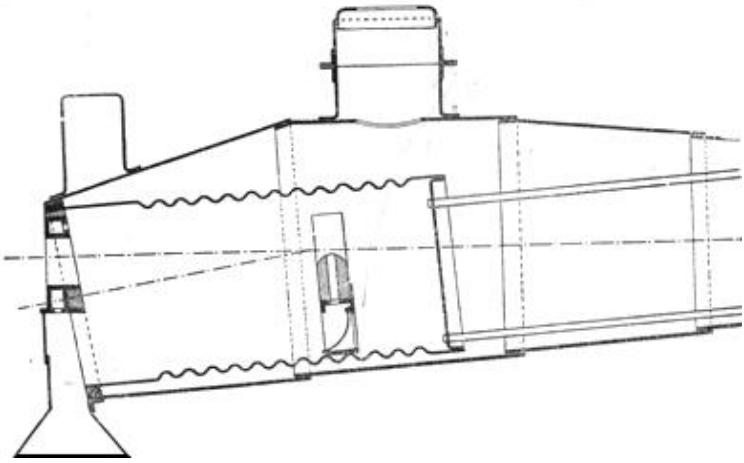


Затѣмъ изъ фиг. 111 видно, что трубочная доска отодвинута внутрь цилиндрической части, и такимъ образомъ объемъ топки еще увеличился пространствомъ *A*, отдѣленнымъ отъ задней части топки кирпичной стѣнкой *B*; это пространство *A* образуешь то, что называется камерой сгаранія, такъ какъ, благодаря стѣнкѣ *B*, продукты горѣнія, идущіе въ трубки, лучше перемѣшиваются, а раскаленная стѣнка изъ огнеупорнаго кирпича повышаешь ихъ температуру, и такимъ образомъ въ камерѣ *A* можетъ быть достигнуто полное сожиганіе горючихъ частей топлива,

Тотъ же самый принципъ примѣненъ и въ котлѣ

Ленца (фиг. 115). Здѣсь также кромѣ собственной

Фиг. 115.



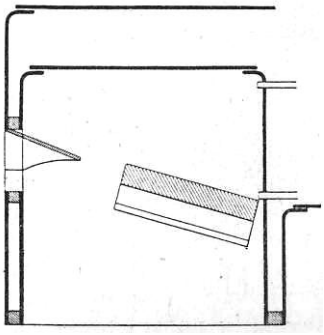
топки имѣется еще камера сгоранія, и продукты горѣнія на пути туда должны проходить черезъ отверстия въ кирпичной перегородкѣ. Существенная же особенность котла Ленца заключается, какъ уже было упомянуто выше, въ томъ, что топка сдѣлана круглая, изъ волнистаго желѣза, и стѣнки ея не имѣютъ скрѣпленій съ наружными стѣнками котла. Котелъ въ передней и задней частяхъ своихъ имѣетъ коническую форму, и хотя геометрическая ось котла не представляетъ прямой линіи, однако давленіе пара изнутри не можетъ производить измѣненія формы, такъ какъ поперечныя сѣченія имѣютъ круглый видъ.

Полное сожиганіе топлива представляетъ такую важность, что и при обычныхъ расположеніяхъ и размѣрахъ топокъ принимались уже съ давнихъ поръ разныя мѣры къ обезпеченію лучшаго перемѣшиванія продуктовъ горѣнія и воздуха.

Такъ, въ англійскихъ паровозахъ топки издавна снабжаются сводами изъ огнеупорнаго кирпича, а иногда еще и дополнительными отражателями, въ видѣ

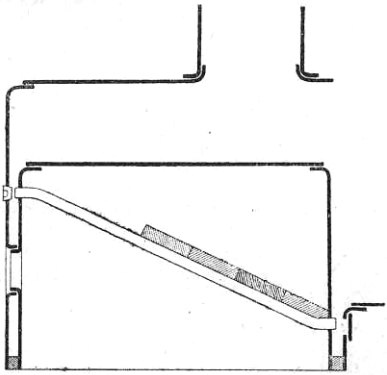
козырьковъ (фиг. 116), такъ что топка какъ будто под разделяется на двѣ камеры.

Фиг. 116.



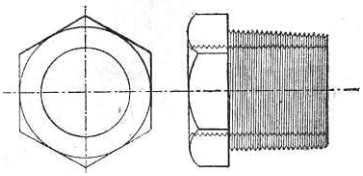
Кирпичный сводъ располагаюсь иногда на трубкахъ, въ которыхъ циркулируетъ вода (фиг. 117),

Фиг. 117.

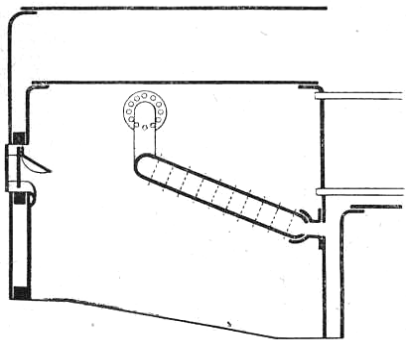


при чемъ концы трубокъ укрѣпляются въ стѣнкахъ топки помощью гаекъ съ мелкой наружной, а иногда и внутренней винтовой нарѣзкой (фиг. 118). Въ нѣкоторыхъ фран-

Фиг. 118.



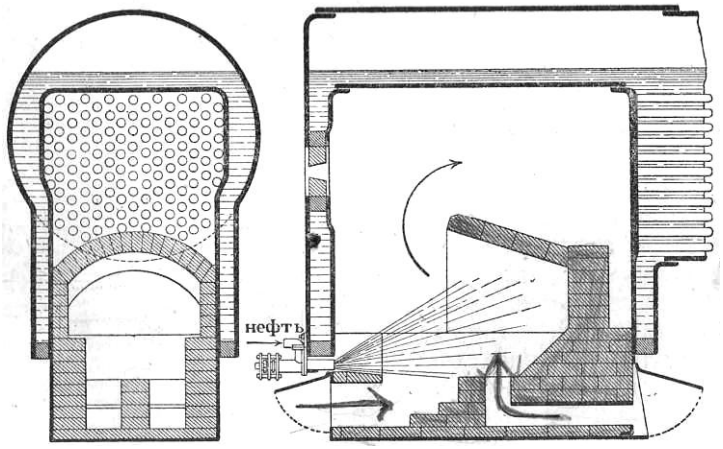
Фиг. 119.



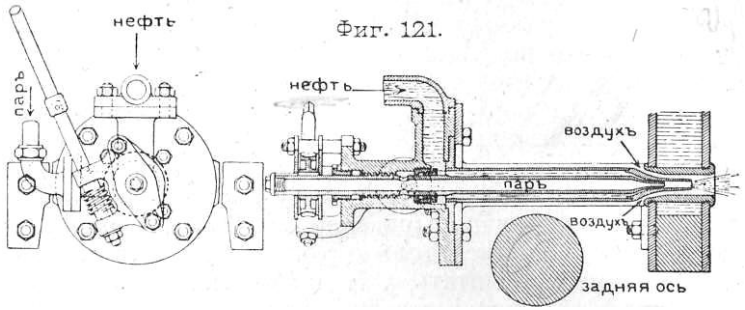
цузскихъ паровозахъ применяется кипятильникъ *Tenbrinck*'а (фиг. 119), представляющій изъ себя плоски сосудъ, опирающійся на два патрубка у трубочной доски, а съ другого конца подвѣшенный двумя трубами къ верхнимъ частямъ боковыхъ стѣнокъ топки; такимъ образомъ вода можетъ свободно проходить изъ котла въ кипятильникъ и обратно; постоянная циркуляція воды предохраняешь кипятильникъ отъ заполненія котельнымъ камнемъ. Кипятильникъ не только способствуешь лучшему перемѣшиванію продуктовъ горѣнія, но и увеличиваетъ поверхность нагрѣва. Что касается однако температуры продуктовъ горѣнія, то онъ не можетъ непосредственно оказывать на нее того дѣйствія, какое производить кирпичный сводъ.

Дѣйствіе кирпичныхъ стѣнокъ и сводовъ особенно важную роль играетъ при приспособленіи топокъ паровозовъ къ нефтяному отопленію. На фиг. 120

Фиг. 120.



представлена топка паровоза, приспособленнаго *Уркгардтомъ* къ таковому отопленію, а на фиг. 121 — при-



Фиг. 121.

боръ для вдуванія паромъ нефти въ топку (пульверизаторъ, форсунка).

ПОВЕРХНОСТЬ НАГРѢВА.

Паропроизводительность паровознаго котла, какъ было уже сказано, зависитъ отъ того, сколько можно сжигать въ данное время топлива, на сколько это сжиганіе совершенно, и затѣмъ на сколько успѣваетъ развившаяся при этомъ теплота передаться черезъ стѣнки котла водѣ, т. е. другими словами паропроизводительность паровознаго котла зависитъ, кромѣ того или другого устройства Топки, главнымъ образомъ отъ площади рѣшетки и поверхности нагрѣва.

Что касается поверхности нагрѣва, то не всѣ части ея одинаково участвуютъ въ образованы пара. Опыты, произведенные *Geoffroy* на Сѣверной французской

ж. дорогѣ надъ котломъ, у котораго паровое и водяное пространство поперечными перегородками было раздѣлено на нѣсколько частей, и парь, доставлявшийся каждой частью, собирался особо, — эти опыты показали, что по мѣрѣ удаленія отъ топки поверхность нагрѣва даетъ съ единицы площади (напр. съ 1 кв. метра) все меньшія и меньшія количества пара.

Законъ измѣненія паропроизводительности съ удаленіемъ отъ топки, математически былъ выраженъ покойнымъ профессоромъ Института *Л. А. Ераковымъ* и почти одновременно инженеромъ *Havrez*; а именно, если мы ограничимся только той частью котла, гдѣ горѣніе можно считать уже прекратившимся, т. е. трубками, то можно сказать, что съ увеличеніемъ разстоянія отъ топки въ ариѳметической прогресіи паропроизводительность убываешь въ прогресіи геометрической, т. е. если единица поверхности трубокъ, напр., 1 кв. м., на разстояніи l отъ топки даетъ s килогр. пару, то на разстояніи 21 паропроизводительность 1 кв. м. поверхности нагрѣва будешь s/m, а на разстояніи $(n+1)l$ съ 1 кв. м. будетъ получаться — килогр. пару ($m > 1$).

Geoffrey при упомянутыхъ выше опытахъ нашелъ, что при отопленіи брикетами и при средней паропроизводительности котла въ 37,8 килогр. съ одного кв. м. всей поверхности нагрѣва, послѣднее отдѣленіе трубокъ давало 9,6 килогр. съ 1 кв. м., а 1 кв. метръ поверхности топки развивалъ 170,1 килограма пара.

Отсюда, казалось бы, можно было заключить, что для увеличенія паропроизводительности котла нужно стараться какъ можно больше увеличивать поверхность топки или, какъ говорятъ, непосредственную поверхность нагрѣва, какъ будто она сравнительно съ трубками обладаешь большей способностью передавать теплоту водѣ.

Такое заключеніе однако было бы не совсѣмъ правильно. Дѣло въ томъ, что увеличеніе топки тѣсно связано съ увеличеніемъ площади рѣшетки, и чѣмъ эта площадь больше, тѣмъ больше будетъ и количество сжигаемаго въ данное время топлива.

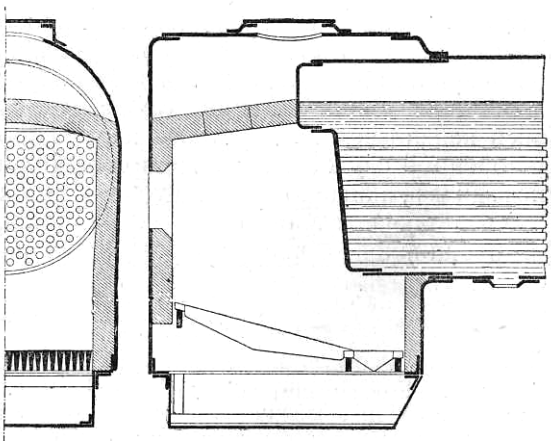
Это и будетъ истинная причина увеличенія паропроизводительности котла.

Что же касается разницы между поверхностями топки и трубокъ въ отношеніи къ пріему и передачѣ ими теплоты, а именно того, что трубки получаютъ теплоту отъ продуктовъ горѣнія только вслѣдствіе соприкосновенія,топка же получаетъ ее главнымъ образомъ въ видѣ лучистой теплоты, то это обстоятельство не играетъ существенной роли.

Опыты *Almgren'*а въ Швеціи показали, что можно прикрыть стѣнки топки паровознаго котла кирпичами (не вплотную, а съ нѣкоторымъ зазоромъ), и паропроизводительность котла ничуть отъ этого не уменьшится.

Кромѣ того *Verderber* въ Венгріи, а въ недавнее время *Bork* въ Германіи и *Docteur* въ Бельгіи попробовали вовсе устранить топку отъ участія въ непосредственномъ образованіи пара, т. е. устроили такъ, что поверхностью нагрѣва является исключительно только поверхность трубокъ, и результаты этихъ попытокъ показали, что паропроизводительность котла отъ сосредоточенія поверхности нагрѣва въ трубкахъ нисколько не страдаетъ. Топка *Verderber'*а представлена на фиг. 122.

Фиг. 122.



Вотъ почему нѣтъ никакой надобности заботиться объ опредѣленіи паропроизводительности отдѣльно для топки и для трубокъ.

Что касается рѣшетки, то, на основаніи наблюденій надъ службою паровозовъ на желѣзной дорогѣ *Paris-Lyon-Méditerranée*, инженеръ *E. Marié* предложилъ формулу

$$S = a\sqrt{GH},$$

гдѣ

S паропроизводительность котла (включая и увлекаемую паромъ воду) въ часъ;

G площадь рѣшетки,

H поверхность нагрѣва

и

a = 368, если *S* выражено въ килограмахъ, а *G* и *H* въ кв. метрахъ.

Отъ паропроизводительности котла находится въ зависимости сила машины, т. е. число паровыхъ лошадей развиваемой паровозомъ работы.

Такимъ образомъ, съ увеличеніемъ поверхности нагрѣва и площади рѣшетки, должно увеличиваться и число лошадиныхъ силъ, доставляемыхъ паровозомъ.

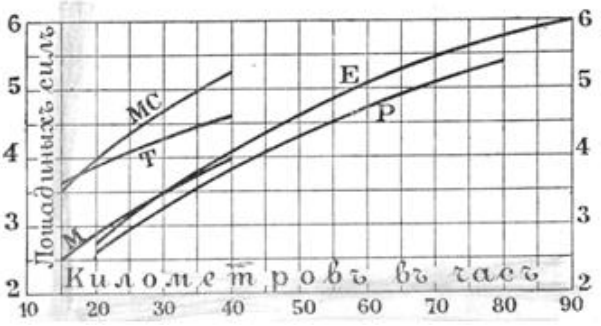
Изъ обширныхъ наблюденій, произведенныхъ на прусскихъ казенныхъ ж. дорогахъ надъ паровозами въ обыкновенной службѣ, а также при особыхъ пробныхъ поѣздкахъ, найдено было, что при различныхъ скоростяхъ получается съ 1 кв. метра поверхности нагрѣва неодинаковое число паровыхъ лошадей *).

---

*) Работа опредѣлялась по формулѣ для сопротивления 2,4 + 0,001 V^2, и на основаніи сказаннаго выше (стран. 126) можно считать, что при большихъ скоростяхъ дѣло идетъ не о полезной работѣ (*N*), а объ валовой, индикаторной (N_i).

Результаты представлены на діаграмѣ (фиг, 123).

Фиг. 123.



Результаты эти получены для елѣдующихъ 5 типовъ паровозовъ:

Обозначеніе	РОДЪ ПАРОВОЗА.	Число спаренныхъ осей.	Цилиндры. Діаметръ d пм.	Цилиндры. Ходъ поршня l пм.	Діаметръ колесъ Діам. D пм.	Сцѣпной вѣсъ P тонн.	Давленіе (абсолютное) въ котлѣ p атм.	Поверхность нагрѣва (по внутрен. діам. трубъ) H кв. м.	Площадь рѣшетки G кв. м.	Отношеніе H/G
E	Скорый пасажирскій.	2/4	43	60	198	30	12	118	2,28	55
P	Пасажирскій (изъ прежнихъ).	2/2	42	56	173	24,6	10	92	1,75	53
M	Товарн. обыкновенный	3/3	45	63	133	38,5	10	125	1,53	82
MC	Товарный компаундъ	4/5	53 и 75	63	125	50	12	144	2,38	63
T	Танковый (для второстепенныхъ дорогъ). . . .	2/1	35	55	108	29,5	12	60	1,30	47

Такъ какъ на огонь въ топкѣ скорость имѣетъ вліяніе благодаря тому, что учащается и дѣлается менѣе порывистымъ выходъ отработавшаго пара при увеличеніи

числа оборотовъ въ связи съ меньшей степенью отсѣчки, то *Borries* составилъ слѣдующую таблицу, гдѣ показано, сколько тотъ или другой родъ паровозовъ можетъ давать паровыхъ лошадей *) съ 1 кв. м. поверхности нагрѣва **), при различномъ числѣ оборотовъ движущихъ колесъ въ единицу времени (1 секунду).

При		РОДЪ ПАРОВОЗА.	При числѣ оборотовъ движущихъ колесъ въ секунду						
			1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
H/G	p		съ 1 кв. м. поверхности нагрѣва получается паровыхъ лошадей						
55	12	Пасажирскій обыкновеннаго дѣйствія	3,5	4,1	4,7	5,1	5,5	5,8	6
		Пасажирскій компаундъ	3,5	4,4	5,2	5,9	6,3	6,7	7
80	10	Товарный съ малой рѣшеткой	2,6	3,1	3,6	4,0	4,2	—	—
60	10	Товарный съ большой рѣшеткой	3,0	3,6	4,1	4,5	4,8	—	—
75	12	Товарный компаундъ съ малой рѣшеткой . .							
60	12	Товарный компаундъ съ большой рѣшеткой .	3,3	4,0	4,6	5,1	5,5	—	—
50	12	Танковый	3,4	3,8	4,1	4,3	4,5	—	—

*) По *Borries*'у - полезныхъ (онъ считаетъ, что формула $2{,}4 + 0{,}001\ V^2$ не заключаетъ въ себѣ внутреннихъ сопротивленій механизма паровоза).

**) Если опредѣлять ее по внутреннему діаметру трубокъ. (Необходимо обращать вниманіе, какъ именно была опредѣлена въ томъ или другомъ случаѣ поверхность нагрѣва трубокъ: съ давнихъ поръ принято было вычислять ее по наружному діаметру; но для ребристыхъ трубокъ необходимо определять ее по внутреннему очертанію, и многіе теперь и для гладкихъ трубокъ считаютъ по внутреннему діаметру; а нѣкоторые почему-то дѣлаютъ опредѣленіе поверхности нагрѣва по діаметру трубокъ, среднему между наружнымъ и внутреннимъ).

Не слѣдуетъ однако приписывать приведеннымъ выше формуламъ и числамъ общаго значенія — они обнимаютъ только тѣ устройства, надъ которыми прозводились опыты и наблюденія, распространять ихъ на всевозможные паровозы нельзя.

Для примѣра укажемъ на результаты, полученные въ концѣ 80-хъ годовъ при поѣздкахъ съ бельгійскими скорыми паровозами, у которыхъ:

діаметръ цилиндровъ	50 цм.
ходъ поршней	60 „
діаметръ движущихъ колесъ	210 „
число движущихъ осей	$^2/_4$
давленіе пара въ котлѣ (сверхъ наружнаго)	10 атм.
площадь рѣшетки	4,7 кв. м.
число трубокъ	242
длина ихъ	3,85 м.
внутренній діаметръ ихъ	40 мм.
поверхность нагрѣва трубокъ (внутренняя)	112,2 кв. м.
поверхность нагрѣва топки	12,5 „
„ „ полная	124,7 „
отношеніе *H/G*	26
полный вѣсъ паровоза въ рабочемъ состояніи	49,2 тон.
сцѣпной	26,2 „
объемъ дымовой коробки	2,9 куб.м.

Опыты показали, что паровозы эти могутъ сжигать 435 килогр. угля въ часъ на 1 кв. м. рѣшетки и давать до 120—125 килогр. пара въ часъ съ 1 кв. м. поверхности нагрѣва.

Такимъ образомъ, полная паропроизводительность этихъ паровозовъ можетъ быть около 15000 килогр. въ часъ, между тѣмъ какъ формула *E. Marié* дала бы величину

$$368\sqrt{4{,}7 \cdot 124{,}7} = 9106 \text{ килогр.}$$

Точно также и число паровыхъ лошадей на 1 кв. м. поверхности нагрѣва, если даже расходъ пара принять довольно высокимъ, положимъ, около 13 килогр. на пар. лош. въ часъ, будетъ около

$$\frac{N}{H} = 9{,}2,$$

т. е. гораздо больше, чѣмъ числа, найденныя для прусскихъ паровозовъ.

Относительно вліянія длинныхъ трубокъ и такихъ приспособленій, какъ кирпичный сводъ и кипятильникъ *Tenbrinck*'а, на паропроизводительность паровознаго котла, заслуживаютъ вниманія обширные, систематическіе опыты, произведенные подъ руководствомъ инженера *Henry* на ж. дорогѣ *Paris-Lyon-Méditerranée* въ концѣ 80-хъ годовъ *). Эти опыты показали, что паропроизводительность котла увеличивалась съ увеличеніемъ длины трубокъ лишь до извѣстнаго предѣла, а именно, если трубки (діаметромъ наружи. 50 мм., внутр. 46 мм.), брались длиннѣе 4—5 метровъ, то паропроизводительность котла уменьшалась. Короткій кирпичный сводъ и кипятильникъ *Tenbrinck*'а усиливали паропроизводительность при трубкахъ короткихъ (около 3 м. длиной) и уменьшали ее при трубкахъ длинныхъ (около 7 м.), при трубкахъ же длиною 4—4,5 метра приспособленія эти не оказывали значительнаго вліянія на количество получаемаго пара, но повышали полезное дѣйствіе (отношеніе между испаряемой водой и расходуемымъ топливомъ).

Паропроизводительность котла въ сильной степени зависитъ отъ интенсивности сожиганія топлива, т. е. отъ тяги воздуха въ дымовую трубу. При упомянутыхъ опытахъ, тяга измѣрялась разностью давленій въ зольникѣ и въ дымовой коробкѣ и измѣнялась отъ 25$^{мм.}$ до 75$^{мм.}$ водяного столба. Чѣмъ сильнѣе тяга, тѣмъ больше паропроизводи-

---

*) *A. Henry.* Etude experimentale de la vaporisation dans les chaudieres de locomotive (Annales des mines, Aout 1894).

тельность котла, но зато полезное дѣйствіе котла уменьшается. Для практики однако, особенно для скораго движенія, это уменьшеніе имѣетъ менѣе значенія, чѣмъ увеличеніе паропроизводительности котла, и потому слѣдуетъ принимать мѣры къ усиленію тяги, не переходя однако за нѣкоторый предѣлъ, такъ какъ увеличеніе противнаго давленія пара на поршень связано съ уменьшеніемъ полезной работы машины.

Опыты, произведенные инженеромъ *Aspinall'*омъ въ Англіи на ж. дорогѣ *Lancashire & Yorkshire,* показываюсь, что разница давленій въ зольникѣ и дымовой коробкѣ, даже при постоянномъ конусѣ, бываетъ гораздо выше 75мм. — до 190 мм.

Въ зависимости отъ размѣровъ рѣшетки, получаются тѣ или другіе размѣры топки или, такъ называемой, непосредственной поверхности нагрѣва, и потому для увеличенія поверхности нагрѣва приходится прибѣгать къ увеличенію поверхности трубокъ.

Длину трубокъ, какъ мы видѣли, далѣе извѣстнаго предѣла *) увеличивать безполезно, а потому при извѣстномъ минимальномъ разстояніи между трубками 15—16 мм.), поверхность нагрѣва приходится увеличивать, уменьшая діаметръ трубокъ и увеличивая ихъ число, такъ какъ площадь, на которой отверстія для трубокъ дожны быть размѣщены, ограничивается поперечными размѣрами котла (діаметръ его, какъ мы видѣли, зависитъ отъ толщины котельныхъ листовъ).

Уменьшеніе діаметра трубокъ однако представляетъ ту невыгоду, что движеніе продуктовъ горѣнія по трубкамъ будетъ встрѣчать болѣе сопротивленія, тяга поэтому понизится, и въ результатѣ можетъ получиться не увеличеніе, а уменьшеніе паропроизводительности котла.

*) Для гладкихъ трубокъ 4—4,5 метра, для ребристыхъ трубокъ *Serve'*а. 2,5 — 3 метра.

ДЫМОВАЯ КОРОБКА.

Дымовая коробка составляете непосредственное продолженіе цилиндрической части котла, большею частію съ такимъ же поперечнымъ сѣченіемъ.

Что касается длины, то обыкновенно ее берутъ приблизительно равною длинѣ цилиндровъ, но въ послѣднее время все болѣе и болѣе входятъ въ употребленіе удлиненныя дымовыя коробки.

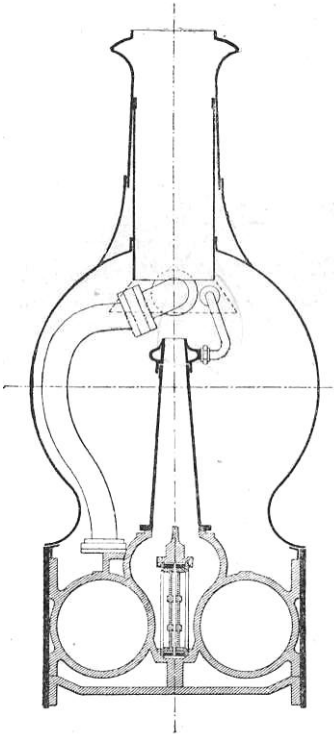
Такъ какъ въ этой коробкѣ скопляется много мусору отъ увлекаемыхъ изъ топки продуктами горѣнія мелкихъ искръ и угольковъ, то площадь дна коробки должна быть достаточна для того, чтобы мусоръ этотъ не забивалъ нижиихъ рядовъ трубокъ.

Кромѣ того, при большемъ объемѣ коробки, колебанія въ разности давленія воздуха въ зольникѣ и въ дымовой коробкѣ, т. е. измѣненія тяги, въ зависимости отъ перемежающагося выпуска отработавшаго пара, должны быть меньше, и горѣніе топлива равномѣрнѣе.

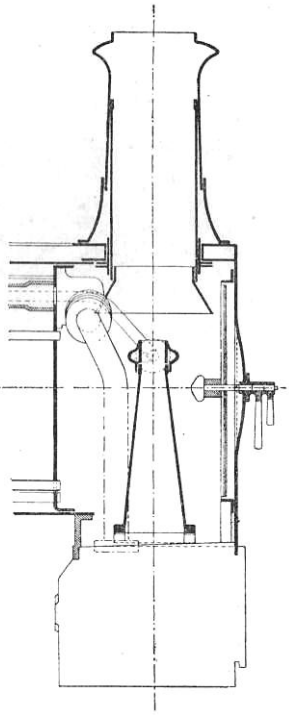
На фиг. 124 и 125 представлена короткая дымовая коробка паровоза съ внутренними цилиндрами; цилиндры заключены въ дымовую коробку, и въ ней кромѣ того расположены: паропроводная труба для притока пара изъ котла въ золотниковую коробку,— паровыпускная труба, оканчивающаяся конусомъ съ постояннымъ отверстіемъ, — и трубка для пусканія пара изъ котла въ особый кольцевой сосудъ у отвергая конуса, къ чему приходится прибѣгать для усиленія тяги, когда нѣтъ выпуска пара изъ цилиндровъ.

На верху коробки укрѣплена дымовая труба, а въ передней стѣнкѣ имѣется широкое отверстіе, закрываемое дверцами.

Фиг. 124.



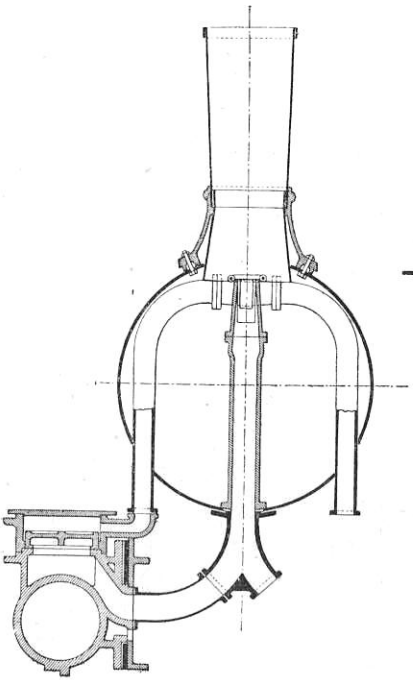
Фиг. 125.



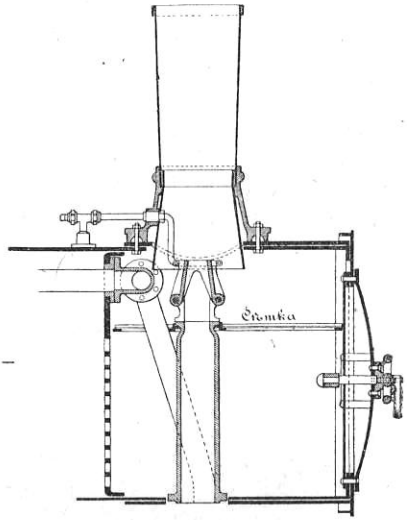
Относительно этихъ дверецъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что онѣ должны быть устроены и содержимы всегда такъ, чтобы прилегали какъ можно плотнѣе и не пропускали воздуха, иначе разрѣженіе воздуха въ дымовой коробкѣ будетъ недостаточно для требуемой тяги.

На фиг. 126 и 127 представлена удлиненная дымовая коробка паровоза съ наружными цилиндрами;

Фиг. 126.



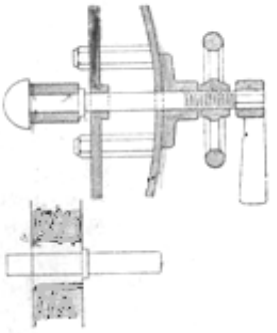
Фиг. 127.



въ коробкѣ помѣщены двѣ паропроводныхъ трубы, паровыпускная труба, оканчивающаяся двустворчатымъ конусомъ съ перемѣннымъ отверстіемъ, и трубка для пусканія пара изъ котла въ кольцо съ отверстіями для усиленія тяги; въ нижней части коробки укрѣпляется труба, закрывающаяся заслонкой и служащая для удаленія мусора изъ коробки. Кромѣ того, поперекъ дымовой коробки здѣсь расположена сѣтка для предупреждения вылетанія искръ черезъ дымовую трубу наружу.

Приспособление для нажатія дверецъ (фиг. 128) заключается въ стержнѣ съ плоскимъ уширеніемъ на одномъ концѣ, съ ручкой и маховичкомъ на другомъ концѣ; ручкою можно стержень повернуть такъ, чтобы плоскій хвостъ прошелъ черезъ отверстіе въ брускѣ, укрѣпленномъ горизонтально поперекъ въ передней части коробки; затѣмъ, помощью маховичка, въ ступицѣ котораго имѣется винтовая нарѣзка, соотвѣтствующая винтовой нарѣзкѣ на стержнѣ, можно подтянуть стержень къ неподвижному бруску коробки и нажать дверцы равномѣрно по всей площади соприкасания съ краями отверстія.

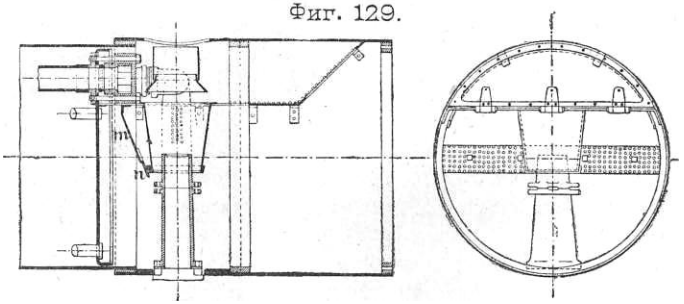
Фиг 128.



Иногда въ дымовой коробкѣ устраиваютъ приспособленія въ видѣ трубокъ съ отверстіями для тушенія искръ водою изъ котла, а также приспособленія для измѣненія направленія движенія продуктовъ горѣнія.

Приспособленіе послѣдняго рода показано на фиг. 129; оно состоитъ изъ козырька *m*, укрѣпленнаго

Фиг. 129.



подъ искроудержательной сѣткой у верхнихъ рядовъ трубокъ; у нижняго края козырька имѣется еще подвижная накладка *n* съ отверстіями, для усиленія дѣйствія козырька, которое состоитъ въ томъ, чтобы заставлять

продукты горѣнія передъ вылетомъ въ трубу измѣнять направленіе движенія, что будетъ сопряжено съ увеличеніемъ сопротивленія движенію продуктовъ горѣнія по верхнимъ трубкамъ и, слѣд., будетъ способствовать движенію по трубкамъ нижнихъ рядовъ.

Продукты горѣнія, какъ показываютъ наблюденія, поступаютъ въ дымовую коробку при довольно высокой температурѣ (300°—400° С), и для увеличенія полезнаго дѣйствія можно пользоваться теплотой ихъ для подогрѣванія питающей воды или пара передъ его поступленіемъ въ цилиндры. Вотъ почему паропроводныя трубы предпочитаютъ помѣщать въ дымовой коробкѣ, а рисиверъ при системѣ компаундъ дѣлаютъ въ видѣ длинной трубы, располагаемой также въ дымовой коробкѣ (въ рисиверѣ *Dean'*а труба эта снаружи снабжена большимъ числомъ поперечныхъ реберъ, именно для усиленія передачи тепла отъ продуктовъ горѣнія пару).

КОНУСЪ И ДЫМОВАЯ ТРУБА.

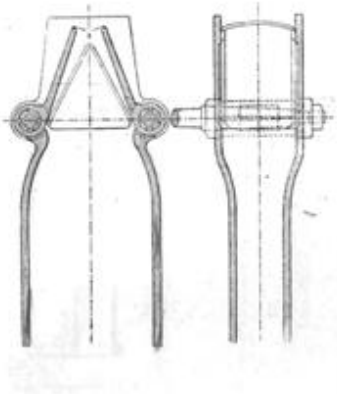
Назначеніе конуса заключается въ томъ, чтобы струя отработавшаго пара, направляясь какъ разъ по оси трубы и заполняя всю площадь сѣченія трубы, производила разрѣженіе въ дымовой коробкѣ, благодаря которому наружный воздухъ устремляется въ поддувало паровоза, а оттуда къ топливу въ топкѣ.

Чѣмъ отверстіе конуса меньше, тѣмъ данное количество пара должно вылетать съ большею скоростью въ дымовую трубу и производить болѣе сильную тягу.

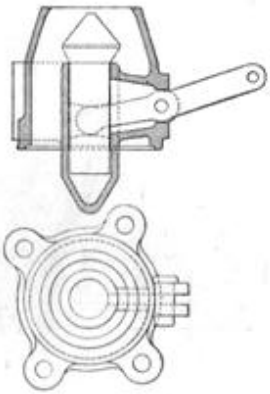
Вотъ почему конусы дѣлаютъ большею частію съ перемѣннымъ отверстіемъ, которое машинистъ изъ

будки помощью привода можетъ суживать по мѣрѣ надобности (подтягивать конусъ). Наиболѣе простыя устройства перемѣнныхъ конусовъ представлены на фиг. 130 (двустворчатый конусъ) и на фиг. 131 (грушевидный

Фиг. 130.

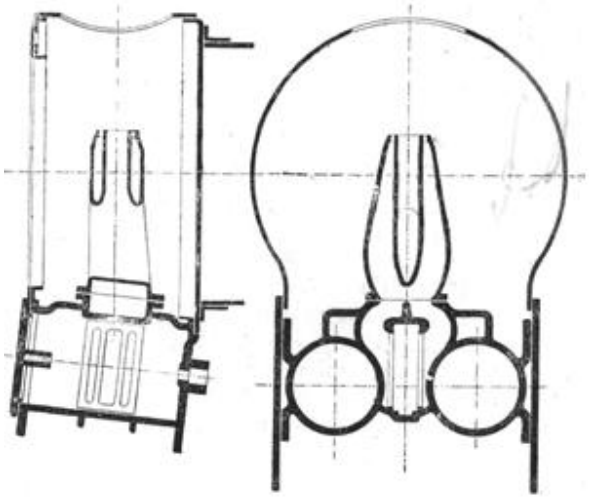


Фиг. 131.



конусъ). На фиг. 132 представлено устройство конуса

Фиг. 132.

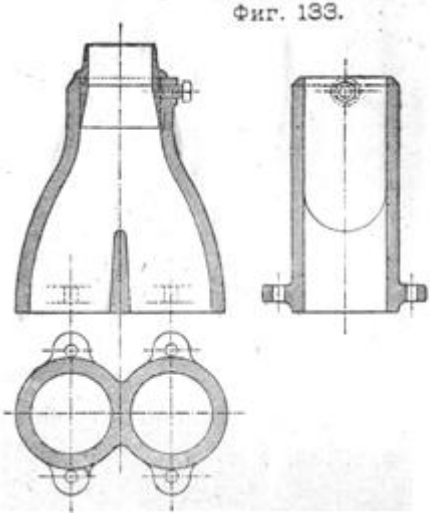


(vortex blast pipe), предложенное *Adams'*омъ, гдѣ отработавши паръ вытекаетъ кольцевымъ отвер-

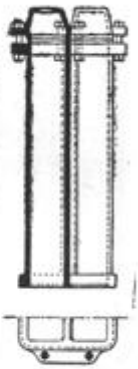
стіемъ, увлекая продукты горѣнія еще и внутреннею полостью.

Конусъ съ постояннымъ сѣченіемъ, въ видѣ насадки или даже двухъ отдѣльныхъ насадокъ на концѣ пароотводныхъ трубъ, очень употребителенъ на американскихъ паровозахъ (фиг. 133 и 134).

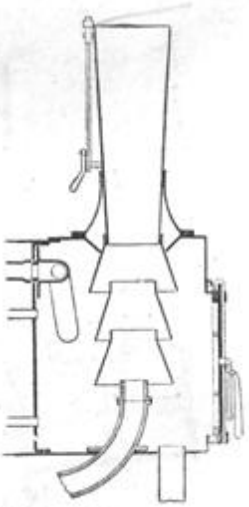
Фиг. 133.



Фиг. 134.



Что касается помѣщенія конуса въ дымовой коробкѣ, то его чаще всего располагаюсь въ верхней части, у основанія дымовой трубы (фиг. 126, 127) или почти въ уровень съ верхними жаровыми трубками (фиг. 125); встречаются, впрочемъ, и иныя расположения — по средине дымовой коробки (фиг. 129) и ниже средины (фиг. 135). При этомъ устраиваютъ иногда дополнительные раструбы (petticoat) въ видѣ обратныхъ коническихъ трубъ, для болѣе равномѣрнаго распредѣленія тяги между жаровыми трубками.

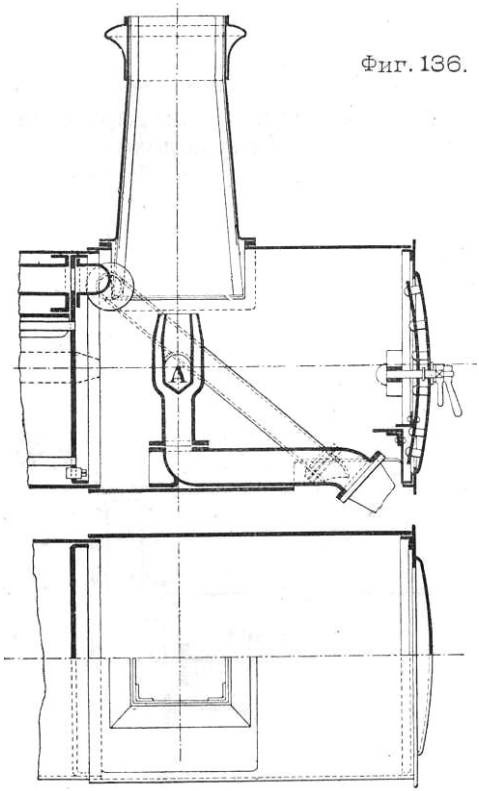


Фиг. 135.

На фиг. 135 у трубы имѣется приспособленіе для

закрыванія ея отверстія и для прекращенія такимъ образомъ воздуху доступа внутрь паровознаго котла.

Что касается формы, трубъ, то, какъ показали опыты *Prüssmann'*а, коническія трубы съ уширеніемъ кверху, нѣсколько лучше цилиндрическихъ, при одинаковыхъ, конечно, условіяхъ; дѣйствіе трубы однако болѣе зависитъ отъ размѣровъ ея поперечнаго сѣченія, а размѣры эти точно опредѣлить расчетомъ невозможно; форма же играетъ второстепенное значеніе. На фиг. 124, 125 представлена цилиндрическая труба; на фиг. 126, 127 — коническая, съ уширеніемъ кверху, а на фиг. 136 — четырехгранная



Фиг. 136.

пирамидальная труба, суживающаяся кверху; конусъ здѣсь

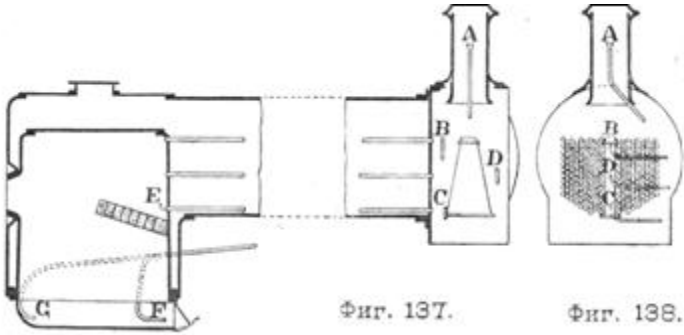
также четырехгранный, съ внутреннею полостью *A* для продуктовъ горѣнія (подобно устройству *Adams'*а, фиг. 132).

Дѣйствіе дымовой трубы и конуса на тягу имѣетъ огромное значеніе для паропроизводительности паровознаго котла и следовательно дѣйствія паровоза. Усиленное горѣніе топлива (400 — 500 кил. угля въ часъ на 1 кв. м. рѣшетки, а иногда и болѣе) обусловливается разностью давленій въ поддувалѣ и въ различныхъ пунктахъ на пути слѣдованія продуктовъ горѣнія до выхода въ отверстіе дымовой трубы.

При какихъ именно условіяхъ въ этомъ отношеніи приходится работать паровозамъ, объ этомъ даютъ представленіе результаты наблюдений *Aspinall'*а на ж. дорогѣ *Lancashire & Yorkshire* *). При движеніи пасажирскаго паровоза съ поѣздомъ (полный вѣсъ 203 тонны) въ одну сторону съ средней скоростью 77 килом, въ часъ, обратно 65 килом, въ часъ, при чемъ наибольшая скорость при движеніи туда доходила до 96 килом., а обратно до 88 килом, въ часъ, было найдено, что

давленіе въ зольникѣ
измѣнялось …… отъ 6 до 19 мм. вод. столба
разрѣженіе надъ кирпичнымъ сводомъ ….. — 25 — 76 — — —
разрѣженіе въ дымовой коробкѣ …… — 76 — 178 — — —
разрѣженіе въ дымовой трубѣ ……... — 178 — 457 — — —

Давленія и разрѣженія въ пунктахъ, указанныхъ на фиг. 137, 138 буквами *A, B, C, D, E, F, G*, измѣрялись



Фиг. 137. Фиг. 138.

*) Minutes of Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. London, 1893, April.

посредствомъ трубокъ, соединенныхъ резиновыми проводами со стеклянными трубками, помѣщенными въ будкѣ паровоза и наполненными окрашенной водой.

Въ половинѣ 90-хъ годовъ производились опыты надъ дѣйствіемъ конуса и дымовыхъ трубъ паровозовъ на ганноверскихъ ж. дорогахъ, и результатами этихъ опытовъ можно пользоваться при подходящемъ устройствѣ помянутыхъ частей *).

ИСКРОУДЕРЖАТЕЛИ.

Для предупреждения вылетанія искръ изъ трубы паровоза употребляются разнаго рода приспособленія, который устраиваются или въ самой дымовой коробкѣ, или на дымовой трубѣ.

Приспособленія эти большею частью дѣлаются въ видѣ сѣтокъ изъ проволоки или изъ желѣзныхъ прутьевъ и укрѣпляются внутри дымовой коробки (фиг. 127, 129), ниже отверстія конуса.

Иногда сѣтки располагаюсь на верху трубы, но онѣ тогда очень скоро забиваются искрами, и парообразованіе очень затрудняется.

Вмѣсто сѣтокъ на верху трубы располагаютъ отра-

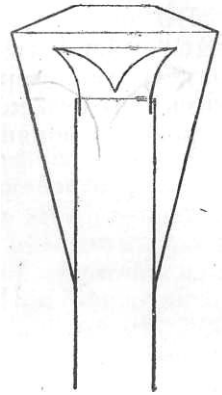
---

*) *Troske.* Ueber die zweckmässigste Form der Locomotivschornsteine (Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, 1895).

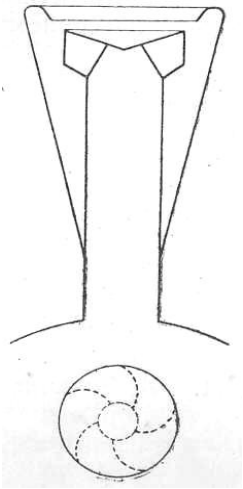
Barries. Versuche mit Blasrohren und Schornsteinen der Locomotiven (Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1896).

жатели, въ видѣ коническихъ тарелокъ (фиг. 139), иногда съ криволинейными крыльями — такъ называемые тюрбины (фиг. 140). Дѣйствіе этихъ при-

Фиг. 139.



Фиг. 140.



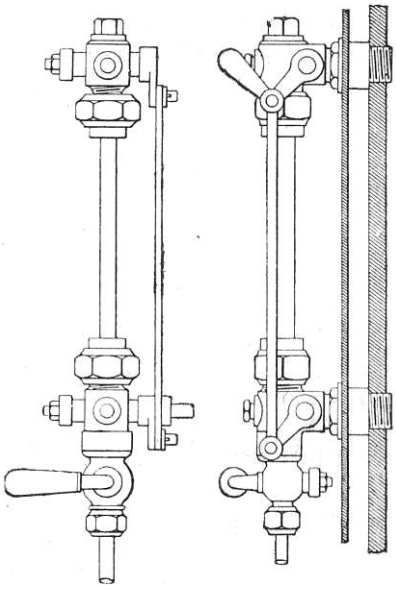
способлений заключается въ томъ, что струя отработавшаго пара и продуктовъ горѣнія, встрѣчая подобное приспособленіе, должна измѣнить направленіе движенія, при чемъ искры будутъ отделяться и падать въ промежутокъ между трубой и нарочно для того устроенны мъ коническимъ кожухомъ. Для очистки кожуха въ нижней части его устраиваются отверстія, закрываемый крышками.

Горящіе искры и угольки могутъ вылетать наружу не только изъ трубы, но и изъ поддувала. Чтобы предупредить это, устраиваютъ поддувало въ видѣ ящика, открывающагося только съ передней стороны (фиг. 137); для той же цѣли иногда у задняго отвертя или у обоихъ отверстій поддувала устраиваютъ сѣтки, а также проводить изъ котла трубки въ зольникъ для тушенія водою падающихъ туда черезъ рѣшетку угольковъ.

АРМАТУРА КОТЛА.

При общемъ описаніи паровоза было уже указано, изъ какихъ именно частей составляется арматура паровознаго котла, а теперь остановимся на знакомствѣ съ ихъ устройствомъ.

Фиг. 141.



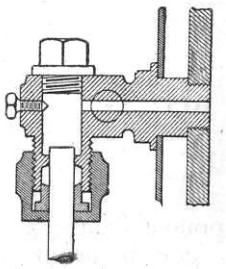
Водомѣрное стекло представляетъ собою стеклянную трубку, вставленную концами своими въ оправы, укрѣпленныя въ задней стѣнкѣ котла и сообщающаяся постоянно съ паровымъ пространствомъ (верхняя оправа) и съ водянымъ (нижняя оправа).

На стѣнкѣ котла (на обшивкѣ ея) у водомѣрнаго стекла проводится горизонтальная черта, указывающая предѣлъ, ниже котораго машинистъ не долженъ позволять водѣ опускаться въ водомѣрномъ стеклѣ.

На фиг. 141 представлено водомѣрное стекло, а

на фиг. 142 верхняя его оправа въ разрѣзъ. Здѣсь показанъ слѣва маленькій винтъ, вставленный въ от верстіе, которое позволяетъ отъ времени до времени прочищать горизонтальный каналъ оправы отъ накипи и засоренія. Въ нижней оправе имѣется кранъ съ помощью котораго можно сообщать водомерное стекло съ наружной атмосферой или, какъ говорятъ, продувать его и удостовѣряться въ исправномъ дѣйствіи.

Фиг. 142.



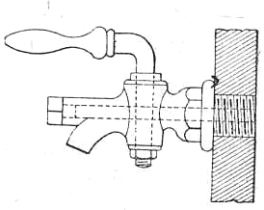
Кромѣ того въ нижней и въ верхней оправахъ имѣются краны для совершеннаго разобщенія водомѣрнаго стекла отъ котла — это бываетъ необходимо въ случае, если стекло лопнетъ, или если понадобится сменить стекло во время действія паровознаго котла.

Чтобы закрывать эти краны какъ можно быстрее, соединяюсь ихъ между собою струнком и приводятъ въ движеніе сразу одной и той же рукояткой.

Для предохранения отъ поврежденій осколками стекла, если оно лопнетъ, иногда окружаютъ его или проволочною решеткою, или оболочкой изъ латуннаго тонкаго листа съ прорезами.

Пробные краны (или клапаны) служатъ для наблюденія за уровнемъ воды въ томъ случае, когда водомерное стекло лопнетъ или не действуешь исправно.

Фиг. 143.

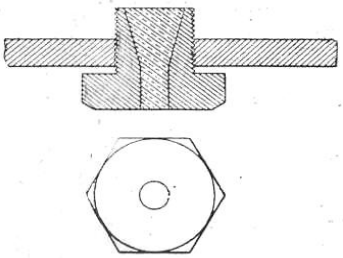


Краны эти — два или три, редко более — ставятся на такой высоте, чтобы черезъ верхній всегда вытекалъ паръ, а черезъ нижній — вода.

Устройство такихъ крановъ видно изъ фиг. 143,

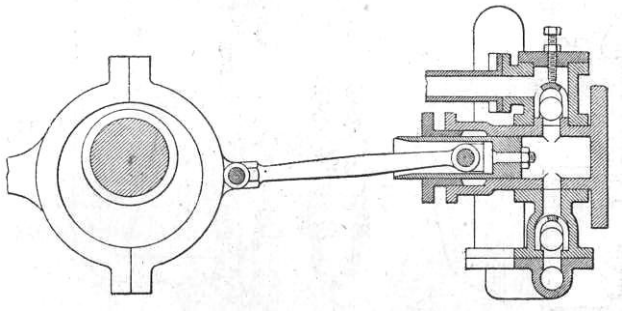
Самоплавящаяся пробка изображена на фиг. 144; такихъ пробокъ въ паровозномъ котлѣ ставится у насъ двѣ въ самой верхней части неба топки. Каналъ, просверленный по оси пробки, заливается свинцомъ (или сплавомъ свинца съ оловомъ, или же чистымъ оловомъ), и если небо топки обнажится, то заливка отъ дѣйствія огня въ топкѣ расплавляется, и паръ изъ котла, устремляясь въ топку, тушитъ огонь.

Фиг. 144.



Питательные насосы употребляются теперь довольно рѣдко, такъ какъ почти совершенно вытѣснены инжекторами. Поршень питательнаго насоса можетъ получать движеніе или отъ такой части паровоза, которая движется взадъ и впередъ (салазки), или отъ эксцентрика (фиг. 145).

Фиг. 145.



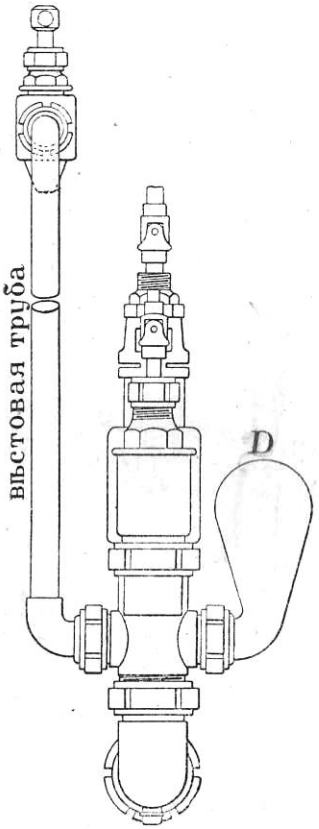
Инжекторы употребляются всасывающіе и невсасывающіе. Первые могутъ быть помѣщаемы гдѣ угодно, а вторые должны прикрѣпляться къ паровозу настолько низко, чтобы вода изъ тендера притекала къ нимъ сама собою вслѣдствіе силы тяжести.

Большею частью на паровозѣ имѣется два инжектора, по одному съ той и съ другой стороны котла. Невсасывающіе инжекторы располагаются подъ платформой будки паровоза, а всасывающіе въ самой будкѣ.

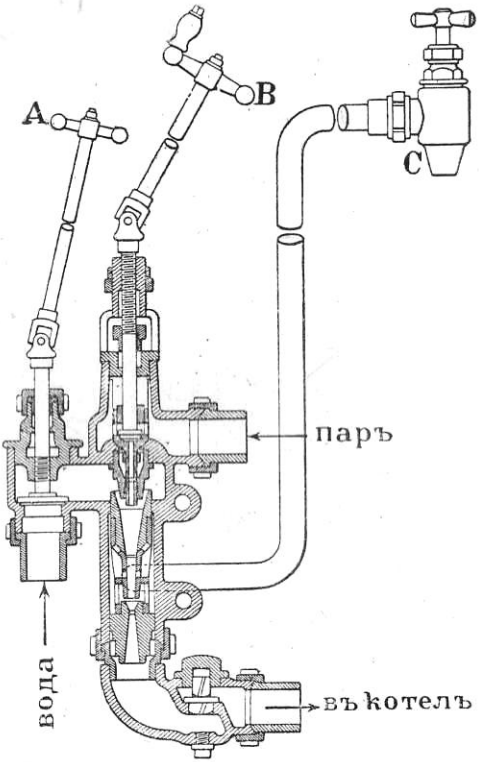
Такъ называемая вѣстовая трубка при невсасывающихъ инжекторахъ располагается обыкновенно вмѣстѣ съ инжекторомъ ниже пола будки машиниста, но ее можно вывести и наверхъ.

Фиг. 146, 147 представляютъ подобное устройство. Дѣйствіе инжектора такое: посредствомъ привода *A*

Фиг. 146.



Фиг. 147.

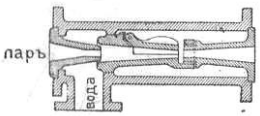


приподнимается клапанъ, и вода изъ тендера притекаетъ въ инжекторъ; затѣмъ съ помощью привода *B* пускается паръ изъ котла — большимъ или меньшимъ отверстіемъ, смотря по тому, сколько поворотовъ винта

будетъ сдѣлано рукояткою *B*; если пару пущено недостаточно, то излишняя вода будетъ вытекать черезъ вѣстовое отверстіе *C*, и это вытеканіе будетъ поддерживаться воздушнымъ колпакомъ *D*. Если же пару будетъ пущено слишкомъ много, то онъ будетъ вырываться черезъ отверстіе *C*, и слѣдовательно нужно будетъ на время прекратить его притокъ, а затѣмъ опять, попробовать пускать паръ такимъ образомъ, чтобы черезъ вѣстовое отверстіе не вытекало наружу ни пару, ни воды.

На фиг. 148 представленъ разрѣзъ инжектора такъ называемаго *restarting*, обладающаго тѣмъ свойствомъ, что при случайному вслѣдствіе какихъ бы то ни было причинъ, перерывѣ надлежащаго своего дѣйствія, онъ снова самъ собою начинаетъ опять дѣйствовать какъ слѣдуетъ. Здѣсь трубка, гдѣ происходитъ смѣшеніе пара съ водой, снабжена створкою на шарнирѣ, автоматически регулирующею выходное отверстіе.

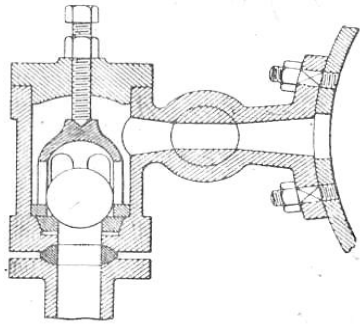
Фиг. 148.



Количество воды, подаваемой инжекторомъ въ единицу времени, зависитъ отъ площади наименьшаго сѣченія послѣдняго раструба, и номеръ или калибръ инжектора указываешь величину діаметра этого сѣченія въ милиметрахъ.

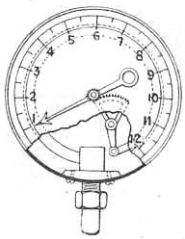
Вода изъ инжектора гонится въ котелъ по такъ называемой питательной трубкѣ, которая вступаетъ обыкновенно не прямо въ стѣнку котла, а въ особую, прикрѣпляемую къ стѣнкѣ котла, такъ называемую питательную коробку, съ клапаномъ и краномъ для разобщенія этой коробки отъ внутренней полости котла, на случай необходимости произвести въ питательныхъ приборахъ какія-нибудь исправления, когда котелъ подъ паромъ (фиг. 149).

Фиг. 149.

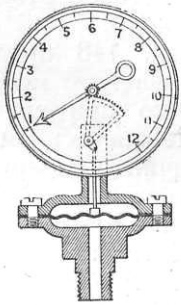


Манометръ указываетъ давленіе пара въ котлѣ либо благодаря большему или меньшему измѣненію формы и кривизны трубки съ овальнымъ сѣченіемъ (фиг. 150), либо благодаря прогибу волнистой пластинки (фиг. 151).

Фиг. 150.



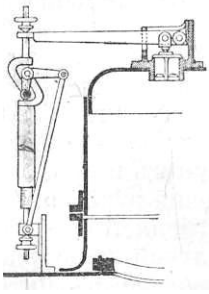
Фиг. 151.



Манометры обыкновенно указываютъ не упругость, или абсолютное давленіе пара, а действительное давленіе пара, за вычетомъ наружной атмосферы.

Предохранительные клапаны — не менѣе двухъ — устраиваются съ пружинной нагрузкой, при чемъ иногда дѣйствіе пружины усиливается рычажной передачей)такъ называемые пружинные вѣсы).

Фиг. 152.



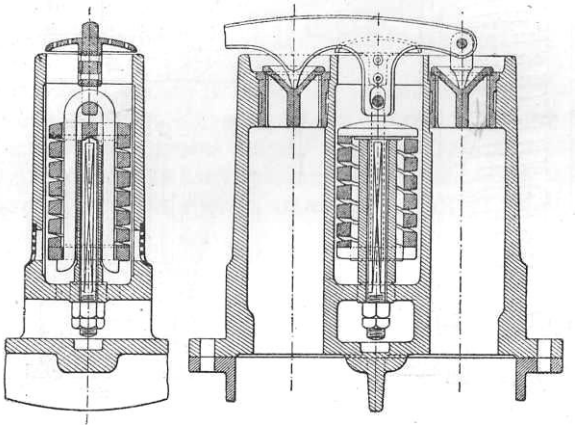
Фиг. 153.



Такъ какъ съ поднятьемъ клапана является уве личеніе натяженія пружины, то прибѣгаютъ иногда къ такимъ устройствамъ, гдѣ плечо дѣйствія пружины съ поднятіемъ клапана уменьшается; таково напр. устройство пружинныхъ вѣсовъ *Meggenhofen'* а (фиг. 152, 153).

Гораздо проще пружинныхъ вѣсовъ тѣ устройства, гдѣ клапаны прижимаются прямо сильной пружиной, какъ это было сдѣлано впервые *Ramsbottom'* омъ. На фиг. 154, 155 представлено подобное

Фиг. 154. Фиг. 155.

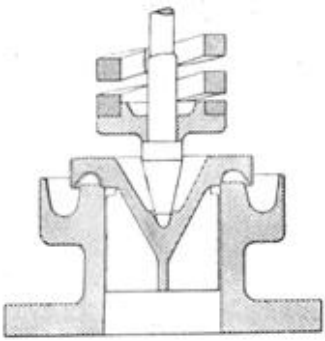


устройство; здѣсь оба клапана прижимаются одной пружиной, передающей свое давленіе посредствомъ скобы и рычага (такимъ образомъ, что даже въ случаѣ излома пружины, клапаны и рычагъ не могутъ быть выброшены паромъ).

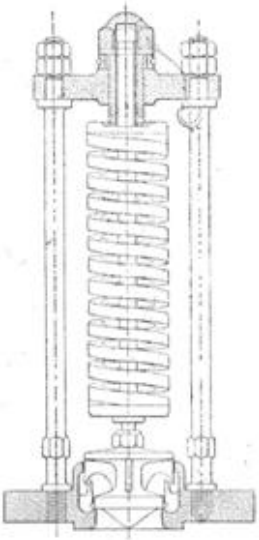
Что касается самихъ предохранительныхъ клапановъ, то, для обезпеченія ихъ правильнаго, непре-рывнаго дѣйствія при выпусканіи пара, необходимо придавать имъ такую форму, чтобы они, поднявшись на извѣстную высоту (не менѣе 3 мм,), не падали на свои гнѣзда и не прекращали выпуска пара. Хорошіе

результаты даютъ клапаны, устраиваемые по системѣ *Adams'*а, (фиг. 156) или *Lethuillier & Pinel* (фиг. 157, 158).

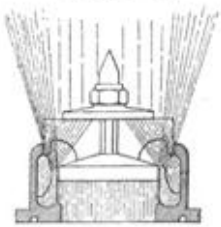
Фиг. 156.



Фиг. 157.

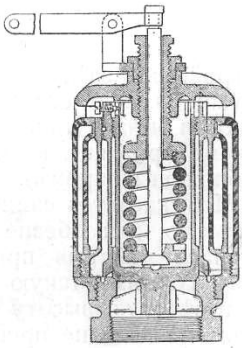


Фиг. 158.



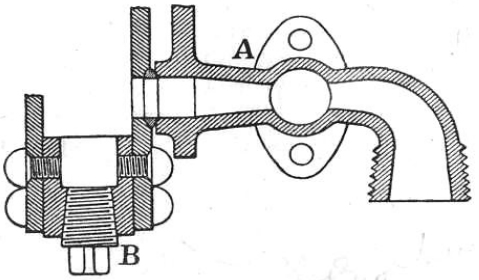
На фиг. 159 представленъ клапанъ, не производящей шума при вытекаши пара наружу, благодаря тремъ оболочкамъ съ мелкими отверстіями для выпуска пара; оболочки эти не мѣшаютъ регулировать извнѣ какъ натяженіе пружины, такъ и установку добавочнаго пояска для поддерживанья поднявшагося клапана самимъ паромъ; этотъ поясокъ образуетъ нижнюю часть муфты, навинчивающейся вверху на тѣло клапана и закрѣпляющейся на ней съ помощью установочнаго винта.

Фиг. 159.



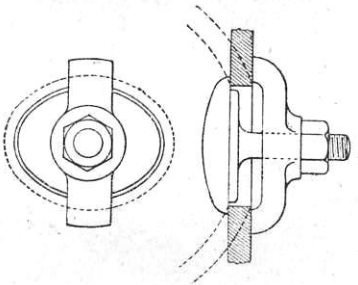
Для выпуска воды при промывкѣ и чисткѣ когда служитъ такъ называемый **спускной кранъ** (фиг. 160, *A*), укрѣпляемый въ нижней части топочной коробки. Черезъ этотъ же кранъ производятъ и наполненіе котла водой, съ помощью рукава отъ водопроводнаго крана.

Фиг. 160.



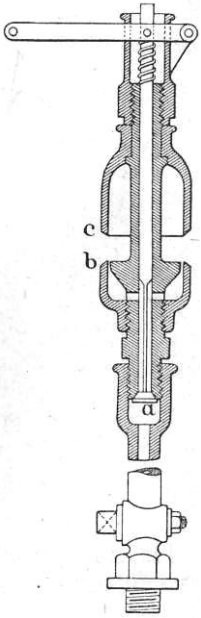
Собственно для очистки котла въ стѣнкахъ его устраиваютъ особыя отверстія, закрываемыя крышками, — **люки** и **лазы**. Если крышка должна прижиматься къ сѣдлу давленіемъ пара изнутри, то для вставки снаружи въ соотвѣтствующее отверстіе она, какъ и отверстіе, должна имѣть овальную форму (фиг. 161).

Фиг. 161.



Крышка укрѣпляется на мѣстѣ помощью скобы и гайки. Иногда отвергая для чистки котла закрываются бронзовыми или мѣдными пробками съ винтовой рѣзьбой и дѣлаются какъ въ стѣнкахъ котла, такъ и въ грязевомъ кольцѣ (фиг. 160, *B*).

Фиг. 162.

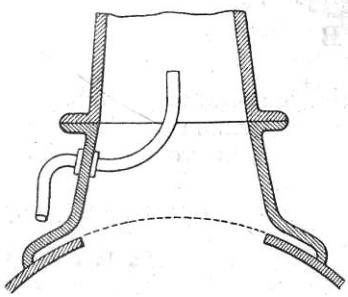


Необходимую принадлежность паровоза составляешь **сигнальный свистокъ** (фиг. 162). Нижняя часть колонки укрѣплена въ стѣнкѣ котла,

и если горизонтальнымъ рычагомъ опустить клапанчикъ а книзу, то паръ изъ котла будетъ вытекать черезъ узкую кольцевую щель *b* наружу и, встрѣчая при этомъ острые края колпачка *c*, будетъ производить сильный звукъ. Иногда устраиваютъ на паровозѣ два свистка — одинъ для сигналовъ въ пути, другой послабѣе для сигналовъ на пасажирскихъ станціяхъ.

Для усиленія тяги въ дымовую трубу, когда паровозъ стоитъ или во время хода съ закрытымъ регуляторомъ, пускаютъ, какъ уже упоминалось ранѣе, уже упоминалось ранѣе, паръ изъ котла въ дымовую трубу по такъ называемой форсовой трубкѣ, которая иногда прямо загнутымъ своимъ концомъ располагается по оси дымовой трубы и называется **сифономъ** (фиг. 163); теперь однако часто трубку эту вводятъ въ особое кольцо съ отверстіями, располагаемое у устья паровыпускной трубы какъ о томъ упоминалось выше (фиг. 124—127).

Фиг. 163.



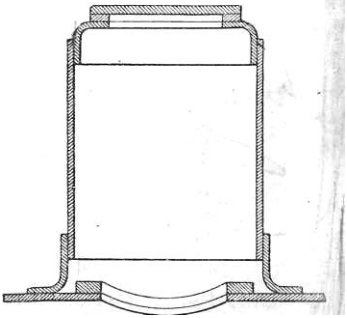
ПАРОВОЙ КУПОЛЪ.

На цилиндрической части котла большею частью устраивается вертикальный цилиндрически колпакъ

такъ называемый паровой куполъ (фиг. 164).

Онъ служить:

Фиг. 164.



1) для увеличенія парового пространства котла (объемъ купола обыкновенно раза въ 4 болѣе объема паровознаго цилиндра);

2) для собиранія по возможности свободнаго отъ влаги пара;

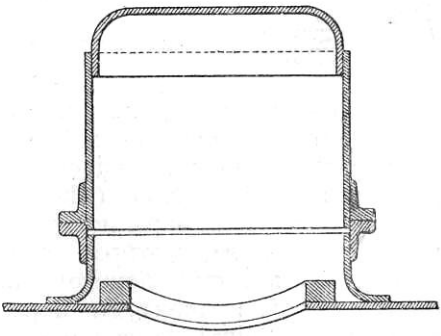
3) для помѣщенія въ немъ отверстія паропроводной трубы, по которой паръ пускается изъ котла въ цилиндры;

4) для доступа внутрь котла при осмотрѣ, чисткѣ и исправленіи его.

Поэтому всегда дѣлаютъ отверстіе, надъ которымъ помѣщается паровой куполъ, такой величины, чтобы рабочій могъ легко пролѣзть внутрь котла; котелъ въ этомъ мѣстѣ укрѣпляется иногда особымъ кольцомъ.

Нижняя часть купола приклепывается къ стѣнкамъ котла наглухо; съемною же дѣлается или верхняя плоская крышка (фиг. 164), или вся верхняя часть купола (фиг. 165), для того чтобы облегчить осмотръ конца паропроводной трубы и закрывающего его регулятора.

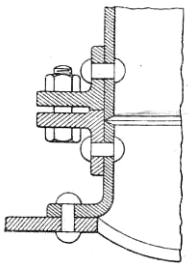
Фиг. 165.



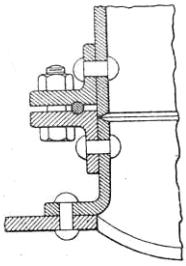
При этомъ къ верхней и нижней частямъ купола приклепываются уголковыя кольца, скрѣпляемыя между собою болтами. Эти уголковыя кольца дѣлаются съ очень толстыми фланцами (полями) для предупрежденія измѣненія ихъ формы (изгиба или искривленія) при подтягиваніи болтовъ. Плотность сопри-

касанія между кольцами достигается или тщательною обточкою ихъ и затѣмъ притиркою (фиг. 166).

Фиг. 166.



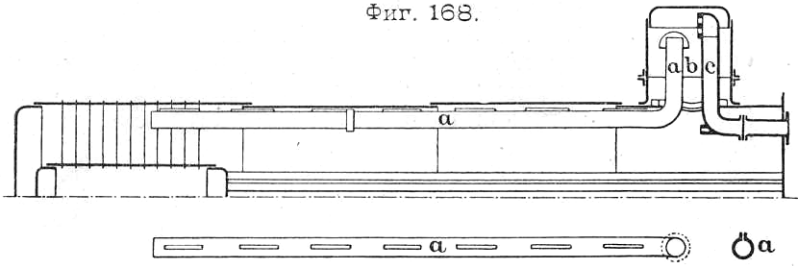
Фиг. 167.



или прокладкою мѣдной проволоки (фиг. 164).

Для того чтобы паръ, передъ поступленіемъ въ паропроводную трубу, освобождался отъ увлекаемой имъ влаги, прибѣгаютъ къ особымъ приспособленіямъ — осушителямъ пара, или сухопарникамъ. Одно изъ такихъ устройствъ представлено на фиг. 168: паръ,

Фиг. 168.



скопляющійся въ верхней части паровознаго котла, поступаетъ въ особую собирательную трубу *a* черезъ узкія щели, имѣющіяся на верхней ея производящей, и только этотъ (нѣсколько осушенный уже такимъ образомъ) паръ поступаетъ въ верхнюю часть парового купола, которая отдѣлена отъ парового пространства котла перегородкою *b*. На концѣ трубы *a* имѣется колпакъ, и паръ, выходя изъ трубы, долженъ измѣнить направленіе своего движенія, прежде чѣмъ попадаетъ въ паропроводную трубу *c*; при этомъ значительная часть увлеченной имъ влаги

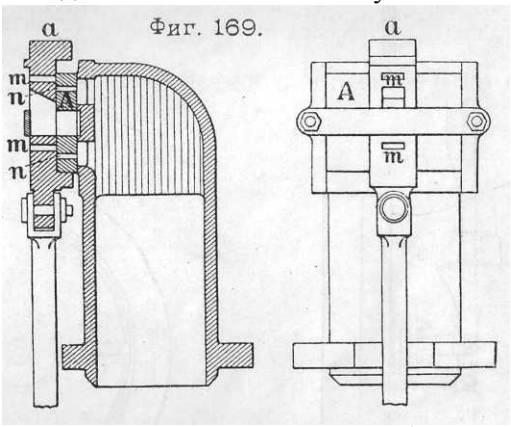
отдѣлится, упадетъ на перегородку *b* и черезъ имѣющіяся въ ней мелкія отверстія возвратится въ котелъ.

РЕГУЛЯТОРЪ.

Отверстіе для выхода пара изъ котла въ цилиндры закрывается регуляторомъ, который дѣлается или въ видѣ заслонки, или въ видѣ клапана.

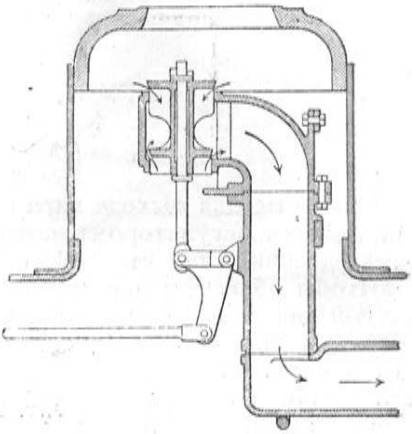
Чтобы облегчить передвиженіе заслонки, прижимаемой давленіемъ пара, регуляторъ большею частью устраиваютъ двойнымъ (фиг. 169): посредствомъ привода машинистъ изъ будки сообщаетъ движеніе сначала малому золотнику *a*, и не успѣетъ еще этотъ золотникъ верхнимъ своимъ выступомъ коснуться большого золотника *A*, какъ произойдешь совпаденіе ихъ отверстій *m* и *n*, благодаря чему паръ изъ котла будетъ имѣть возможность хотя и въ небольшомъ количествѣ проникнуть въ паропроводную трубу. Давленіе на большой золотникъ со стороны котла будетъ такимъ образомъ отчасти уравновѣшено, и передвигать его станешь уже легче: при дальнѣйшемъ движеніи внизъ маленькій золотникъ, увлекая за собою и большой, открываешь обѣ большія щели въ устьѣ паропроводной трубы.

Фиг. 169.

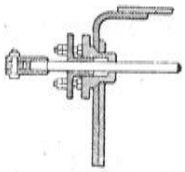


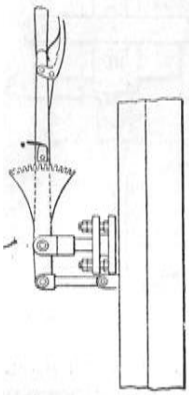
Клапанные регуляторы устраиваютъ. обыкновенно разгруженными, двойными (фиг. 170, 171): давленіе пара

Фиг. 170.

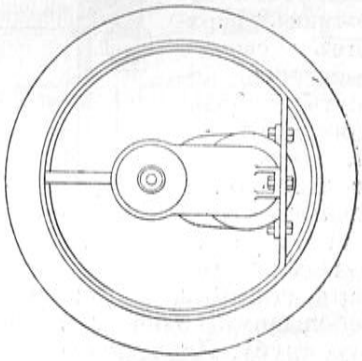


Фиг. 172.





Фиг. 173.



Фиг. 171.

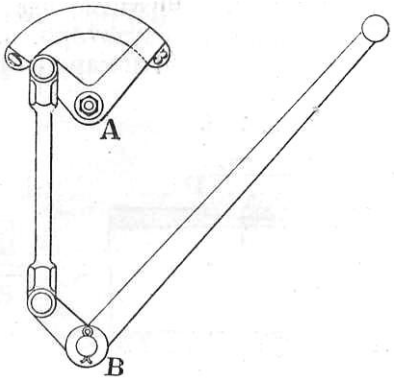
прижимаетъ однако клапанъ къ гнѣздамъ, такъ какъ у верхняго отверстія площадь нѣсколько больше, чѣмъ у нижняго.

Что касается привода къ регулятору, то рукояткой въ будкѣ машиниста сообщается длинному стержню, идущему къ концу паропроводной трубы, гдѣ помѣщенъ регуляторъ, или вращательное движеніе,

или же поступательное — послѣднее устройство обыкновенно употребляется въ американскихъ паровозахъ.

На фиг. 172, 173 представленъ такой приводъ къ регулятору посредствомъ стержня, передвигаемаго взадъ и впередъ помощью рычага; рычагъ этотъ можетъ быть закрѣпленъ въ желаемомъ положены посредствомъ защелки.

Фиг. 174.



Если горизонтальный стержень, идущій къ регулятору и подлежащій вращенію, расположенъ такъ высоко, что насадить прямо на конецъ его *A* (фиг. 174) ручку регулятора оказывается уже неудобнымъ, то ось вращенія ручки располагаютъ ниже, въ *B*, и передаютъ движеніе стержню посредствомъ струнки и колѣнчатыхъ рычаговъ.

ПАРОПРОВОДНЫЯ ТРУБЫ.

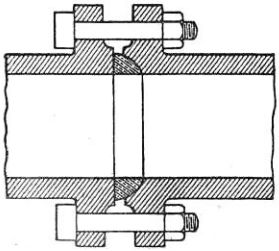
Паропроводныя трубы дѣлаются изъ чугуна, желѣза или мѣди. Трубы, идущія къ каждому изъ цилиндровъ должны имѣть сѣченіе, равное по крайней мѣрѣ площади паровпускного окна въ золотниковой коробкѣ (около $^1/_{12}$—$^1/_{15}$ площади поршня). Чѣмъ

выше предполагаемая скорость движенія паровоза, тѣмъ шире должны быть трубы, во избѣжаніе большого спада давленія.

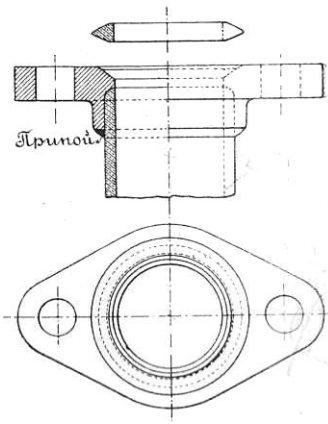
Передъ вступленіемъ въ котелъ эти трубы посредствомъ такъ называемаго тройника или крестовины соединяются въ одну трубу, сѣченіе которой должно быть вдвое больше, а конецъ этой трубы проводится въ верхнюю часть парового купола, гдѣ и закрывается регуляторомъ.

Отдѣльныя части паропроводныхъ трубъ, для обез-

Фиг. 175.



Фиг. 176.



печенія плотности стыковъ даже при нѣкоторомъ измѣненіи относительна положенія трубъ, соединяются между собою при посредствѣ кольцевыхъ бронзовыхъ прокладокъ съ округленными или скошенньши поверхностями (такъ называемое шаровое соединеніе — фиг. 175 — или чечевичное кольцо — фиг. 176).

МАШИНА ПАРОВОЗА.

ПАРОВЫЕ ЦИЛИНДРЫ

Цилиндры паровозные отливаются изъ чугуна и по расположенію своему относительно рамъ бываютъ наружные и внутренне.

Внутренніе цилиндры соединяются всегда въ одно цѣлое посредствомъ болтовъ и образуютъ такимъ образомъ жесткое, надежное скрѣпленіе передней части рамы паровоза.

При наружныхъ цилиндрахъ это не всегда бываетъ такъ; очень часто цилиндры составляютъ совершенно отдѣльныя другъ отъ друга части, и каждый изъ нихъ, независимо отъ другого прикрѣпляется къ продольнымъ листамъ рамы, которая такимъ образомъ требуетъ еще особыхъ скрѣпленій въ передней своей части.

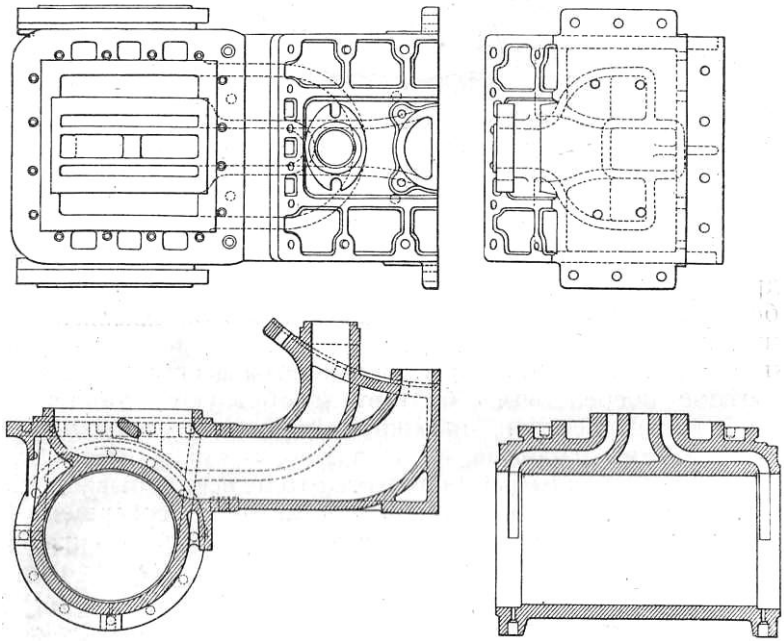
Въ этомъ отношеніи американская практика, пользующаяся наружными цилиндрами, заслуживаетъ вниманія:

1) потому что цилиндры обыкновенно отливаются такъ, чтобы безразлично ставиться какъ на правую, такъ и на лѣвую сторону паровоза;

2) потому что оба цилиндра всегда соединяются между собою болтами въ одно цѣлое и образуютъ надежное скрѣпленіе между продольными брусьями рамы.

Американскій паровозный цилиндръ представленъ на фиг. 177.

Фиг. 177.

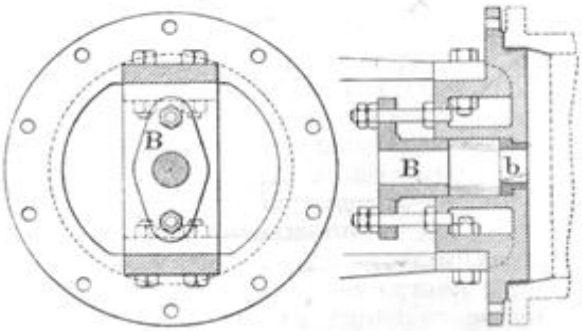


Внутри цилиндръ тщательно вытачивается такъ, чтобы на длинѣ, равной ходу поршня, была гладкая цилиндрическая поверхность; къ концамъ цилиндръ растачивается нѣсколько больше, на конусъ, для того чтобы при разработкѣ отъ тренія поршня не образовалось уступовъ.

Полость эта съ обѣихъ сторонъ закрывается крышками, отливаемыми также изъ чугуна.

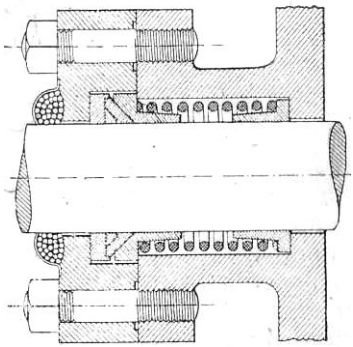
Фиг. 178 представляетъ заднюю крышку, которая

Фиг. 178.



на узкохмъ кольцевомъ пояскѣ тщательно обтачивается и притирается къ соответствующему пояску цилиндра, и затѣмъ поля (фланцы) крышки и цилиндра скрѣпляются (стягиваются) между собою помощью болтовъ или шпилекъ съ гайками. Къ этой крышкѣ прикрѣплены бруски, направляющіе движеніе головы поршневого стержня, и по оси цилиндра въ крышкѣ имѣется полость, образующая такъ называемый сальникъ поршневого стержня. Въ этотъ сальникъ закладывается прежде всего бронзовое кольцо (грундбукса) *b*, затѣмъ та или другая набивка (просаленная пенька, бумажная съ талькомъ плетенка, металическія кольца изъ антифрикціоннаго сплава), и наконецъ набивка эта подтягивается сальниковой крышкой *B* съ помощью гаекъ.

Фиг. 179.

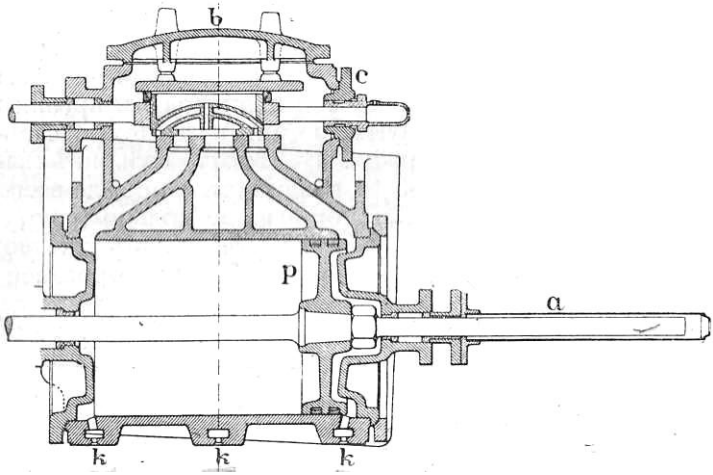


На фиг. 179 представленъ американскій сальникъ съ металической набивкой системы *Jerome*, гдѣ коническія кольца изъ бѣлаго метала благодаря пружинѣ постоянно нажимаютъ другъ на друга и,

прижимаясь къ поршневому стержню, обезпечиваютъ непроницаемость для пара. Кромѣ того здѣсь стержень, во избѣжаніе излишняго тренія и защемленія, можетъ несколько отклоняться отъ геометрической оси сальника, такъ какъ надлежащее положеніе стержня достаточно обезпечивается другими направляющими. Снаружи сальника сдѣлана кругомъ стержня обмотка изъ плетенки, прикрытой латуннымъ листомъ, — это обезпечиваетъ надлежащую смазку стержня.

Чтобы нижняя часть цилиндра не подвергалась истиранію отъ собственнаго вѣса поршня, поршневой стержень иногда продолжаютъ и по другую сторону поршня, и тогда для этого хвоста (дѣлающагося для легкости иногда полымъ, въ видѣ трубы) устраиваютъ также сальнпкъ въ передней крышкѣ цилиндра (фиг. 180); а чтобы хвостъ при движеніи своемъ не могъ никому причинить повреждения, на передней крышкѣ укрѣпляютъ трубку *a*,

Фиг. 180.



внутри которой хвостъ поршня и движется.

Въ нижней части цилиндра у обоихъ его концовъ дѣлаютъ отверстія *k*, закрываемыя такъ называемыми продувательными кранами; краны эти соединяются между собою струнками и могутъ приводиться въ движеніе всѣ сразу съ помощью привода изъ будки машиниста. Они служатъ для выпуска скопляющейся въ цилиндрахъ воды.

Передняя крышка на фиг. 180 прикрѣплена шпильками къ цилиндру не прямо, а посредствомъ желѣзнаго кольца,

и потому на крышку передаются только усилія, прижимающія ее къ цилиндру.

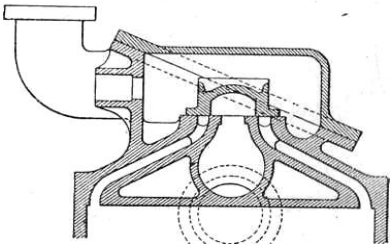
ЗОЛОТНИКОВАЯ КОРОБКА.

Одно цѣлое съ паровымъ цилиндромъ составляетъ золотниковая коробка—полость, въ которой движется парораспредѣлительпый золотникъ.

Коробка эта закрывается подобно цилиндру крышками, которыя (фиг. 180, *b* и *c)* ставятся или на притирке, или съ прокладкой изъ мѣдной проволоки либо мѣдной волнистой ленты, и притягиваются шпильками съ гайками.

Въ виду того, что постоянно необходимо держать столъ золотниковой коробки совершенно гладкимъ *), слѣдуетъ такъ устраивать крышку золотниковой коробки, чтобы доступъ къ столу для необходимыхъ работъ былъ удобенъ (фиг. 181).

Фиг. 181.



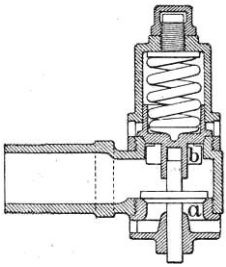
На золотниковыхъ коробкахъ теперь часто ставятъ особые клапаны, которые даютъ доступъ наружному воздуху внутрь цилиндра, когда тамъ происходить разрѣженіе, и такимъ об-

*) Его часто называютъ зеркаломъ.

разомъ предупреждаютъ всасываніе продуктовъ горѣнія и угольковъ въ цилиндры изъ дымовой коробки.

На фиг. 182 представлено сочетаніе подобнаго клапана (*a*) съ предохранительнымъ клапаномъ (*b*), котораго пружина устанавливается съ такимъ натяженіемъ, что какъ только (при работѣ, напримѣръ контрпаромъ) давленіе пара въ золотниковой коробкѣ превзойдетъ назначенный предѣлъ, то клапанъ *b* приподнимается и выпускаетъ паръ наружу.

Фиг. 182.



ЦЕНТРАЛЬНАЯ СМАЗКА ЗОЛОТНИКОВЪ И ЦИЛИНДРОВЪ.

Масленки, устанавливаемыя на цилиндрахъ и золотниковыхъ коробкахъ, приходится на ходу паровоза наполнять и пропускать смазку, чтобы предупредить заѣданіе трущихся частей, когда паровозъ идетъ съ закрытымъ регуляторомъ, и когда такимъ образомъ золотники и поршни движутся безъ смазывающаго дѣйствія пара.

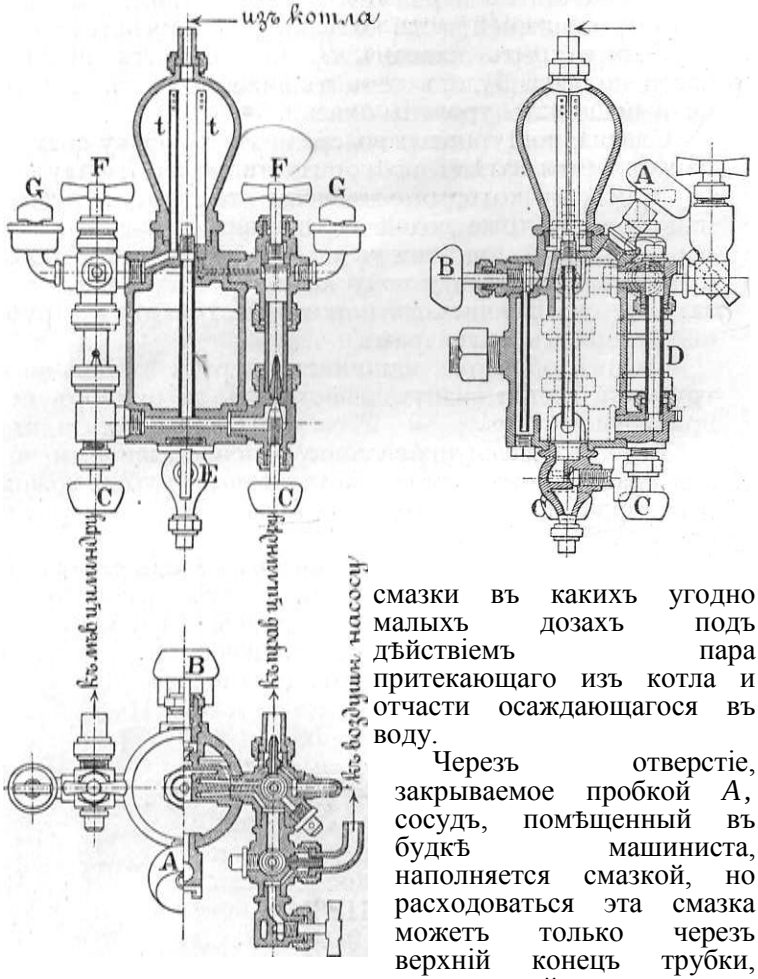
Подобныя манипуляціи съ масленками крайне неудобны, и потому часто прибѣгаютъ на паровозахъ къ устройству приспособленій для центральной смазки цилиндровъ и золотниковъ изъ будки машиниста.

Однимъ изъ лучшихъ устройствъ для этой цѣли

является приборъ американскаго завода *Nathan Manufacturing C°* (фиг. 183).

Дѣйствіе прибора основано на непрерывной подачѣ

Фиг. 183.



смазки въ какихъ угодно малыхъ дозахъ подъ дѣйствіемъ пара притекающаго изъ котла и отчасти осаждающагося въ воду.

Черезъ отверстіе, закрываемое пробкой *A*, сосудъ, помѣщенный въ будкѣ машиниста, наполняется смазкой, но расходоваться эта смазка можетъ только черезъ верхній конецъ трубки, помѣщенной внутри этого сосуда.

Сколько бы ни было смазки въ сосудѣ — много или мало,—нѣкоторое количество ея можно заставить

поступить въ вертикальную трубку, если впускать въ сосудъ воду и такимъ образомъ поднимать уровень смазки.

Верхній колпакъ находится посредствомъ трубки въ сообщеніи съ паровымъ пространствомъ котла, и потому въ нижней части колпака всегда имѣется вода.

Если открыть клапанъ *B*, то вода изъ нижней части колпака будетъ течь въ нижнюю часть масленки и поднимать уровень смазки.

Смазка, поступившая въ среднюю трубочку сосуда, направляется затѣмъ по горизонтальному каналу къ оправамъ, въ которыя вставлены стеклянныя трубки, наполненныя тоже водой вслѣдствіе осаждающагося пара, который притекаетъ по трубкамъ *t, t*. Смазка стремится черезъ эту воду капля по каплѣ вверхъ и затѣмъ, смѣшавшись съ паромъ, поступаетъ въ трубки, идущія къ цилиндрамъ.

Такимъ образомъ машинистъ черезъ стеклянныя трубочки всегда видитъ, дѣйствуетъ ли приборъ исправно или нѣтъ.

Теченіе смазки правильное и непрерывное, и количество ея, впускаемое въ стеклянныя трубки, можно регулировать какъ угодно посредствомъ клапанчиковъ *C*.

Уровень воды въ сосудѣ виденъ черезъ стекло *D*, а излишекъ воды выпускается посредствомъ коробки *E*.

Если какая нибудь, изъ стеклянныхъ трубокъ лопнетъ, то клапапомъ *F* она выключается, а смазка пускается тогда черезъ боковую чашечку *G*.

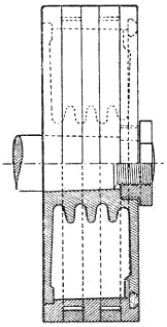
ПОРШНИ.

Поршни въ настоящее время дѣлаются большею частью въ видѣ тарелокъ съ высокими краями и

отковываются часто не изъ желѣза, а изъ стали (фиг. 180, *p*).

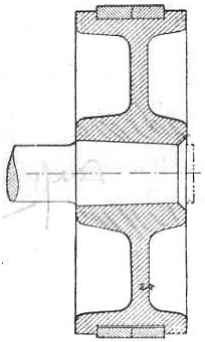
Иногда впрочемъ отливаются поршни изъ чугуна; на фиг. 184 представленъ очень легкій поршень изъ ковкаго чугуна.

Фиг. 184.



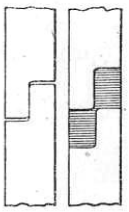
Порщень укрѣпляется на стержнѣ или посредствомъ гайки, навинчиваемой на винтовую нарѣзку стержня, или помощью винтовой нарѣзки въ тѣлѣ самого поршня, или же конической конецъ стержня притирается къ соответствующему гнѣзду въ поршнѣ и затѣмъ расклепывается, какъ показано на фиг. 185.

Фиг. 185.



Существенное значение относительно дѣйствія поршня имѣютъ поршневыя кольца, обыкновенно чугунныя; они вставляются въ особыя канавки, проточенныя на боковой поверхности поршня, и, вслѣдствіе пружинности своей прижимаясь къ стѣнкамъ цилиндра *), обезпечиваютъ плотность прикасанія поршня.

Фиг. 186.

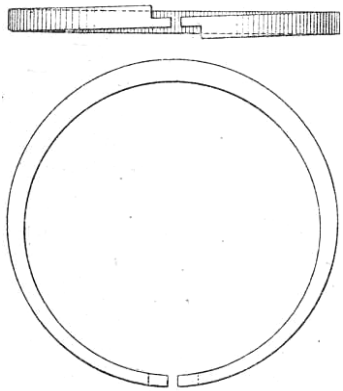


Кольца эти вытачиваются первоначально нѣсколько большаго діаметра, но потомъ въ нихъ дѣлаются вырѣзы (фиг. 186), такъ что при вставкѣ съ поршнемъ въ цилиндръ они могутъ быть сжаты до діаметра нѣсколько меньше діаметра цилиндра. Колецъ употребляютъ обыкновенно два, и прорѣзы ихъ располагаютъ такъ, чтобы они не были на одной производящей цилиндра. Хотя такое положеніе можетъ съ теченіемъ времени и не сохраниться, но это не будетъ имѣть особеннаго

*) Безъ нажатія добавочными пружинами (поршни такъ называемой *шведской* системы).

значенія, такъ какъ у каждаго кольца въ мѣстѣ разрѣза одинъ конецъ перекрываетъ другой.

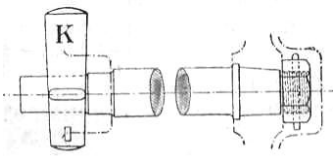
Фиг. 187.



Кольца дѣлаютъ или всюду одинаковой толщины, или для болѣе равномерной пружинности къ мѣсту разрѣза тоньше (фиг. 187).

Для изготовления колецъ отливаютъ изъ мягкаго чугуна цилиндръ или обечайку, обтачиваютъ ее снаружи такъ, чтобы діаметръ былъ нѣсколько больше діаметра парового цилиндра, а внутри вытачиваютъ настолько, чтобы получить желаемую толщину, и затѣмъ обечайка разрѣзается на отдѣльныя кольца требуемой высоты (ширины).

Фиг. 188.



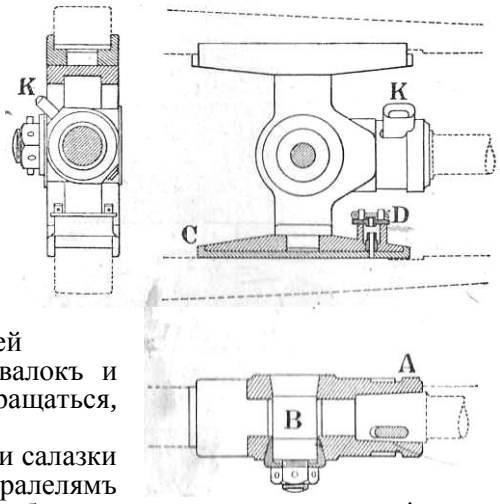
Поршневой стержень (иначе скалка, штокъ) отковывается обыкновенно изъ стали, и съ одной стороны укрѣпляется въ тѣлѣ поршня, какъ сказано выше, а другимъ концомъ въ салазкахъ (крейцкопфѣ), обыкновенно посредствомъ клина *К* (фиг. 188, 189).

САЛАЗКИ И ПАРАЛЕЛИ.

Салазки (крейцкопфъ, голова поршневого стержня) дѣлаются большей частью изъ желѣза, иногда изъ

стали, и со стороны поршня имѣютъ гнѣздо *A*, куда вставляется обточенный на конусъ и притертый конецъ поршневого стержня (фиг. 189).

Фиг. 189.



Для шарнирнаго соединения салазокъ съ ведущимъ шатуномъ служитъ валокъ *B*, закрепляемый въ салазкахъ гайками. Голова ведущаго шатуна посредствомъ бронзовыхъ вкладышей обхватываетъ этотъ валокъ и можетъ около него вращаться, какъ около цапфы.

Тѣ части, которыми салазки скользятъ по паралелямъ (полозья, башмаки), снабжаются для уменьшения тренія или сплошной заливкой изъ бѣлаго метала *), или бронзовыми наделками *C* съ бабитовой заливкой лишь въ особыя, сделанный для того углубления, разнаго вида.

Въ нижней части салазокъ имеется масленка *D*, которая служитъ для смазыванія нижней паралели; для смазыванія верхней паралели масленка укрепляется на самой этой паралели.

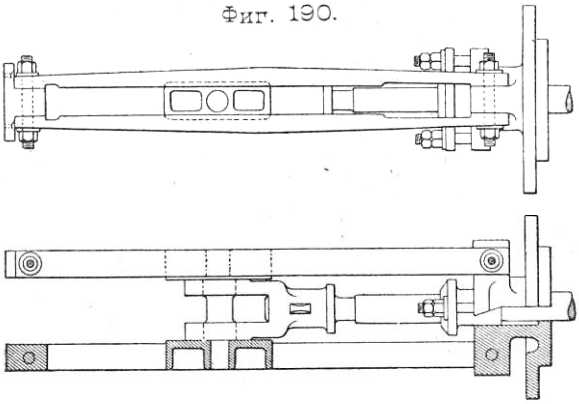
Чтобы дать возможность шатуну принимать наклонное положеніе, паралели приходится укреплять на довольно значительномъ разстоянiи другъ отъ друга

Въ техъ случаяхъ, когда мѣста для этого недостаточно, какъ напр. при внутреннихъ цилиндрахъ, при-

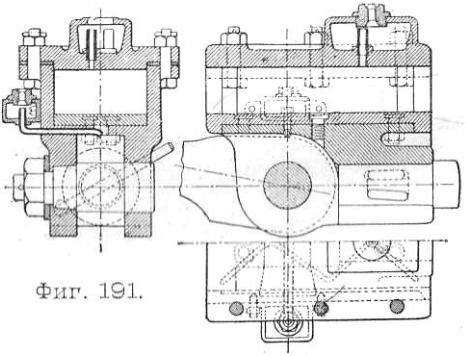
*) Бѣлый металъ или бабитъ — антифрикціонный сплавъ въ разныхъ пропорціяхъ изъ олова, свинца, сурьмы и мѣди (или только нѣкоторыхъ изъ этихъ металовъ, напр.: а) свинцуу—65, сурьмы—25, мѣди—10 частей вѣсовыхъ; б) олова—67, сурьмы—22, мѣди—11 на 100 вѣсовыхъ частей).

бѣгаютъ къ четыремъ паралелямъ вмѣсто двухъ (фиг. 190).

Фиг. 190.



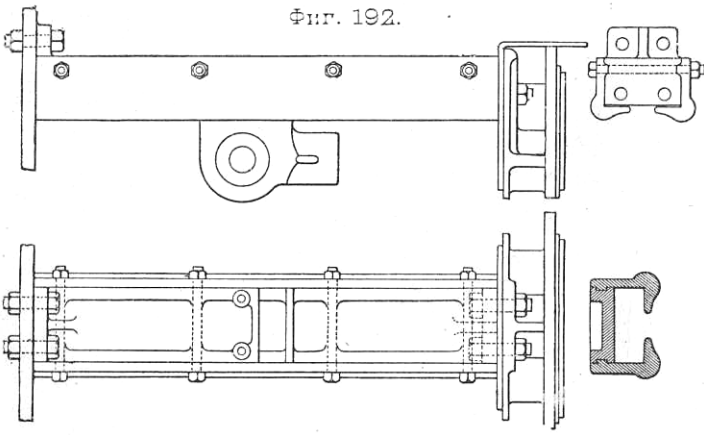
Теперь довольно часто устраиваютъ одинъ направляющи брусокъ, который обхватывается съ четырехъ сторопъ салазками (фиг. 191).



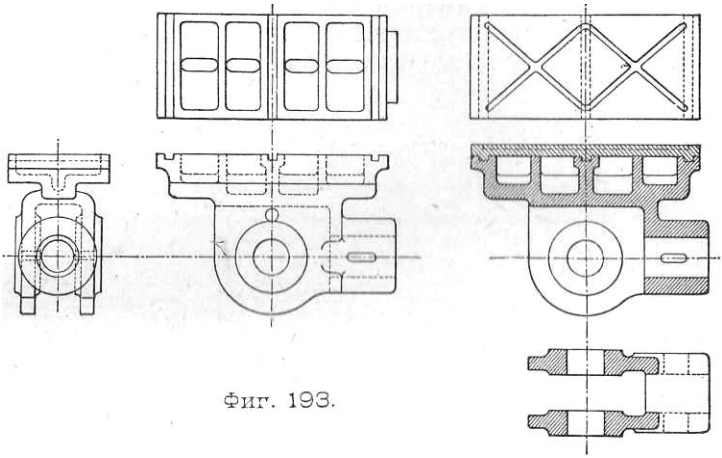
Фиг. 191.

Устройство, предложенное *Dean*'омъ (фиг.192), представляетъ паралели въ

Фиг. 192.



видѣ коробки, закрытой со всѣхъ сторонъ, кромѣ нижней: черезъ щель въ нижней стѣнкѣ проходитъ шейка салазокъ, и такимъ образомъ здѣсь трущіяся поверхности очень хорошо защищены отъ засоренія. Какъ салазки, такъ и направляющая коробка не представляютъ одного цѣлаго, а состоятъ изъ отдѣльныхъ частей: на стальную голову поршневого стержня сверху наложена чугунная доска (фиг. 193), а направляющая

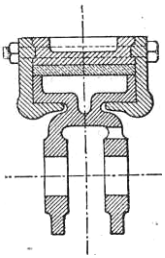


Фиг. 193.

коробка состоитъ изъ трехъ стальныхъ брусковъ соединенныхъ между собою болтами (фиг. 194).

Размѣры направляющихъ брусковъ (паралелей) должны быть таковы, чтобы они не давали прогиба подъ давленіемъ на нихъ салазокъ, и такъ какъ это давленіе достигаетъ наибольшей величины около середины хода, то нужно или закрѣплять паралели не по концамъ, а ближе къ серединѣ, или же при закрѣпленіи концами увеличивать поперечные размѣры отъ концовъ къ серединѣ.

Фиг. 194.



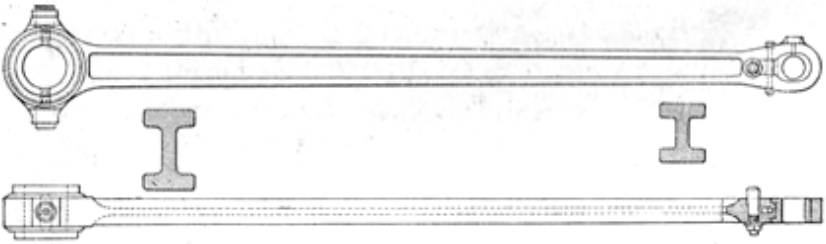
ШАТУНЪ ВЕДУЩІЙ.

Ведущій шатунъ (дышло) отковывается изъ желѣза или изъ стали и представляетъ собою брусокъ прямоугольнаго (фиг. 195) или двутавроваго сѣченія (фиг. 196).

Фиг. 195.



Фиг. 196.



Къ послѣдней формѣ, какъ уже упоминалось ранѣе, приходится прибѣгать тогда, когда требуется увеличить сопротивленіе шатуна, не увеличивая по возможности его вѣса, такъ какъ при большихъ скоростяхъ силы инерціи достигаютъ очень значительной величины и стремятся изогнуть шатунъ въ вертикальной плоскости *).

---

*) Провѣрить размѣры шатуна длиною L можно такъ: давленіе пара P на поршень даетъ силу $P/Cos\ \beta$, направленную вдоль по шатуну; но такъ какъ $Cos\ \beta$ мало отличается отъ 1.

Сѣченія ведущаго шатуна не одинаковы: у салазокъ площадь сѣченія наименьшая и затѣмъ постепенно возрастаетъ, иногда до самой головы у цапфы мотыля движущаго колеса, иногда же только до извѣстнаго

да кромѣ того давленіе при передачѣ отъ поршня на шатунъ уменьшается вслѣдствіе тренія, то можно принимать, что и при наклонномъ положеніи шатуна давленіе по оси его будетъ *P*. Усиліе это бываетъ то вытягивающимъ, то сжимающимъ, но мы остановимся только на томъ, которое сжимаетъ шатунъ и чтобы шатунъ не переломился вслѣдствіе продольнаго изгиба, нужно придать ему достаточные размѣры.

Если поперечное сѣченіе шатуна на половинѣ его длины представляетъ моментъ инерціи *I* относительно горизонтальной оси, а относительно вертикальной моментъ *I'*, то изъ формулъ *Euler*'а.

$$P = \frac{1}{m}\pi^2\frac{EI}{L^2}$$

и

$$P = \frac{1}{n}4\pi^2\frac{EI'}{L^2}$$

найдемъ степень безопасности отъ перелома равною той изъ величинъ *m* или *n*, которая меньше (шатунъ въ плоскости вертикальной можно раз сматривать какъ брусъ, свободно опирающейся концами, а въ плоскости, проходящей черезъ ось шатуна и перпендикулярной къ вертикальной плоскости, - какъ брусъ съ задѣланными концами; поэтому, при проектированіи слѣдуетъ разсматриваемому сѣченію шатуна придавать такую форму и размѣры. чтобы было

$$I = 4\,I',$$

т. е. напр., при прямоугольномъ сѣченіи такъ чтобы было $h = 2b$, гдѣ h высота, а b ширина сѣченія).

Напряженіе надо провѣрить въ двухъ сѣченіяхъ:

1) у малой головы

$$\sigma = \frac{P}{\Omega_0},$$

если Ω_0 площадь этого сѣченія;

2) въ опасномъ сѣченіи, т. е. тамъ, гдѣ изгибающій моментъ дѣйствующихъ на шатунъ силъ наибольшій; это будетъ въ разстояніи около $0{,}4L$, отъ большой головы шатуна, и если вѣсъ шатуна (безъ головъ) Q, то наибольшее значеніе момента отъ силъ инерціи и отъ собственнаго вѣса шатуна будетъ

$$M = \frac{1}{8}QL\left(\frac{r\omega^2}{2g}+1\right)$$

Напряженіе отъ изгиба будетъ

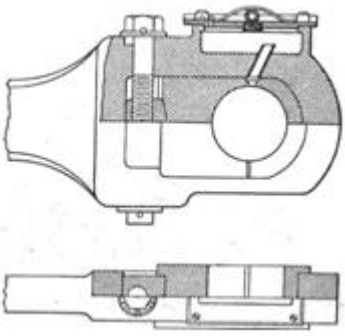
$$\sigma_1 = \frac{Mh}{2I}$$

разстоянія отъ этой цапфы: это объясняется тѣмъ, что силы инерціи, перпендикулярныя, къ длинѣ шатуна, въ совокупности съ другими дѣйствующими, на него силами, даютъ наибольшій изгибающій моментъ въ сѣченіи на разстояніи около 0,4*L*, отъ цапфы мотыля.

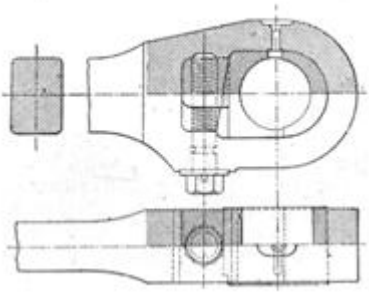
Что касается головъ шатуна, то онѣ дѣлаются или замкнутыми (въ видѣ рамки), или открытыми (въ видѣ вилки), или же въ видѣ хомута, обхватывающаго конецъ шатуна. Внутри помѣщаются вкладыши, которые по мѣрѣ износа могутъ нѣсколько передвигаться и такимъ образомъ всегда достаточно плотно (однако безъ защемленія) обхватывать цапфы.

На фиг. 197 представлена малая голова, обхватывающая

Фиг. 197.



Фиг. 198.



и кромѣ того отъ сжатія силою *P*

$$\sigma_2 = \frac{P}{\Omega}$$

если

h высота разсматриваемаго сѣченія,

Q площадь его.

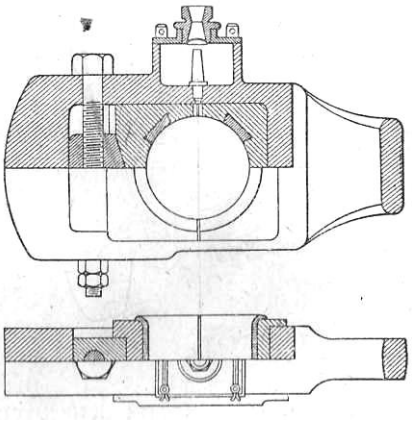
Слѣдовательно напряжете матеріала въ этомъ сѣченіи будетъ

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2,$$

(при чемъ мы оставляемъ въ сторонѣ нѣкоторое, правда небольшое, увеличеніе этого напряженія, производимое моментами тренія во вкладышахъ и моментомъ силы *P* относительно центра тяжести опаснаго сѣченія; въ виду этого и при шатунѣ, постепенно утоняющемся къ малой головѣ, можно про вѣрять указаннымъ выше способомъ сѣченіе какъ разъ по серединѣ длины шатуна, а не на разстояніи 0,4*L* отъ большой головы).

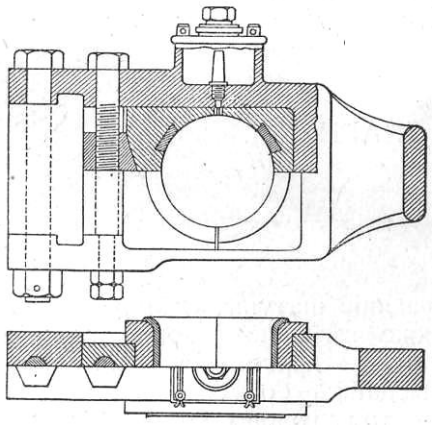
валокъ салазокъ, съ масленкой въ тѣлѣ ея; на фиг. 198 — такая же голова, но безъ масленки, получающая смазку изъ масленки, прикрѣпленной къ салазкамъ (фиг. 191); на фиг. 199 — большая голова ведущаго шатуна замкнутая, на фиг. 200 — большая голова открытая.

Фиг. 199.



Во всѣхъ этихъ головахъ установка вкладышей регулируется съ помощью клина, поднимаемаго или же опускаемаго посредством винта (клинья располагаютъ въ обѣихъ головахъ съ одной и той – же стороны цапфъ — или оба справа, или оба слѣва цапфъ, иначе нельзя было бы сохранить неизмѣнность разстоянія между центрами цапфъ).

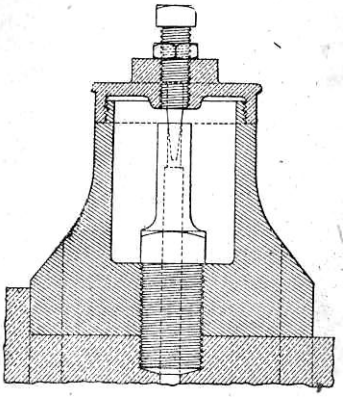
Фиг. 200.



На фигурѣ 196 у большой головы вставленъ цѣльный, кольцевой вкладышъ, какъ это часто практикуется въ американскихъ и въ англійскихъ парово-

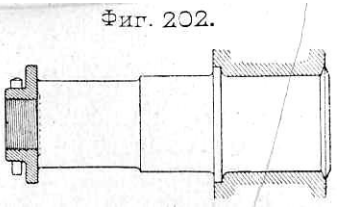
захъ. Масленка этой головы представлена на фиг. 201.

Фиг. 201.



Цапфы (иначе — пальцы, шипы, кулаки) отковываются или изъ стали, или изъ желѣза, которое съ поверхности затѣмъ цементуется

Фиг. 202.



(осталевывается). Тѣло цапфы не вездѣ одинаковой толщины (фиг. 202): переходы отъ одного діаметра къ другому не должны быть рѣзкими, и уступы должны всегда быть округленными. Хвостъ цапфы, вставляемой обыкновенно подъ довольно большимъ давленіемъ гидравлическаго преса, расклепывается въ холодномъ состояніи.

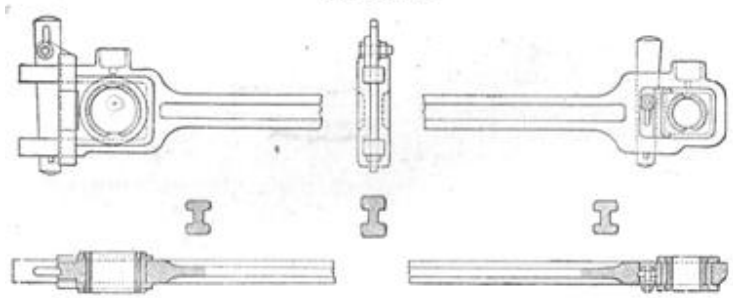
СПАРНИКИ.

Спарники (сдваивающіе шатуны, сцѣпныя дышла), иногда дѣлаются также къ одному концу съ большимъ сѣченіемъ, чѣмъ къ другому, а именно, когда діаметръ одной изъ цапфъ болѣе, чѣмъ діаметръ другой, и требуетъ потому головы гораздо большихъ размѣровъ.

Обыкновенно же спарники дѣлаются совершенно симетричными относительно середины — или одинаковаго сѣченія по всей длинѣ, или нѣсколько суживающимися къ концамъ. При опредѣленіи размѣровъ спарниковъ, въ особенности длинныхъ и движущихся съ большими скоростями, необходимо принимать въ расчетъ вліяніе силъ инерціи на изгибъ спарниковъ *).

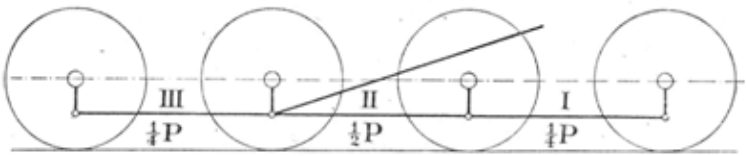
На фиг. 204 представленъ спарникъ для пасажирскаго паровоза съ двумя движущими осями: спарникъ этотъ двутавроваго сѣченія, вполнѣ симетричный отно-

Фиг. 204.



*) Чтобы провѣрить размѣры спарниковъ, надо опредѣлить сперва усиліе, передаваемое черезъ тотъ или другой спарникъ отъ ведущаго шатуна, вдоль котораго дѣйствуетъ давленіе *P*. Пусть у паровоза 4 спаренныхъ оси (фиг. 203),

Фиг. 203.



изъ которыхъ 3-ья ведущая; тогда черезъ спарникъ I будетъ передаваться усиліе *K*, равное $^1/_4$ *P:* черезъ II — $^1/_2$ *P,* а черезъ III — $^1/_4$ *P*.

Зная давленіе *K,* найдемъ изъ формулъ

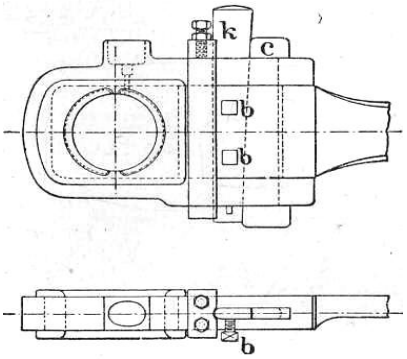
$$K = \frac{1}{m}\,\pi^2\,\frac{EI}{L^2}$$

и

$$K = \frac{1}{n}4\pi^2\frac{EI'}{L^2}$$

сительно середины, хотя одна голова и больше другой. Установка вкладышей дѣлается помощью клиньевъ, закрѣпляемыхъ установочными винтами. Вкладыши обыкновенно дѣлаются бронзовые, съ заливкою бѣлымъ металомъ. Здѣсь одна голова закрытая, а другая открытая.

Фиг. 205.



На фиг. 205 изображена голова иного устройства, а именно она представляетъ независимый отъ спарника хомутъ, который соединяется съ дышломъ помощью скобки *c* и натяжного клина *k*, закрѣпляемаго установочными винтами *b*.

степень безопасности отъ перелома (см. выноску стр. 229).

Затѣмъ опредѣляемъ напряжения:

1) въ сѣченіи у головы спарника (а именно въ самомъ маломъ, если спарникъ относительно середины своей длины не симетриченъ)

$$\sigma = \frac{K}{\Omega_0}$$

гдѣ Q_0 площадь этого сѣченія;

2) въ сѣченіи на гюловинѣ длины спарника

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2,$$

гдѣ

$$\sigma_2 = \frac{K}{\Omega}$$

а

$$\sigma_2 = \frac{1}{8}\frac{hLQ''}{2I}\left(\frac{r\omega^2}{g} + 1\right)$$

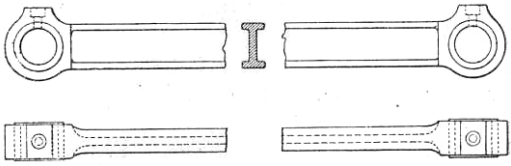
если

Q'' вѣсъ спарника,

h высота средняго его сѣченія.

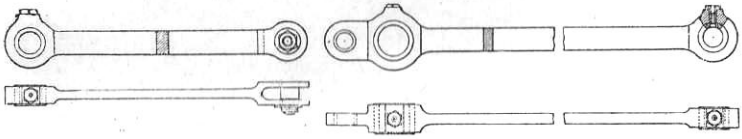
На фиг. 206 представленъ спарникъ, отличающійся чрезвычайною простотою: это двутавровый брусокъ одинаковаго по всей длинѣ сѣченія съ бронзовыми втулками (кольцевыми вкладышами), вставляемыми въ гнѣзда подъ давленіемъ гидравлическаго преса.

Фиг. 206.



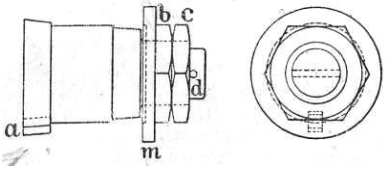
На фиг. 207 представлены спарники для паровоза съ 3 движущими осями: спарники эти прямоугольнаго

Фиг. 207.



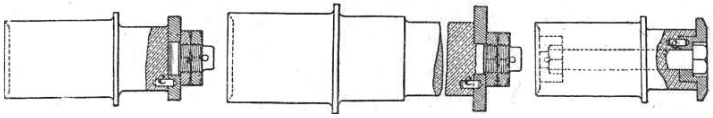
сѣченія и соединяются между собою посредствомъ валка, закрѣпленнаго помощью шпонки *a*, гайки *b*, контргайки *c* и разводного шплинта *d* (фиг. 208); здѣсь буквою *m* означена кольцевая подкладка (шайба) подъ гайку *b*.

Фиг. 208.



Спарники эти надѣваются на пальцы мотылей (цапфы), представленные на фигурахъ 209 — 211.

Фиг. 211. Фиг. 210. Фиг. 209.



Фиг. 209 — передній палецъ; здѣсь заслуживаетъ вниманія укрѣпленіе шайбы, образующей наружный заплечикъ для вкладыша; шайба эта закрѣплена болтомъ, проходящимъ сквозь весь палецъ мотыля;

фиг. 210 — средній, главный палецъ, на который надѣвается и голова ведущаго шатуна; наружный заплечикъ образуется здѣсь шайбой, закрѣпленной двумя гайками съ разводнымъ шплинтомъ;

фиг. 211 — задній палецъ, устроенный одинаково съ среднимъ; штифтъ *e,* какъ и въ другихъ пальцахъ, служить для предупрежденія вращенія надѣтыхъ на пальцы шайбъ *).

ЗОЛОТНИКИ.

Золотники отливаются изъ бронзы, фосфористой **) или простой ***), а иногда изъ чугуна или стали

---

*) Размѣры пальцамъ придаютъ такіе, чтобы давленіе отъ шатуна не превосходило 2,25 килогр. на кв. мм. площади, т.е.

$$P \leq 2{,}25\ \lambda\delta$$

гдѣ

P давленіе, передаваемое шатуномъ (въ килогр.),

λ длина пальца (въ мм.),

δ толщина его (почти такая же, какъ длина).

Чтобы уменьшить износъ вслѣдствіе тренія, пальцы иногда изготовляютъ изъ осталеваннаго желѣза (цементація на глубину 1-2 мм.).

**) Напр. такого состава:

Мѣди красной.....	77,85	100 вѣсов. частей
Олова……..11,00		
Цинка……7,65		
Фосфористой мѣди (съ 9% фосфору)..... …3,50		

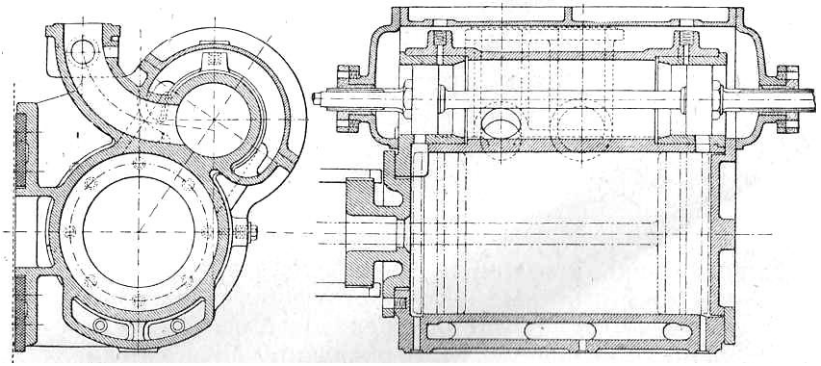
***) Напр.

Мѣди красной ……84		100 вѣсовыхъ частей.
Олова. 14		
Цинка 2		

По формѣ своей золотники бываютъ коробчатые и цилиндрическіе.

Цилиндрическіе золотники (фиг. 212) представляютъ незначительное сопротивленіе движенію, такъ

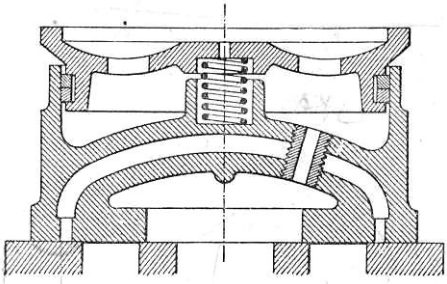
Фиг. 212.



какъ рабочій паръ, притекающій въ золотниковую коробку, впускается въ полость между золотниковыми поршнями, и давленія его на золотникъ взаимно уравновешиваются. Чтобы обезпечить плотность прилеганія поршней къ внутренней цилиндрической поверхности золотниковой коробки, необходимо снабдить ихъ разрѣзными пружинящими кольцами.

Коробчатые золотники устраиваются иногда такъ, чтобы паръ производилъ давленіе не на всю спину золотника, а только на часть ея; такимъ образомъ золотникъ является въ нѣкоторой степени разгруженнымъ или уравновѣшеннымъ.

Фиг. 213.

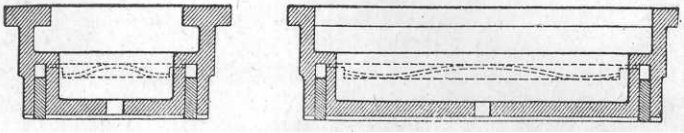


На фигурѣ 213 представленъ коробчатый уравновѣшенный золотникъ *Adams'* а. (съ каналомъ *Trick'*а для увеличенія отверстій, черезъ ко-

торыя впускается паръ). Здѣсь не только самъ золотникъ движется по гладкому столу (зеркалу) золотниковой коробки, но и шапка его, прижимаемая пружиной, скользить тоже по гладкой плоскости крышки золотниковой коробки.

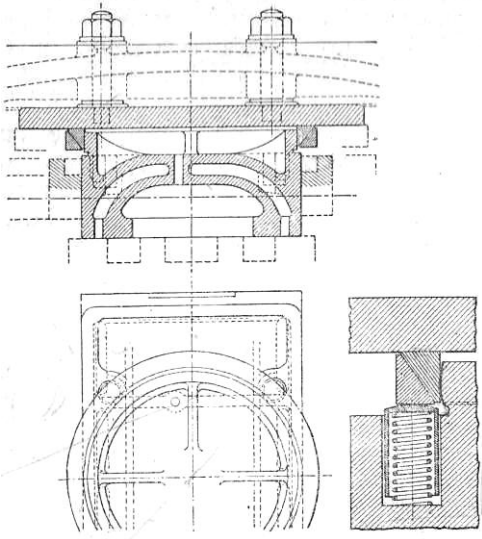
На фиг. 214 представленъ уравновѣшенный коробчатый

Фиг. 214.



золотникъ *Richardson'*а: въ спинѣ золотника простроганы канавки, куда вставлены четыре чугунныхъ прямыхъ пластинки, образующихъ прямоугольную рамку; рамка эта заложенными въ канавки пружинами прижимается къ зеркалу крышки золотниковой коробки, и такимъ образомъ паръ, притекающій изъ котла, не можетъ имѣть доступа къ спинѣ золотника.

Фиг. 215.



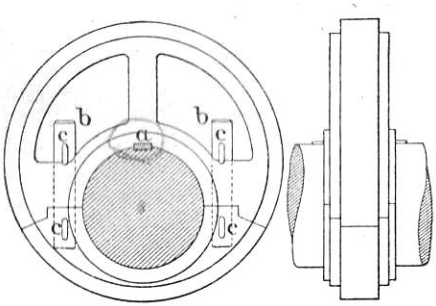
На фиг. 215 виденъ разгруженный золотникъ *Barries'*а съ коническими разрѣзными кольцами, изъ которыхъ наружное благодаря четыремъ винтовымъ пружинамъ прижимаетъ внутреннее кольцо къ верхнему зеркалу и къ закругленному выступу на спинкѣ золотника.

ЭКСЦЕНТРИКИ.

Эксцентрики, какъ извѣстно, играютъ ту же роль, что и мотыли, и удвоенный эксцентриситетъ опредѣляетъ собою, какъ и удвоенное плечо мотыля, ходъ той части, которой сообщается прямолинейное движете взадъ и впередъ (золотника).

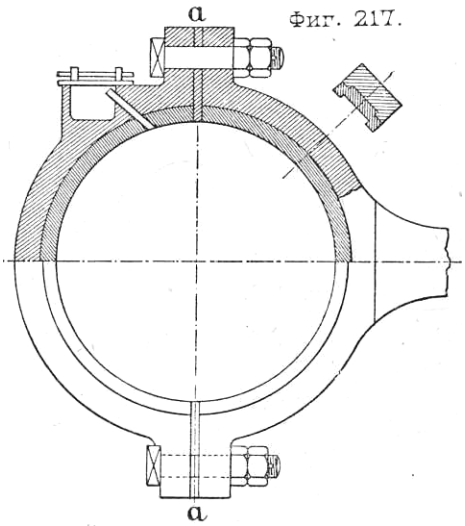
Эксцентрикъ состоитъ обыкновенно изъ чугунной или желѣзной шайбы, цѣльной или составной, укрѣпляемой на оси помощью шпонки *a* (фиг. 216).

Фиг. 216.



Здѣсь представлена составная шайба, которая соединяется въ одно цѣлое посредствомъ шпилекъ *b,b,* закрѣпляемыхъ чеками *c,c.*

Фиг. 217.



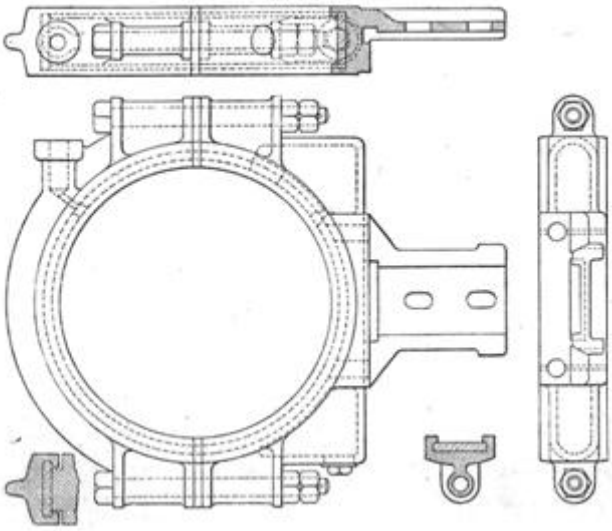
Какъ цапфа мотыля обхватывается вкладышами головы шатуна, такъ и эксцентриковая шайба плотно обхватывается эксцентриковымъ хомутомъ (фиг. 217) — съ бронзовымъ внутри кольцомъ или съ заливкою изъ бѣлаго метала. Въ *a* показаны прокладки: уменьшая ихъ толщину,

можно подтягивать болтами половинки хомута и уничтожать зазоръ, образующійся вслѣдствіе износа между эксцентрикомъ и кольцомъ хомута.

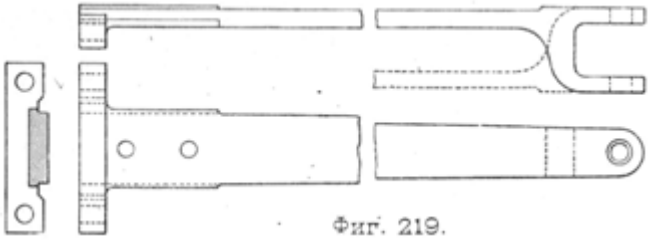
Эксцентриковые хомуты, какъ и эксцентриковыя тяги, отковываются обыкновенно изъ желѣза.

На фиг. 218 представленъ эксцентриковый хомутъ,

Фиг. 218.



отлитый изъ стали *), а на фиг. 219 соответствующая



Фиг. 219.

желѣзная эксцентриковая тяга, которая съ хомутомъ скрѣпляется помощью четырехъ болтовъ.

---

*) Многія части, отливавшіяся прежде изъ чугуна или отковывавшіяся изъ желѣза, въ настоящее время отливаются изъ стали (такъ называемой мягкой, съ сопротивленіемъ разрыву около 45 килогр. на кв. мм.); послѣ отливки издѣлие подвергается отжигу.

МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ПЕРЕМѢНЫ ПАРОРАСПРЕДѢЛЕНІЯ.

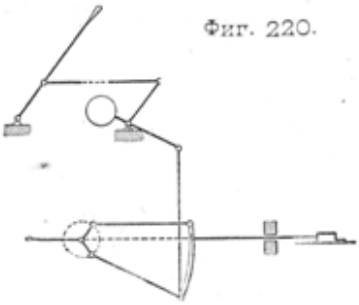
Механизмы для перемѣны пароraспредѣлентй очень разнообразны, но извѣстная кулиса Стефенсона примѣняется на паровозахъ и до сихъ поръ въ очень широкихъ размѣрахъ.

Для перемѣны пароraспредѣлеиія, т. е. измѣненія степени впуска пара и перекидки пароraспредѣленія, напр. съ передняго хода на задній, могутъ употребляться механизмы;

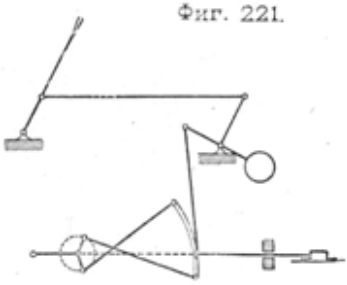
А) съ двумя эксцентриками и съ кулисой (Стефенсона, Гуча, Аллена);
Б) съ однимъ эксцентрикомъ и кулисой (механизмъ Вальсхарта)
В) съ кулисой безъ эксцентриковъ (механизмъ Джоя);
Г) съ эксцентрикомъ, перестанавливающимся въ поперечномъ направлены относительно оси (механизмъ Додса).

Кулиса *Stephenson*'а можетъ быть съ открытыми эксцентриковыми тягами (фиг. 220) или съ перекрещиваю-

Фиг. 220.



Фиг. 221.

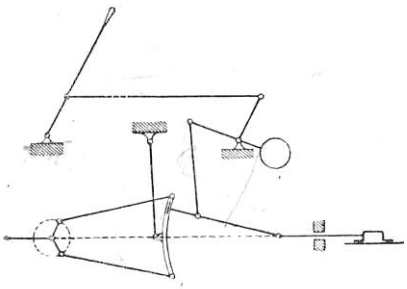


щимися (фиг. 221), точно такъ же, какъ и родственныя ей

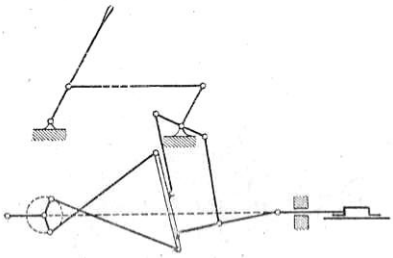
кулисы Гуча и Аллена.

Кулиса *Gooch'a.* (фиг: 222) отличается отъ кулисы *Stephenson'*а тѣмъ, что кривизной своей обращена въ противоположную сторону, и что, для установки механизма на требуемое парораспредѣленіе, движеніе помощью привода изъ будки машиниста сообщается не самой кулисѣ, а камню. Она отличается постояннымъ линейнымъ предваренiемъ впуска пара при всѣхъстепеняхъ расширенія.

Фиг. 222.



Фиг. 223.

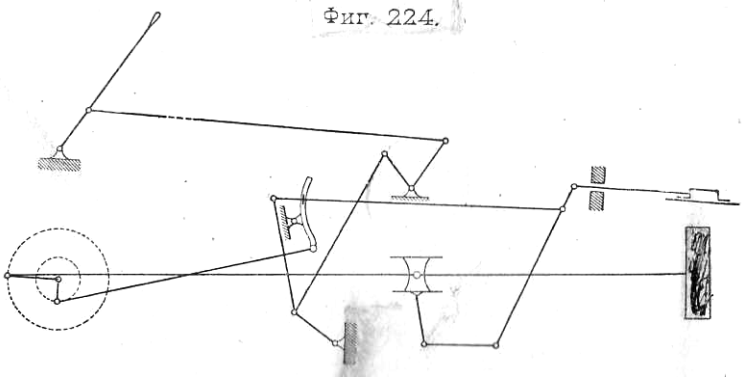


Кулиса *Allan'*а (фиг. 223) отличается прямолинейной формой и тѣмъ, что движеніе отъ привода сообщается и кулисѣ и камню одновременно.

Механизмъ *Walschaert'*а (очень употребительный на бельгійскихъ и отчасти на французскихъ ж. дорогахъ, въ послѣднее же время все болѣе и болѣе распространяющійся и въ Германіи, а также и у насъ, но подъ другимъ именемъ — *Heusinger von Waldegg'*а) схематически представленъ на фиг. 224: посредствомъ привода изъ будки мащиниста можно измѣнять положеніе камня въ кулисѣ, укрѣпленной такъ, что она можетъ качаться; на оси паровоза насаженъ эксцентрикъ или мотыль, сообщающій кулисѣ качательное движеніе и заставляющій при этомъ двигаться камень взадъ и впередъ; движеніе это передается золотнику, положеніе котораго кромѣ того еще мѣ-

няется и отъ передвижения салазокъ; такимъ образом

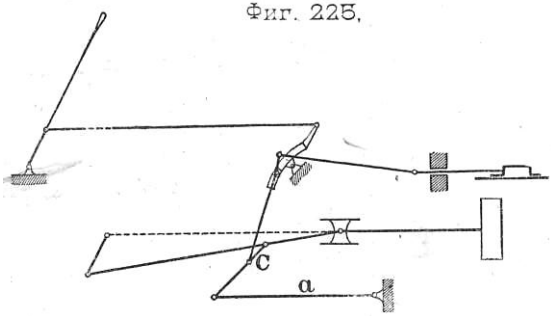
Фиг. 224.



положеніе золотника и движоніе его здѣсь являются результатомъ прямолинейнаго движенія поршня и качательнаго движенія кулисы, производимаго вращеніемъ эксцентрика.

На фиг. 225 представленъ механизмъ *Joy*'я безъ эксцентриковъ: положеніе золотника и движеніе его

Фиг. 225.

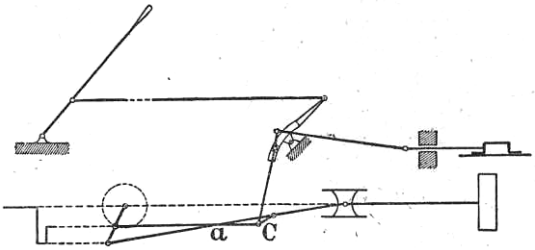


являются результатомъ движенія шатуна и кулиснаго

камня, а наклонъ кулисы можно измѣнять съ помощью привода изъ будки машиниста.

На фиг. 226 представленъ другой видъ механизма

Фиг. 226.

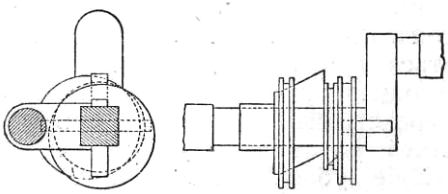


*Joy'*я, гдѣ струна *a* идетъ не къ неподвижной точкѣ, а прямо отъ точки *C* къ концу особаго плеча (контрмотыля) укрѣпленнаго спереди на цапфѣ мотыля. Движеніе точки *C*, а слѣдовательно и золотника, получается здѣсь почти такое же, какъ и при устройствѣ по фиг. 225.

Механизмъ *Joy'*я, какъ и механизмъ *Walschaert'*а, отличается постоянствомъ линейнаго предваренія впуска пара; но механизмъ *Walschaert'*а не представляетъ тѣхъ недостатковъ, которые присущи механизму *Joy'*я: вслѣдствіе того, что на ходу паровоза ресоры, на которыхъ подвешена рама съ цилиндрами и золотниками, подвержены качаніямъ, правильность пароораспредѣленія въ механизмѣ *Joy'*я можетъ сильно нарушаться, такъ какъ камень получаетъ движение отъ шатуна, одинъ конецъ котораго участвуетъ въ движеніяхъ рамы на ресорахъ, а другой нѣтъ; кромѣ того камень дѣлаетъ постоянно значительное передвиженіе по кулисѣ, что ведетъ къ износу ихъ; наконецъ, при сильномъ наклонѣ кулисы камень можетъ встрѣчать значительное сопротивленіе движенію, и вслѣдствіе этого могуть происходить изломы или поврежденія въ частяхъ механизма.

Фиг. 227 представляетъ механизмъ *Dodds'*а когда-то бывшій въ употребленіи на англійскихъ паровозахъ: здѣсь перемѣна парораспредѣленія производится непосредственной перестановкой эксцентриковъ поперекъ оси съ помощью клиньевъ, при чемъ изменяется ихъ эксцентриситетъ. Подобный механизмъ съ перестанавливающимися относительно оси эксцентриками былъ разработанъ у насъ инженеромъ кн. *А. П. Бебутовымъ* *).

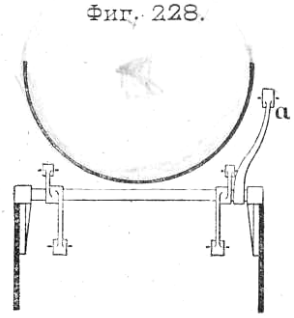
Фиг. 227.



ПРИВОДЫ КЪ ПАРОРАСПРЕДѢЛИТЕЛЬНЫМЪ МЕХАНИЗМАМИ

Колѣнчатые рычаги, къ которымъ помощью струнокъ подвѣшиваются кулисы и тяги съ камнями, укрѣпляются на одномъ поперечномъ валу, лежащемъ своими цапфами въ гнѣздахъ, прикрѣпленныхъ къ рамѣ паровоза (фиг. 228).

Фиг. 228.



Этому переводному валу сообщается вращеніе посредствомъ укрѣпленнаго на немъ плеча *a*, отъ котораго идетъ тяга въ будку машиниста.

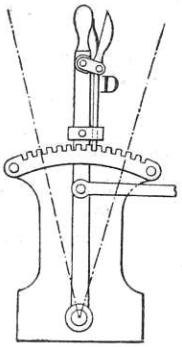
---

*) *D. Joy* предложилъ подобнаго рода механизмъ съ гидравлической передачей (Min. Proc. Inst. Mech. Eng., London, 1894, № 2).

Движеніе переводной: тягѣ можно сообщать различно.

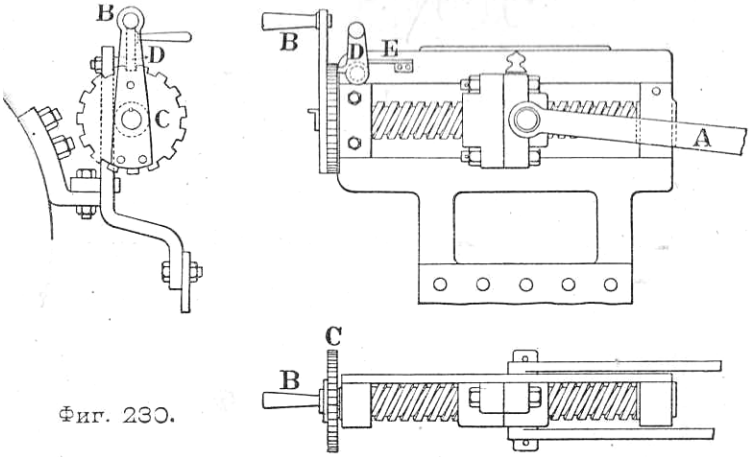
На фиг. 229 представленъ такъ называемый переводный или перекидной рычагъ, который машинистомъ въ ручную

Фиг. 229.



можетъ передвигаться вдоль зубчатой дуги и съ помощью защелки *D*, прижимаемой посредствомъ пружины, устанавливаться въ желаемомъ положеніи: крайніе зубья дуги соотвѣтствуютъ наибольшей степени впуска пара при переднемъ и при заднемъ ходѣ, а среднее положеніе рычага соответствуем среднему положенію камня въ кулисѣ.

Для того чтобы постепенно переходить отъ одной степени впуска къ другой, а также чтобы облегчить машинисту переводъ парораспредѣлительнаго механизма изъ одного положенія въ другое, вмѣсто рычага употребляютъ очень часто винтъ (фиг. 230): конецъ переводной тяги *A* соединенъ съ



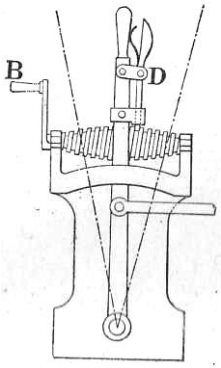
Фиг. 230.

гайкой, винтъ который концами своими лежитъ въ гнѣздахъ особой станины; движеніе гайкѣ сообщается

поворачиваніемъ винта помощью ручки *B,* а для закрѣпленія винта въ желаемомъ положеніи служитъ зубчатое колесо *C* и защелка *D,* нажимаемая пружиной *E*.

Чтобы дать возможность не только постепенно, но и быстро переводить парораспредѣленіе, прибѣгаютъ къ сочетанію рычага съ винтомъ.

Фиг. 231.



Простѣйшее такое устройство представлено на фиг. 231: винтъ здѣсь къ срединѣ толще, и перекидной рычагъ сцѣпляется съ нимъ посредствомъ защелки *D*; для быстрой перекидки парораспредѣленія нужно, нажимая на пружину, освободить защелку и затѣмъ перевести рычагъ впередъ или назадъ; для медленнаго же и постепеннаго перевода слѣдуетъ вращать ручку *B,* и тогда защелка *D,* входящая въ винтовую нарѣзку, заставитъ рычагъ перевести механизмъ въ требуемое положеніе.

Наконецъ, иногда прибѣгаютъ къ помощи пара для перестановки парораспредѣленія. Въ основѣ такихъ приспособлений обыкновенно лежитъ принципъ поработителя (servo-moteur), т. е. паровой движитель самъ собою останавливается въ желаемомъ положеніи.

Схема подобнаго устройства представлена на фиг. 232; здѣсь *A* переводный рычагъ; *B* паровой небольшой цилиндръ съ золотниковой коробкой *C*, и поршень этого цилиндра насаженъ на одинъ стержень съ поршнемъ цилиндра *D,* наполненнаго водой, которая можетъ переходить съ одной стороны поршня на другую лишь при извѣстномъ положеніи золотника *E*; затѣмъ поршневой стержень соединенъ съ. колѣнчатымъ рычагомъ *a,* насаженнымъ на переводномъ валу. Только заштрихованныя сочлененія неподвижны, всѣ остальныя могутъ измѣнять свое положение. .

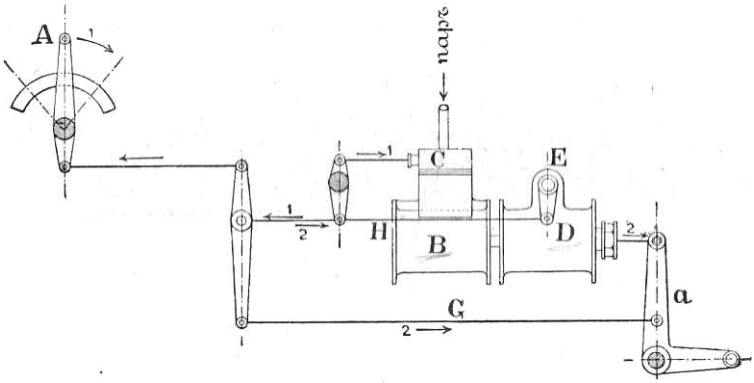
Если машинистъ станетъ передвигать рычагъ *A,* положимъ вправо (впередъ), то золотникъ въ коробкѣ *C* будетъ тоже передвигаться вправо, и паръ полу-

читъ доступъ въ цилиндръ *B* слѣва; при этомъ золотникъ *E* повернется и установитъ сообщеніе между той и другой стороной водяного цилиндра; поршень, двигаясь вправо, заставитъ колѣнчатый рычагъ повернуться по направленію часовой стрѣлки; но при этомъ движеніи струна *G* сообщитъ движеніе струне *H*, вслѣдствіе чего золотникъ *E* опять станетъ въ среднее положеніе, и такъ какъ вода уже не будетъ имѣть возможности уходить передъ поршнемъ, то вся система остановится въ этомъ положены.

На передвиженіе лишь золотниковъ съ помощью тягъ здѣсь требуется отъ машиниста очень небольшое усиліе сравнительно съ тѣмъ, которое необходимо при простомъ рычагѣ, и перестановка парораспредѣленія можетъ производиться очень быстро.

Стрѣлками со значкомъ 1 на фиг. 232 показаны

Фиг. 232.



движенія, соотвѣтствующія движенію руки машиниста; а стрѣлками со значкомъ 2 — движенія, соотвѣтствующія дѣйствію пара.

ПЕСОЧНИЦА.

Машинѣ паровоза приходится работать при очень различныхъ условіяхъ, при чемъ сила тяги, обнаруживаемая ею на окружности движущихъ колесъ, всегда должна быть меньше такъ называемаго сцѣпленія колесъ съ рельсами. На величину этого сцѣпленія можетъ оказывать сильное вліяніе состояніе поверхности рельсовъ, и напр. въ гололедицу сцѣпленіе можетъ значительно понижаться (до $^1/_{20}$).

Чтобы увеличивать искусственно сцѣпленіе, когда въ этомъ встрѣтится надобность, большею частью прибѣгаютъ къ подсыпкѣ песку на рельсы подъ движутся колеса.

Песокъ долженъ браться сухой, просѣянный, и для помѣщенія его на паровозѣ устраивается особый ящикъ, располагаемый обыкновенно на цилиндрической части котла.

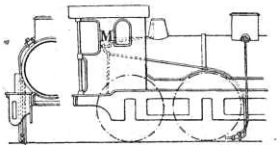
Отъ ящика идутъ по обѣ стороны паровоза трубки, подводящія песокъ какъ разъ подъ колеса.

Отъ времени однако даже совершенно сухой песокъ слеживается, и съ трудомъ можно посредствомъ особыхъ приспособленій (ворошилокъ) заставить его собственною тяжестью спускаться изъ песочницы внизъ.

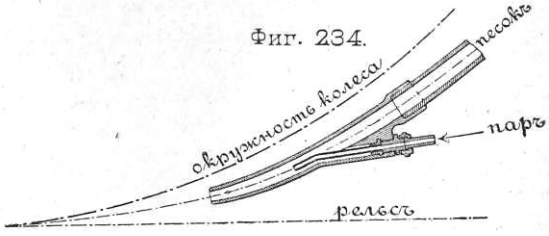
Въ виду этого теперь часто прибѣгаютъ къ дѣйствію пара или сжатаго воздуха для того, чтобы производить въ проводящихъ песокъ трубкахъ разрѣженіе и присасываніе песку изъ песочницы.

На фиг. 233 представлено расположеніе песочницы

Фиг. 233.



Фиг. 234.



и трубокъ, проводящихъ песокъ и паръ; въ *M,* подъ рукою у машиниста, находится кранъ, чтобы пускать паръ изъ котла въ трубки песочнаго эжектора.

Самый песочный эжекторъ (*Greskam'*а) изображенъ въ большемъ масштабѣ на фиг. 234. Благодаря эжектору, струя песку съ паромъ и воздухомъ получаетъ надлежащее направленіе, и дѣйствіе песочницы гораздо лучше, чѣмъ при выпаданіи песку, только вслѣдствіе собственнаго его вѣса.

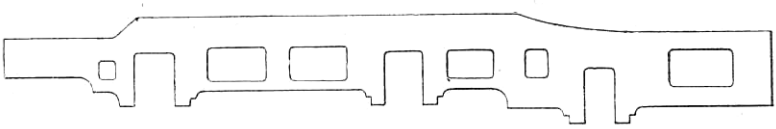
ХОДОВЫЯ ЧАСТИ ПАРОВОЗА.

РАМА ПАРОВОЗА.

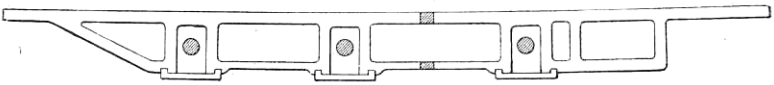
Рамы паровозовъ по своему устройству представляютъ два типа;

а) европейскій (фиг. 235)
б) американскій (фиг, 236)

Фиг. 235.



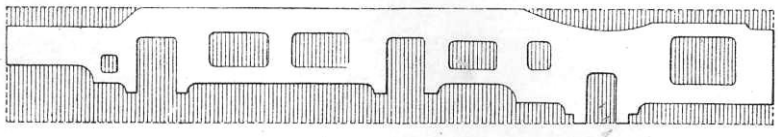
Фиг. 236.



Въ европейскомъ типѣ продольный балки рамы дѣлаются изъ толстаго (25—30 мм,) прокатного листового

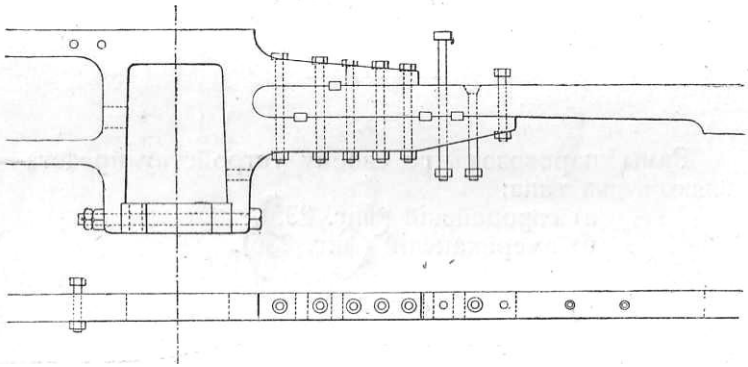
желѣза (сварочнаго или литого), съ вырѣзами, какъ это показано на фиг. 237.

Фиг. 237.



Въ американскомъ типѣ продольный балки дѣлаются изъ толстыхъ прямоугольныхъ брусковъ сварочнаго желѣза, которые свариваются между собою подъ ударами парового молота или скрепляются помощью шпонокъ и болтовъ (фиг. 238).

Фиг. 238.



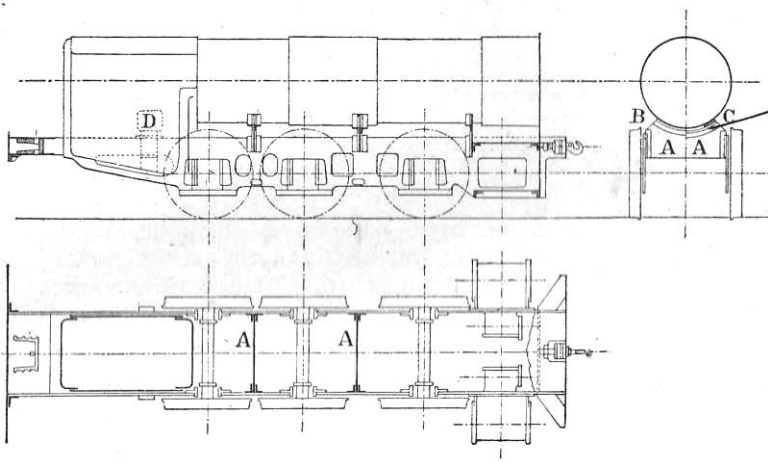
Продольныя балкарамы не только спереди и сзади, но и въ нѣсколькихъ промежуточныхъ пунктахъ соединяются между собою посредствомъ поперечныхъ связей, и соединенія эти должны быть таковы, чтобы рама имѣла достаточную жесткость.

Котелъ и цилиндры укрѣпляются на рамѣ помощью болтовъ при чемъ котелъ неизмѣнно скрѣпляется съ рамой лишь спереди, средняя же часть его лежитъ свободно на поперечныхъ скрѣпленіяхъ рамы (такъ называемыхъ подбрюшинах), а задняя опирается на

продольныя балки рамы такъ, чтобы котелъ могъ свободно удлиняться и укорачиваться.

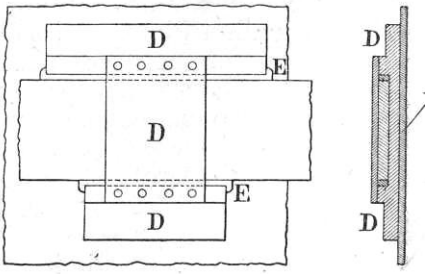
На фиг. 239 представленъ европейскій типъ рамы съ котломъ и цилиндрами; котелъ въ средней части

Фиг. 239.



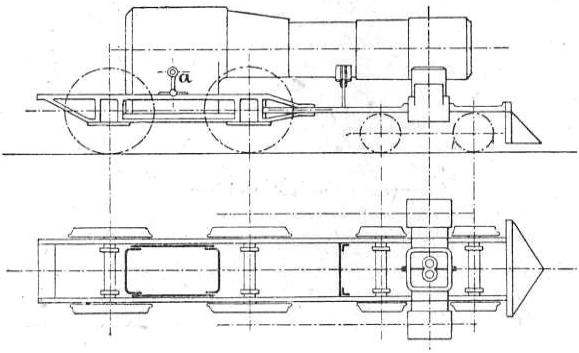
свободно можетъ скользить по уголкамъ *B*, укрѣпленнымъ на подбрюшинахъ *A*, или по особымъ, накладкамъ *C* на этихъ уголкахъ. Въ задней же части котелъ снабженъ особыми надѣлками *D* (карманами), обхватывающими продольные листы рамы и скользящими по нимъ иногда особыми прокладками *E* (большею частію бронзовыми) — фиг. 240.

Фиг. 240.



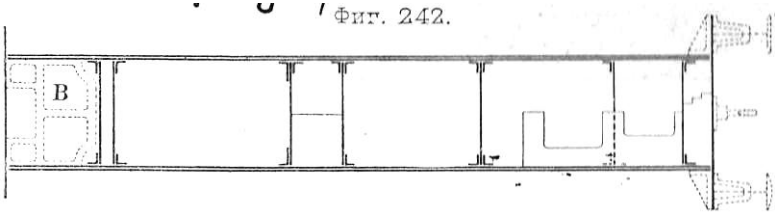
На фиг. 241 изображенъ американскій типъ рамы съ котломъ и цилиндрами, при чемъ сами цилиндры

Фиг. 241.



образуютъ здѣсь жесткую надежную связь въ передней части между продольными балками рамы, между тѣмъ какъ въ европейскомъ типѣ часто приходится прибегать къ особымъ скрѣпленіямъ передней части рамы вертикальными и горизонтальными листами (фиг. 242). Кромѣ того, въ американскихъ паровозахъ

Фиг. 242.



задняя часть котла опирается на раму часто не съ помощью салазокъ или кармановъ, а посредствомъ упорокъ, соединяемыхъ шарнирно какъ съ котломъ, такъ и съ рамой (фиг. 241, *a*).

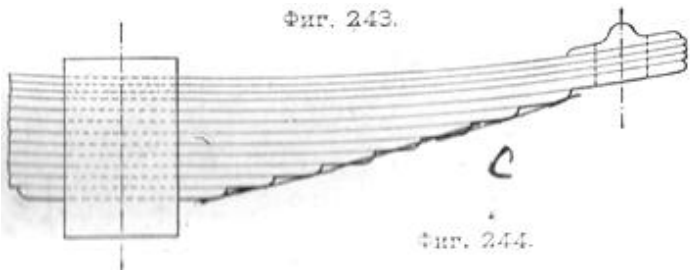
Въ задней части продольныя балки рамы соединяются между собою посредствомъ масивной чугунной отливки, образующей ящикъ для укрѣпленія упряжныхъ приборовъ, съ помощью которыхъ къ паровозу прицѣпляется тендеръ (фиг. 242, B).

РЕСОРЫ И БАЛАНСИРЫ.

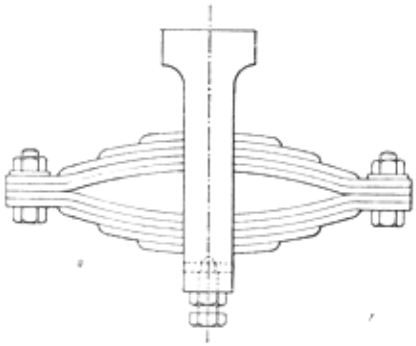
Ресоры, употребляемыя въ подвижномъ составѣ желѣзныхъ дорогъ, изготовляются всегда изъ стали, надлежащимъ образомъ закаливаемой.

По формѣ своей ресоры бываютъ: а) листовыя -

Фиг. 243.

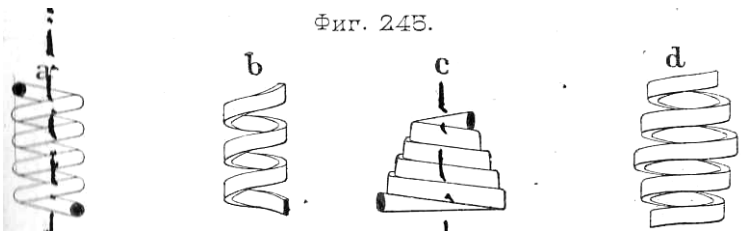


Фиг. 244.

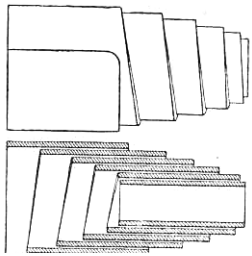


одиночныя (фиг. 243) и двойныя (фиг. 244); б) винтовыя цилиндрическія съ круглымъ сѣченіемъ (фиг. 245, *a*) или прямоугольнымъ (фиг. 245, *b*); в) спиральныя коническія съ овальнымъ сѣченіемъ (фиг. 245, *c*); или съ квадратнымъ (фиг. 245, *d*); г) спи-

Фиг. 245.



Фиг. 246.

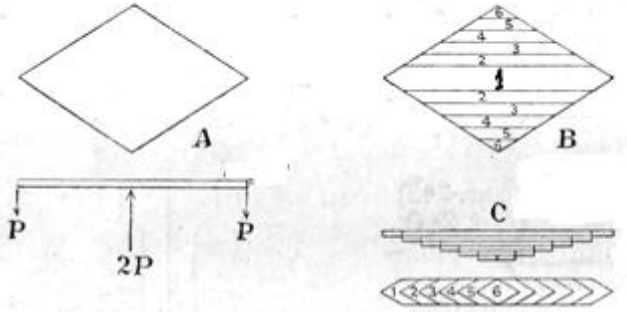


ральныя, свернутыя плоской листовой стали (фиг. 246).

Въ качествѣ подвѣсныхъ ресоръ, посредствомъ которыхъ рама паровоза передаетъ давленіе на оси въ паровозахъ употребляются преимущественно листовыя рессоры.

Если взять стальную пластинку, имѣющую видъ ромба (фиг. 247, *A*) и толщину h, то такая ресора будетъ представлять тѣло равнаго сопротивленія, и напряженіе крайнихъ относительно

Фиг. 247.



нейтральной линіи волоконъ будетъ опредѣляться формулой:

$$P = \frac{1}{6}\sigma\frac{ah^2}{l},$$

гдѣ

P половина всей нагрузки на ресору,
σ напряженіе матеріала,
a ширина пластинки но серединѣ,
l половина длины ресоры (за вычетомъ хомута).

Если разрѣзать пластинку на полосы шириною $^1/_2 b$, сдѣлавъ среднюю полосу шириною b, какъ показано на фиг. 247 въ *B*, и сложить ихъ, какъ указано на фиг. 247 въ *C*, то сопротивленіе такой ресоры будет

то же самое, и напряжение крайнихъ волоконъ будетъ опредѣляться формулой

$$P = \frac{1}{6}\sigma\frac{nbh^2}{l}$$

гдѣ

n число листовъ различной длины, на которые разбила пластинка.

Вмѣсто треугольной ресоры можно устроить изъ такого же числа листовъ ресору ступенчатую, придавъ каждой ступенькѣ очертаніе по кубической параболѣ (фиг. 243), чтобы наибольшее напряженіе матеріала было по всей длинѣ листовъ одинаковое.

При расчетѣ ресоръ берутъ обыкновенно не статическую нагрузку на ресору, а въ виду измѣненій нагрузки во время движенія, увеличиваюсь ее процентовъ на 25 и болѣе; напряженіе въ ресорахъ допускаютъ 60—80 килограм. на кв. мм.

Прогибъ ресоры опредѣляется по формулѣ

$$f = \frac{6Pl^3}{Enbh^3}$$

если ресора треугольная или ступенчатая, а для прямоугольной ресоры изъ *m* листовъ

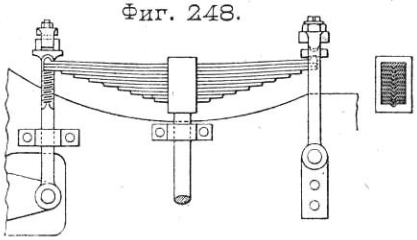
$$f = \frac{4Pl^3}{Embh^3}$$

гдѣ

E модуль упругости матеріала (для стали принимается обыкновенно = 20000 килограм на кв. мм.).

Листы ресоры уже при самомъ изготовленіи болѣе или менѣе выгибаютъ, и собранная ресора, стянутая по серединѣ въ одно цѣлое хомутомъ, представляетъ передъ постановкой ту или другую фабричную стрѣлу выгиба.

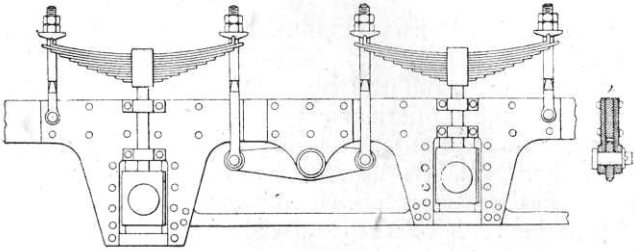
Фиг. 248.



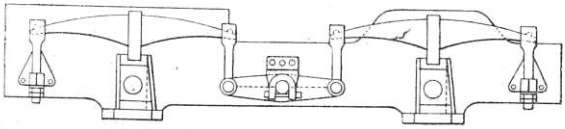
Послѣ постановки ресоры на мѣсто стрѣла эта измѣняется, и ресоры подъ паровозомъ могутъ имѣть или прямолинейный видъ (фиг. 248), или съ

прогибомъ внизъ (фиг. 249), или съ выгибомъ кверху (фиг. 250).

Фиг. 249.

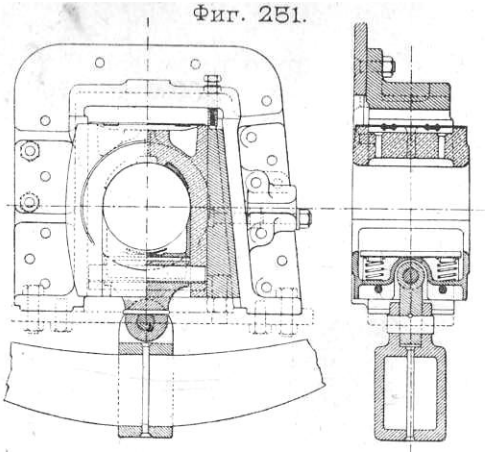


Фиг. 250.



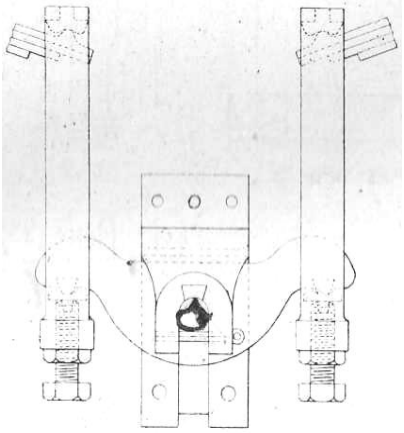
Давленіе отъ ресоръ на смазочныя коробки, обхватывающая шейки осей, передается или прямо (такъ что хомутъ ресоры лежитъ на верхней части буксы), — или посредствомъ упорокъ, если ресора лежитъ значительно выше буксы, — или же посредствомъ вертлюга на нижнюю часть буксы, если ресора лежитъ ниже смазочной коробки (фиг. 251).

Фиг. 251.

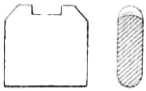


Сосѣднія ресоры часто соединяютъ одну съ другой посредствомъ коромыселъ (балансировъ) для того, чтобы, во-первыхъ, сохранить опредѣленную статическую нагрузку отдѣльныхъ осей, несмотря на измѣненія въ упругихъ свойствахъ подвѣсныхъ ресоръ съ теченіемъ времени, а во-вторыхъ, чтобы случайное увеличеніе усилій, дѣйствующихъ на ресору, могло во время движенія передаваться отчасти и на другую, на что однако при большихъ скоростяхъ расчитывать едва-ли можно. Въ сочлененіяхъ балансировъ вмѣсто валковъ употребляютъ часто для уменьшенія тренія такъ называемые ножи (фиг. 252) или чеки (фиг. 253), какъ то давно уже практикуется въ американскихъ паровозахъ.

Фиг. 252.



Фиг. 253.



Кромѣ продольныхъ, иногда употребляютъ также поперечные балансиры (или ресоры) для достиженія, равенства нагрузокъ на обѣ шейки одной и той же оси или для достиженія того, чтобы наресорное строеніе паровоза подвѣшено было въ трехъ точкахъ.

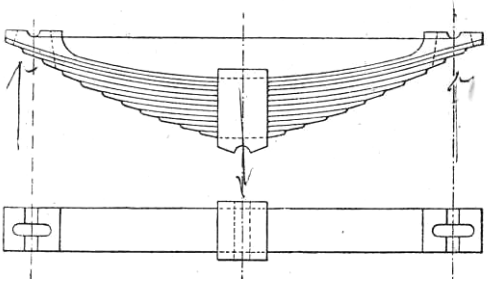
Не слѣдуетъ соединять продольными балансирами всѣ ресоры между собою, потому что тогда онѣ уже не будутъ въ состояніи приводить наресорное строеніе въ его нормальное положеніе, еслибы изъ такого положенія оно было выведено какими-либо временными усиліями. У одной по крайней мѣрѣ изъ осей (или группы ихъ) ресоры должны быть независимы отъ ресоръ остальныхъ осей паровоза.

На концы ресоръ давленія отъ рамы передаются посредствомъ стержней (подвѣсокъ), снабженныхъ

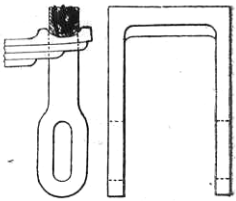
обыкновенно винтовой нарѣзкой на одномъ концѣ для подвинчиванія гаекъ, съ цѣлью измѣнять напряженіе отдѣльныхъ ресоръ и регулировать такимъ образомъ нагрузку на оси.

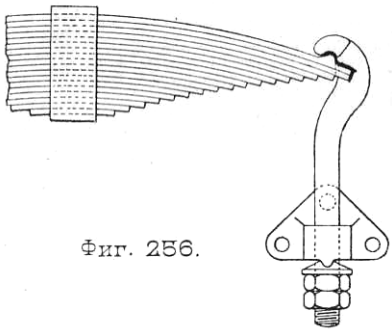
Подвѣска можетъ или проходить сквозь особыя отверстія, сдѣланныя для этой цѣли въ концахъ ресоры (фиг. 254), или обхватывать конецъ ресоры

Фиг. 254.



Фиг. 255.





Фиг. 256.

скобкою (фиг. 255) или же ложиться на него крючкомъ (фиг. 256).

Подвѣски опираются не прямо на послѣдній листъ — для усиленія на него накладывается обыкновенно еще нѣсколько листовъ съ тупыми концами. Такимъ образомъ получается комбинація изъ прямоугольной ресоры въ m листовъ и треугольной или ступенчатой въ n листовъ (фиг. 243, 254).

Въ случаѣ излома добавочныхъ листовъ, ихъ иногда замѣняютъ болѣе толстыми — этого дѣлать не слѣдуетъ. Напротивъ, добавочные прямоугольные листы должны быть тоньше остальныхъ.

Пусть ресора состоитъ изъ m листовъ прямоугольныхъ (толщиною k), изъ m' листовъ тоже прямоугольныхъ

(толщиною k') и изъ n листов (толщиною h), образующихъ треугольную или ступенчатую ресору; тогда нагрузка P, приходящаяся на конецъ ресоры, распредѣлится между треугольной ресорой и прямоугольными такъ, что на одну прямоугольную ресору передается усиліе X, на другую Y, а на треугольную Z, и если означимъ σ, σ', τ напряженія матеріала ихъ, то

$$\left.\begin{aligned} X &= \frac{1}{6}\,\sigma\frac{mbk^2}{l} \\ Y &= \frac{1}{6}\,\sigma'\frac{m'b'k'^2}{l} \\ Z &= \frac{1}{6}\,\tau\frac{nbh^2}{l} \end{aligned}\right\} \quad P = \frac{1}{6}\,\frac{b}{l}(\sigma\, mk^2 + \sigma' m' k'^2 + \tau\, nh^2)$$

Прогибъ f всѣхъ ресоръ будетъ одинаковъ, такъ какъ концы ихъ соприкасаются, и для прямоугольныхъ ресоръ будетъ *)

$$f = \frac{4Xl^3}{Embk^2} = \frac{4Yl^3}{Em'bk'^2}$$

а для треугольной

$$f = \frac{6Zl^3}{Enbh^3}$$

следовательно

$$\left.\begin{aligned} X &= \frac{Efmbk^3}{4l^3} \\ Y &= \frac{Efm'bk'^3}{4l^3} \\ Z &= \frac{Efnbh^3}{6l^3} \end{aligned}\right\} \quad P = \frac{Efb}{2l^3}\left(\frac{mk^3}{2} + \frac{m'k'^3}{2} + \frac{nh^3}{3}\right)$$

---

*) Применимость этихъ формулъ обусловливается тѣмъ, чтобы листы изгибались одинаково, и если первоначально они вездѣ соприкасались, то необходимо, чтобы и при изгибѣ они не отставали другъ отъ друга.

а подставляя значенія X, Y, Z, приведенныя выше, находимъ:

$$\sigma = \frac{3}{2}\frac{Efk}{l^2}$$

$$\sigma' = \frac{3}{2}\frac{Efk'}{l^2}$$

$$\tau = \frac{Efh}{l^2}$$

Желая получить ресору опредѣленной гибкости (т. е. при данной нагрузкѣ P задаваясь определенной величиной прогиба f) и допуская при томъ напряжете во всехъ составныхъ частяхъ одинаковое, т. е. полагая $\sigma = \sigma' = \tau$, находимъ, что для этого необходимо выполнить условіе

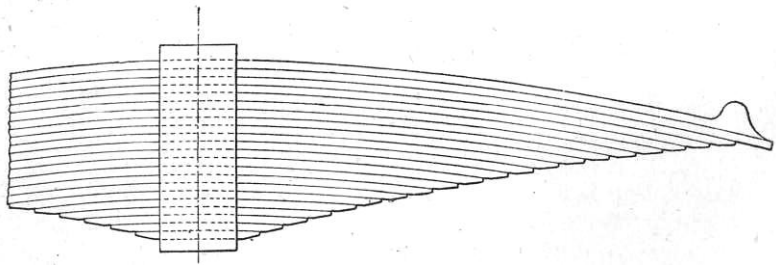
$$k = k' = {}^2/_3\, h$$

т. е. все листы прямоугольные должны быть одинаковой толщины и въ $1^1/_2$ раза тоньше листовъ треугольной рессоры.

Увеличеніе толщины одного или нескольких изъ прямоугольныхъ листовъ повлечетъ за собою повышеніе напряженія въ этихъ листахъ, т. е. увеличится опасность излома ресоры, и кроме того уменьшится гибкость рессоры.

Для примера возьмемъ ресору (фиг. 257), примененную въ паровозахъ и тендерахъ казенныхъ бельгійскихъ

Фиг. 257.



ж. дорогъ. Она состоитъ изъ ступенчатой ресоры въ 20 листовъ и изъ 2 дополнительныхъ

прямоугольныхъ листовъ; всѣ листы толщиною 10 мм., шириною 100 мм.

При ширинѣ хомута въ 90 мм. и при разстояніи между подвѣсками въ 1500 мм. расчетная полудлина

$$l = 705 \text{ мм.}$$

Гибкость ресоры, т. е. прогибъ на 1 тонну нагрузки всей ресоры или иначе на 500 килограмовъ, приходящихся на одинъ изъ концовъ ресоры, найдемъ изъ уравнений:

$$X + Y = 500$$

$$\varepsilon = \frac{4Xl^3}{2.Ebh^3} = \frac{6Yl^3}{20.Ebh^3}$$

откуда гибкость ресоры

$$\varepsilon = \frac{6 \cdot 500 \cdot 705^3}{23 \cdot 20000 \cdot 100 \cdot 10^3} = 22{,}8 \text{ мм. на 1 тонну,}$$

что и подтверждено непосредственными опытами *).

Напряженіе будетъ здѣсь наибольшее въ верхнихъ листахъ, и если примемъ расчетную нагрузку на ресору въ 6 тоннъ, то

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{20000 \cdot 22{,}8 \cdot 6 \cdot 10}{705^2} = 82 \text{ килогр. на кв. мм.}$$

Еслибы вмѣсто двухъ верхнихъ листовъ толщиною по 10 мм. взять три листа потоньше, а именно толщиною $^2/_3 . 10 = 6{,}7$ мм., то гибкость ресоры стала бы

$$\varepsilon = 24{,}4 \text{ мм. на тонну,}$$

а напряженіе во всѣхъ листахъ было бы одинаковое:

$$\tau = \frac{20000 \cdot 24{,}4 \cdot 6 \cdot 10}{705^2} = 60 \text{ килогр. на кв. мм.,}$$

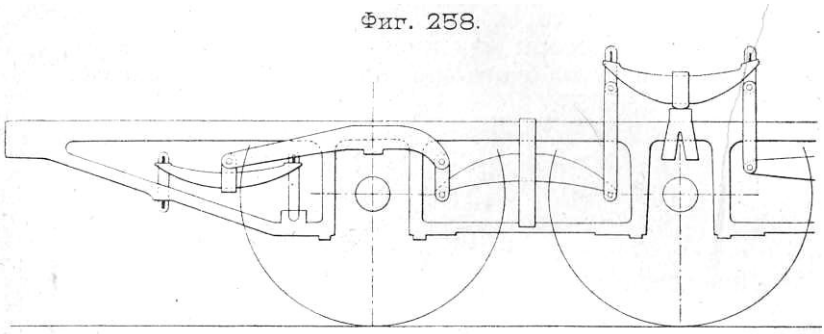
т. е. не увеличивая вѣса матеріала, получили бы ресору и гибче и прочнѣе.

---

*) *Flamache, Huberti et Stévart.* Traité d'exploitation des chemins de fer. Tome III. Matériel roulant. Liége, 1892 (стран, 29).

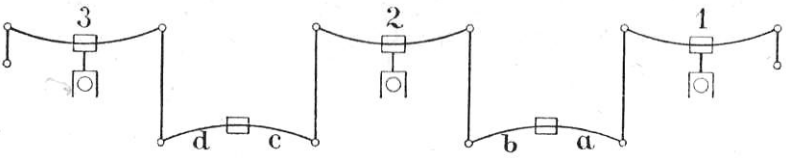
Въ большинствѣ существующих паровозовъ ресоры довольно жесткія (съ гибкостью 6-8-12 мм. на тонну всей нагрузки рессоры). Если однако подобныя ресоры соединить между собою, какъ это дѣлается въ американскихъ паровозахъ (фиг. 258) или

Фиг. 258.



какъ сдѣлано инженеромъ *Е. Е. Нольтейномъ* въ скорыхъ паровозахъ Московско-Казанской ж. дороги (фиг. 259) то въ

Фиг. 259.



результатѣ получится, какъ будто паровозъ подвѣшенъ на болѣе мягкихъ ресорахъ, Въ принципѣ такой способъ соединенія ресоръ сходенъ съ употребленіемъ двойныхъ ресоръ (фиг. 244), гдѣ прогибъ отъ того же груза получается вдвое больше, чѣмъ для одной ресоры, если обѣ ресоры одинаковой гибкости.

Если же гибкость ихъ различная — для одной $г_1$, для другой $г_2$, — то гибкость двойной ресоры будетъ

$$г = г_1 + г_2$$

и такъ какъ жесткость первой ресоры $ж_1 = \frac{1000}{г_1}$,

а жесткость второй $ж_2 = \frac{1000}{г_2}$, то жесткость составной ресоры будетъ

$$ж = \frac{1000}{г} = \frac{ж_1 ж_2}{ж_1 + ж_2} \text{ килогр. на 1 мм. прогиба,}$$

Въ паровозѣ Московско-Казанской ж. дороги (фиг. 259) для ресоръ надъ осями:

$ж_1 = ж_2 = ж_3 = 101$ килогр. на мм. прогиба

$$г_1 = г_2 = г_3 = \frac{1000}{101} = 9{,}9 \text{ мм. на 1 тонну нагрузки оси;}$$

а для нижнихъ ресоръ:

$ж_a = 143$, $ж_b = 129$, $ж_c = 92$, $ж_d = 102$ клгр. на 1 мм.

$$г_a = \frac{500}{143} = 3{,}5, \quad г_b = \frac{500}{129} = 3{,}9, \quad г_c = \frac{500}{92} = 5{,}4,$$

$$г_d = \frac{500}{102} = 4{,}9 \text{ мм. на 1 тонну нагрузки на ось,}$$

и паровозъ подвѣшенъ на этихъ ресорахъ такъ, какъ будто бы жесткость ресорнаго подвѣса была

$$\text{для оси 1: } \frac{1000}{г_1 + г_a} = \frac{1000}{\frac{1000}{101} + \frac{500}{143}} = 74{,}5 \text{ клгр. на 1 мм.}$$

или другими словами — гибкость ресорнаго подвѣса 13,4 мм. на тонну нагрузки на ось:

для оси 2: гибк. подвѣса $= \frac{1000}{101} + \frac{500}{129} + \frac{500}{92} =$

$= 19{,}2$ мм. на тонну;

для оси 3: гибк. подвѣса $= \frac{1000}{101} + \frac{500}{92} = 14{,}8$ мм.

на тонну, между тѣмъ какъ каждая ресора въ отдѣльности

довольно жестка:

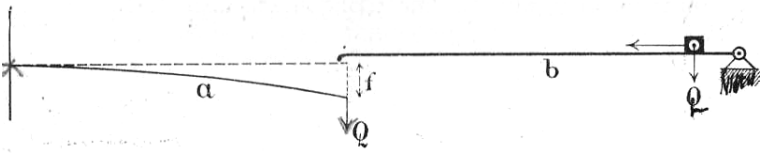
$$r_1 = r_2 = r_3 = 9{,}9, \quad r_{ab} = \frac{3{,}5 + 3{,}9}{2} = 3{,}7,$$

$$r_{cd} = \frac{5{,}4 + 4{,}9}{2} = 5{,}2 \text{ мм. на тонну.}$$

Извѣстно, что наресорное строеніе подвержено, качкѣ, обусловливаемой ресорами. Качанія ресоръ могутъ присходитъ или вслѣдствіе непрерывнаго измѣненія усилій, дѣйствующихъ на ресоры (таковы давленія пара на поршни, силы инерціи неуравновѣшенныхъ притивовѣсами частей, движущихся взадъ и впередъ, опусканія и подниманія отдѣльныхъ осей на прогибающемся подъ паровозомъ рельсовомъ пути, влекущія за собою загруженіе однѣхъ и перегруженіе другихъ осей), или же вслѣдствіе внезапных сотрясеній и ударовъ (въ стыкахъ, а также когда закраины колесъ встрѣчаютъ со стороны рельсовыхъ головокъ препятствіе дальнѣйшему движенію въ бокъ).

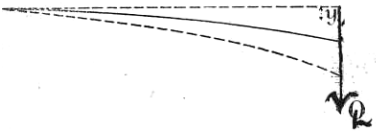
Если упругая пластинка *a* закрѣплена однимъ концомъ (фиг. 260), то при медленномъ, постепенномъ приложеніи

Фиг. 260.



нагрузки другой конецъ будетъ прогибаться, такъ что когда грузъ *Q* отъ опоры передвинется къ концу рычага *b* и перейдетъ на конецъ упругой пластинки, то прогибъ ея будетъ *f*.

Фиг. 261.



Если же грузъ *Q* сразу, хотя и безъ удара, приложить къ концу пластинки (фиг. 261), то она придетъ въ колебательное движеніе, и если

прогибы пропорциональны нагрузкѣ, то уравненіе движенія будетъ:

$$\frac{Q}{g}\frac{d^2y}{dt^2}=Q-Q\frac{y}{f}.$$

Рѣшеніе, или общій интегралъ этого уравненія

$$y = A\,.\,\mathrm{Cos}\,nt + B\,.\,Sin\,nt + C$$

откуда

$$\frac{dy}{dt}=-An\,.\,Sin\;nt+Bn\,.\,Cos\;nt$$

$$\frac{d^2y}{dt^2}=-An^2.\,Cos\;nt-Bn^2.\,Sin\;nt$$

слѣдовательно

$$\frac{d^2y}{dt^2}=-n^2\,(C-y)$$

$$C=f,\;\; n^2=\frac{g}{f},\quad n=\sqrt{\frac{g}{f}}$$

А такъ какъ при $t = 0$

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_0=0,\;\text{то}\;B=0$$

$y_0 = 0$, т. е. $A + C = 0$

Стало быть

$$y=f\left(1-Cos\;t\sqrt{\frac{g}{f}}\right)$$

откуда наибольшая величина прогиба

$$y_{max}=2f\;\text{при}\;t=\pi\sqrt{\frac{f}{g}},\,3\pi\sqrt{\frac{f}{g}},\,5\pi\sqrt{\frac{f}{g}}\;\text{и т.д.}$$

а наименьшая

$$y_{min}=0\;\text{при}\;t=0,\;2\pi\sqrt{\frac{f}{g}},\,4\pi\sqrt{\frac{f}{g}}\;\text{и т. д.}$$

Разность $y_{max} - y_{min}$ дастъ величину размаха, или удвоенную амплитуду качаній

$$2a = 2f$$

продолжительность же размаха, или время одного качанія будетъ

$$T = \pi\sqrt{\frac{f}{g}}$$

а продолжительность двойного, или полнаго качанія, когда конецъ ресоры возвратится въ то же положеніе, которое занималъ въ любое начальное мгновение, или иначе говоря періодъ качанія

$$2T = 2\pi\sqrt{\frac{f}{g}}$$

Такимъ образомъ ресора съ прогибомъ f, соотвѣтствующимъ грузу Q, будетъ качаться такъ же, какъ маятникъ длиною f, если грузъ Q будетъ сразу (внезапно, но безъ удара) приложенъ къ ненагруженной еще ресорѣ (что и понятно, такъ какъ и въ томъ и въ другомъ случаѣ движеніе происходитъ подъ вліяніемъ силы, постепенно убывающей, а затѣмъ постепенно же возрастающей, но дѣйствующей уже въ сторону, противоположную направленію движенія).

Предположимъ теперь, что на концѣ ресоры покоится грузъ Q, и ресора дала прогибъ f. Пусть затѣмъ произойдетъ внезапное (безъ удара) измѣненіе нагрузки, напр. нагрузка сразу увеличится на ΔQ, тогда

$$\frac{Q+\Delta Q}{g}\cdot\frac{d^2y}{dt^2} = Q + \Delta Q - Q\frac{y}{f}$$

т. е.

$$\frac{d^2y}{dt^2} = g\left(1 - \frac{Q}{Q+\Delta Q}\cdot\frac{y}{f}\right).$$

Интегрируя, какъ выше, получаемъ

$$C = f\frac{Q+\Delta Q}{Q}, \quad n = \sqrt{\frac{g}{f}\cdot\frac{Q}{Q+\Delta Q}}$$

и такъ какъ при $t = 0$ имѣемъ $A + C = f$, т. е.

$$A = -f\frac{\Delta Q}{Q},$$

то

$$y = f + f\frac{\Delta Q}{Q}\left(1 - Cos\ t\sqrt{\frac{Q}{Q+\Delta Q}\cdot\frac{g}{f}}\right)$$

и амплитуда качаній *)

$$a = f\frac{\Delta Q}{Q}$$

а продолжительность размаха

$$T = \pi\sqrt{\frac{f}{g}\cdot\frac{Q+\Delta Q}{Q}}.$$

Для данной ресоры имѣемъ, какъ присущее ей свойство, определенную величину гибкости

$$\varepsilon = b\frac{f}{Q}$$

гдѣ b численный коэфиціентъ, зависящій отъ мѣръ, въ которыхъ даны f и Q, и мы видимъ, что амплитуда качанія

$$a = \alpha \cdot \varepsilon \cdot \Delta Q$$

а продолжительность размаха

$$T = \beta\sqrt{\varepsilon\ (Q + \Delta Q)}.$$

Отсюда заключаемъ, что величина размаха (амплитуда) качаній тѣмъ больше, чѣмъ больше гибкость ресоры и дѣйствующая на нее сразу нагрузка (или внезапное измѣненіе нагрузки), а продолжительность размаха будетъ еще тѣмъ значительнее, чѣмъ больше

---

*) Если слѣдующее измѣненіе въ нагрузкѣ произойдетъ какъ разъ въ то мгновеніе, когда качающаяся ресора будетъ въ крайнемъ положеніи, то амплитуда качаній можетъ значительно увеличиться, а особенно при ритмическомъ повтореніи такихъ совпаденій.

статическая нагрузка на ресору. Стало быть, чѣмъ паровозъ тяжеле, тѣмъ качанія ресоръ будутъ медленнее.

Качанія ресоры не будутъ продолжаться безгранично или очень долго, — вслѣдствіе разныхъ сопротивленій, а особенно отъ внутренняго тренія они скоро прекращаются. Это треніе, увеличивающее жесткость ресоры, тѣмъ больше, чѣмъ ресора толще, т. е. чѣмъ больше число листовъ при данной ихъ толщинѣ (для уменьшенія тренія между листами употребляютъ иногда каучуковыя прокладки *).

Приведенныя формулы можно считать справедливыми лишь при малыхъ прогибахъ и небольшихъ измѣненіяхъ нагрузки.

Въ дѣйствительности однако измѣненія въ нагрузкахъ на ресоры бываютъ очень значительные и происходятъ они то внезапно (часто съ толчками и ударами), то постепенно, но постепенность измѣненій не всегда бываетъ медленная, а иногда довольно быстрая, въ зависимости отъ скорости движенія. Такимъ образомъ наресорное строеніе паровоза подвержено дѣйствію усилій, передаваемыхъ ресорами и безпрестанно меняющихся во время движенія, но какова именно зависимость всѣхъ этихъ усилій отъ времени, неизвѣстно **).

---

*) Къ подобнымъ мѣрамъ нѣтъ надобности прибѣгать въ случаѣ спиральныхъ или винтовыхъ ресоръ, которыя, въ качествѣ подвѣсныхъ, встрѣчаются у нѣкоторыхъ изъ осей англійскихъ и американскихъ паровозовъ. Однако подвѣсить паровозъ исключительно на такихъ ресорахъ нельзя, потому что работать, какъ слѣдуетъ, онѣ могутъ только при усиліяхъ, направленныхъ по ихъ геометрической оси (боковымъ усиліямъ винтовыя ресоры представляютъ незначительное сопротивленіе).

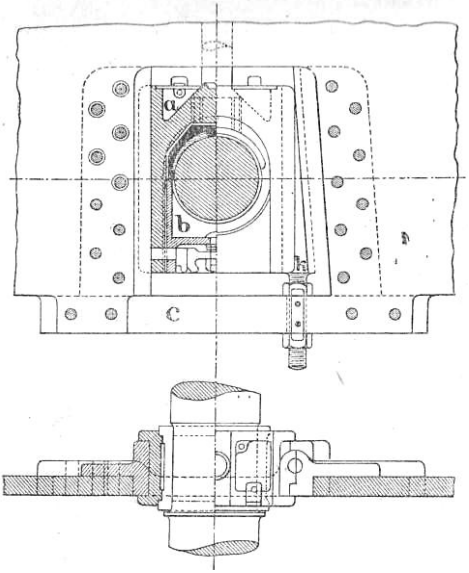
**)Какъ на попытку найти въ функціи отъ времени закономерность въ измѣненіяхъ усилій, дѣйствующихъ на паровозъ во время движенія, можно указать на:

Nadal. Theorie de la stabilité des locomotives. (Annales des mines, 1896).

СМАЗОЧНЫЯ КОРОБКИ.

Смазочная коробка (букса) состоитъ изъ верхней части *a* съ тщательно пригнаннымъ и плотно вставленнымъ подшипникомъ и изъ нижней части *b* (фиг. 262).

Фиг. 262.



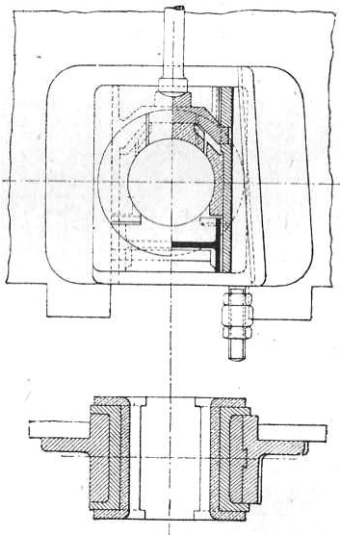
Верхняя часть отковывается обыкновенно изъ желѣза или стали и имѣетъ подковообразную форму. Сверху дѣлаются въ ней углубленія для помѣщенія смазки, которая проводится посредствомъ трубочекъ и фитилей (изъ бумажныхъ или шерстяныхъ нитей) къ подшипнику и шейкѣ оси (верхняя смазка).

Подшипникъ дѣлается изъ бронзы (иногда фосфористой) съ заливкой изъ бѣлаго метала.

Нижняя часть, въ видѣ коробки, обыкновенно отливается изъ чугуна и служить для собиранія стекающей внизъ смазки; иногда въ нижней части помѣщаютъ щетку или подбивку изъ волокнистаго матеріала, благодаря чему смазка можетъ подниматься къ шейкѣ оси (нижняя смазка).

Для того чтобы обезпечить надлежащее положеніе оси въ рамѣ и чтобы рама могла имѣть относительно коробки движеніе по вертикальному направленію, къ рамѣ прикрѣпляютъ помощью болтовъ особыя надѣлки (изъ желѣза, чугуна или стали) — буксовыя челюсти. Одна изъ этихъ челюстей для движущихъ осей; буксы которыхъ не должны имѣть игры между челюстями, дѣлается наклонною и между нею и щекою буксы вставляется клинъ, который можно посредствомъ гаекъ подтягивать и закрѣплять (фиг. 262, *k*).

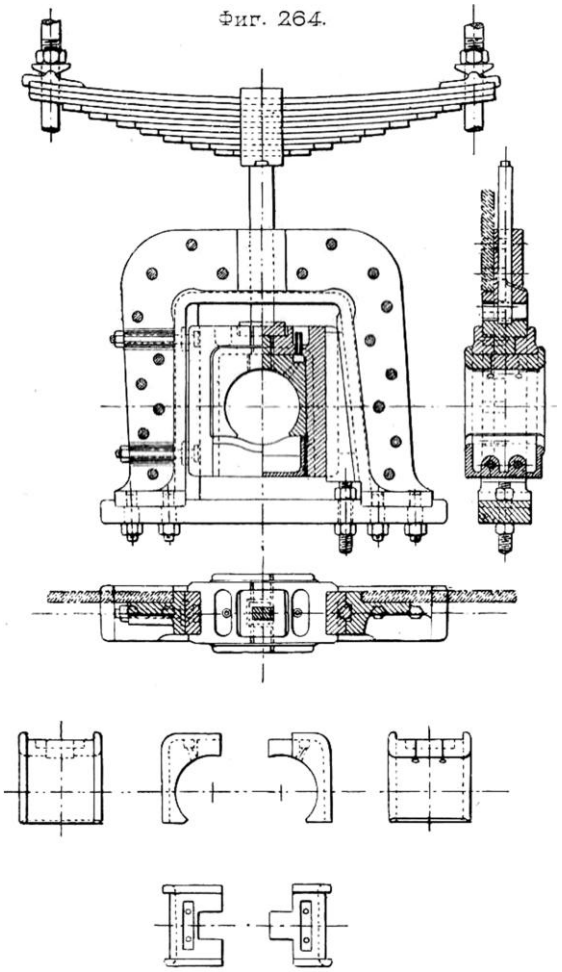
Фиг. 263.



Такъ какъ подшипники движущихъ осей должны передавать не только вертикальныя давленія отъ наресорнаго строенія на оси, но и горизонтальныя усилія, то были предложены конструкціи, гдѣ подшипники обхватываютъ шейку какъ сверху, такъ и съ боковъ; при этомъ подшипники и верхнія части коробокъ сдѣланы не цѣльными, а составными, такъ чтобы всегда можно было подвинчиваніемъ нажимного клина обезпечить плотное прилеганіе подшипниковъ къ шейкѣ. Въ устройствѣ *Raymond & Henrard* подшипникъ состоитъ изъ трехъ частей (фиг. 263), а

въ конструкціи *Busse*, примѣненной на датскихъ паровозахъ и оказавшейся вполнѣ удовлетворительной *), —

Фиг. 264.

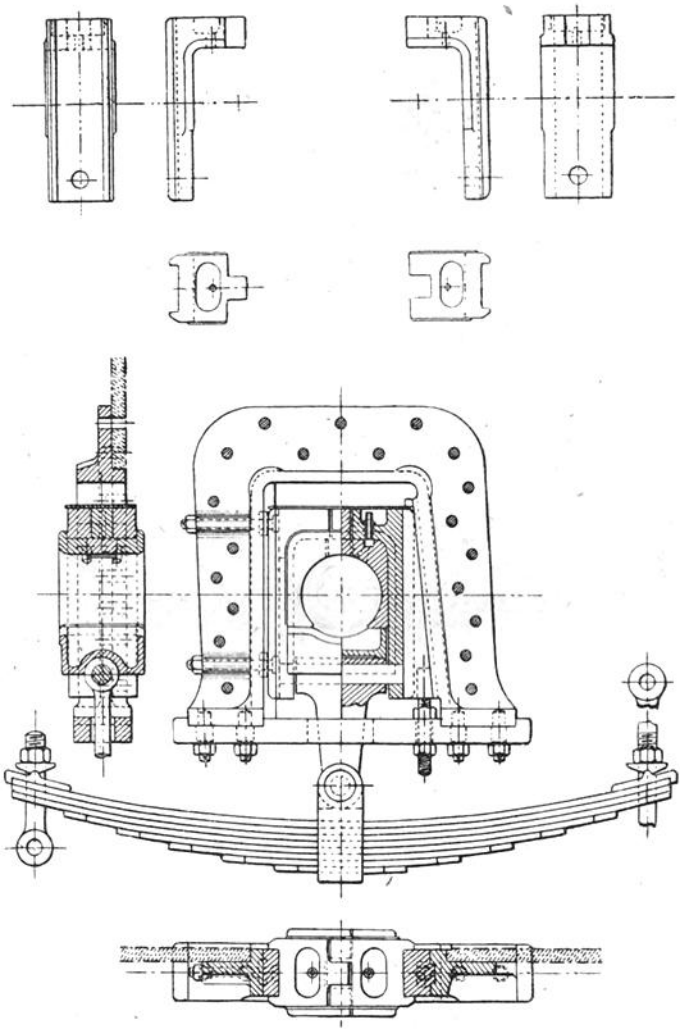


изъ двухъ частей (фиг. 264); здѣсь, какъ и въ конструкціи *Raymond & Henrard*, верхняя коробка

*) Glasers Annalen, 1898, 1 Januar, стр. 2; Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1898, 1 Heft, стр. 9.

не цѣльная, а тоже составная изъ двухъ частей (фиг. 265).

Фиг. 265.



Нижніе концы челюстей всегда скрѣпляются другъ съ другомъ посредствомъ струнокъ или накладокъ (фиг. 262, *c*).

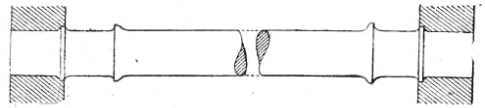
Между этими струнами и буксами оставляется

всегда нѣкоторый зазоръ, точно такъ же какъ и между верхомъ буксы и рамою, чтобы при качаніяхъ наресорнаго строенія предупредить удары его о буксы. Кромѣ того въ случаѣ недостаточнаго зазора между буксами и струнками передней оси, при качаніяхъ наресорнаго строенія или при разгруженіи этой оси вслѣдствіе неровностей пути, можетъ произойти приподнятіе передней оси и сходъ паровоза съ рельсовъ. Чѣмъ мягче ресоры, тѣмъ зазоры эти должны быть значительнѣе (прежде дѣлали ихъ 10—30 мм., теперь дѣлаютъ 40 мм. и больше).

ОСИ СЪ КОЛЕСАМИ.

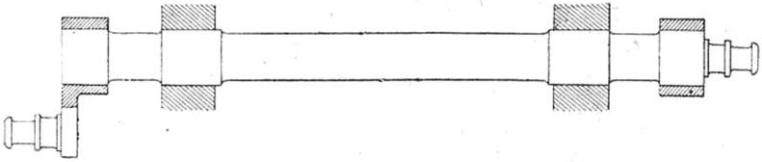
Паровозныя оси теперь обыкновенно отковываются изъ стали, хотя въ Америкѣ и понынѣ употребляются желѣзныя оси.

Фиг. 266.

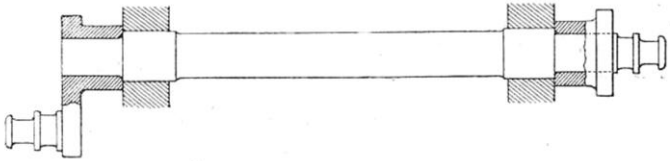


На фигурѣ 266 представлена прямая движущая ось паровоза съ внутренними рамами, а на фиг. 267 и 268 — паровоза съ наружными рамами.

Фиг. 267.

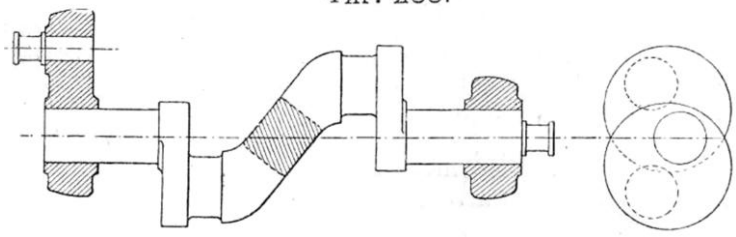


Фиг. 268.



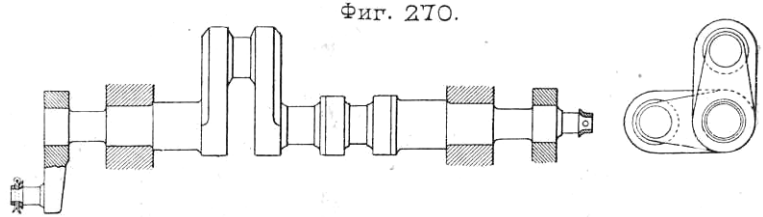
При внутреннихъ цилиндрахъ ведущая ось дѣлается колѣнчатою, и фиг. 269 представляетъ такую ось при рамахъ

Фиг. 269.



внутренних *), а фиг. 270 — при рамахъ наружныхъ.

Фиг. 270.



Оси паровозныя по длинѣ своей не вездѣ одинаковой толщины, но всегда слѣдуетъ строго соблюдать правило, чтобы переходы отъ одного діаметра къ другому были закругленные, безъ рѣзкихъ уступовъ.

Паровозныя оси, особенно колѣнчатыя, удобнѣе всего провѣрять графическимъ расчетомъ, какъ это изложено въ *Constructeur'h Reuleaux* **).

---

*) Здѣсь кривошипы круглые (системы *Worsdell'*а).

**) Такъ какъ напряженія въ осяхъ возрастаютъ съ увеличеніемъ какъ діаметра *D* колесъ, такъ и давленія, производимаго ими на рельсы, то *Borries* предлагаетъ для опредѣленія (въ мм) толщины шеекъ движущихъ осей (стальныхъ) эмпирическую формулу

$$\delta = 6\sqrt[3]{Q\ (D + 500)},$$

а для шеекъ вольныхъ осей (стальныхъ)

$$\delta_0 = 65\ \sqrt[3]{Q},$$

гдѣ

Q давленіе отъ оси на рельсы (въ тоннахъ),

D діаметръ движущихъ колесъ (въ милиметрахъ).

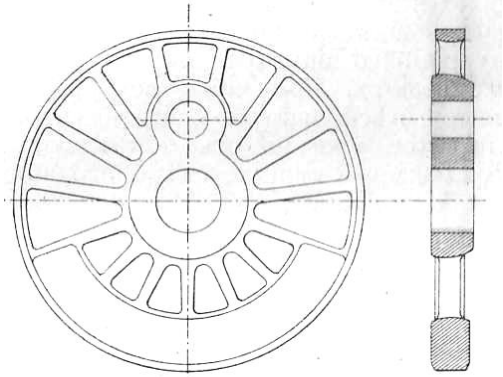
Въ средней части толщина оси можетъ быть меньше.

Чаще всего повреждения осей замѣчаются въ головкахъ, т. е. въ тѣхъ частяхъ, которыя обхватываются ступицами колесъ, а потому эти головки дѣлаются толще сравнительно съ остальными частями оси.

На оси насаживаются подъ сильнымъ давленіемъ гидравлическаго преса такъ называемые колесные центры, которые дѣлаются большею частью изъ сварочнаго желѣза, но отливаются также изъ чугуна и изъ стали.

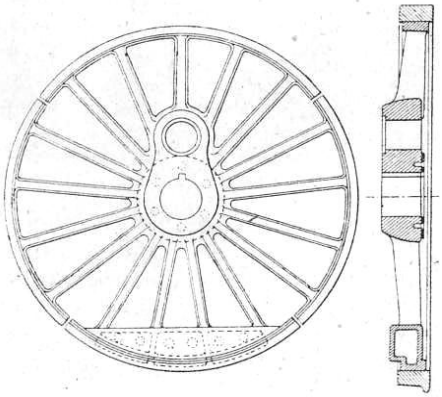
На фиг. 271 представленъ колесный центръ, откованный изъ сварочнаго желѣза; здѣсь выкованъ между спицами не только мотыль, но и противовѣсъ.

Фиг. 271.



Противовесы иногда дѣлаютъ въ видѣ особенныхъ массъ, закрепляемыхъ между спицами помощію накладокъ и заклепокъ, но укрѣпленія эти съ теченіемъ времени ослабѣваютъ, и противовесы, составляющие одно цѣлое со спицами, заслуживают предпочтенія (часто противовѣсамъ этимъ придаютъ серповидное очертаніе).

Фиг. 272.



На фиг. 272 представлено чугунное паровозное колесо, гдѣ отлиты для противовѣсовъ особыя полости, зали-

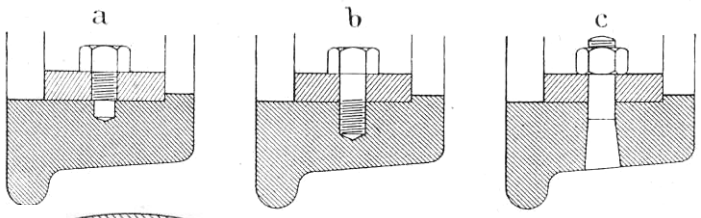
ваемыя свинцомъ (свинецъ требуетъ менѣе мѣста, такъ какъ удѣльный вѣсъ его почти въ $1^1/_2$ раза болѣе, чѣмъ чугуна или желѣза).

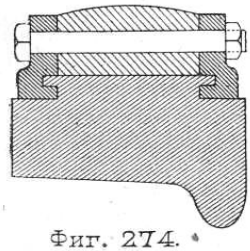
На этомъ чертежѣ показаны въ разрѣзѣ надѣтыя на колесный центръ шины: внизу шина колесъ одной изъ крайнихъ осей съ гребнемъ или закраиной, а наверху — шина безъ закраины, какъ это часто практикуется въ американскихъ паровозахъ для среднихъ осей паровоза съ цѣлью облегчить прохожденіе паровоза по кривымъ.

Шины изготовляются путемъ прокатки въ видѣ толстыхъ колецъ изъ литой стали.

Шина передъ насадкою на колесо тщательно внутри вытачивается, и точно также обтачивается снаружи ободъ колеса, при чемъ діаметръ колеса дѣлается нѣсколько больше внутренняго діаметра шины. Передъ насадкой шину нагрѣваютъ, при чемъ внутренній діаметръ ея становится нѣсколько больше діаметра колеса, и колесо, надѣтое уже на ось, вставляютъ въ шину, которая охлаждаясь сжимается и благодаря этому держится на ободѣ колеса. Съ теченіемъ времени однако шина можетъ ослабнуть на колесѣ или лопнуть, что можетъ повести къ сходу паровоза съ рельсовъ и быть причиной крушенія поѣзда. Поэтому прежде употреблявшіеся способы закрѣпленія шинъ на колесахъ

Фиг. 273.





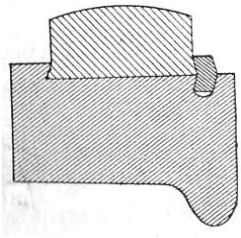
Фиг. 274.

помощью болтовъ (фиг. 273 *a, b, c)* въ настоящее время вытѣсняются такими, при которыхъ получается непрерывное соединеніе между шиной и ободомъ колеса.

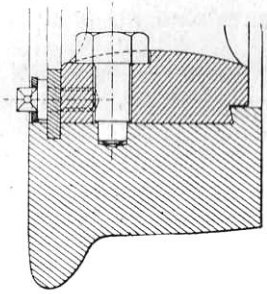
На фигурѣ 274 представлено укрѣпленіе съ помощью двухъ

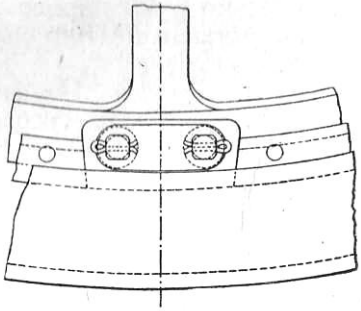
колецъ (способъ *Mansell'*а); на фиг. 275 — посредствомъ одного кольца, съ обточкой обода въ видѣ ласточкина хвоста (способъ *Gibson'*а); на фиг. 276 — съ помощью плоскаго кольца (способъ Коломенскаго завода); на фиг. 277 — вовсе безъ колецъ и болтовъ, съ закаткою кромки шины въ соответствующее кольцевое углубленіе на ободе помощью особаго инструмента (фиг. 278) на токарномъ станкѣ въ холодномъ состояніи (способъ американскаго завода *Boies Steel Wheel Co*).

Фиг. 275.



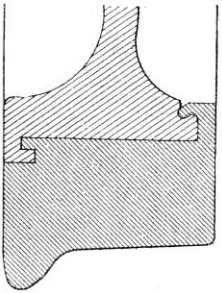
Фиг. 276.

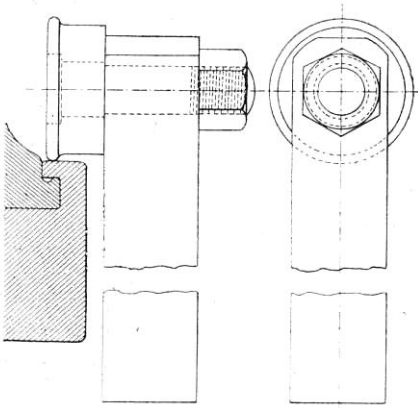




Фиг. 278.

Фиг. 277.

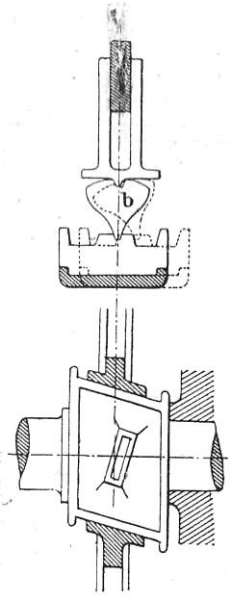




РАДІАЛЬНЫЯ ОСИ.

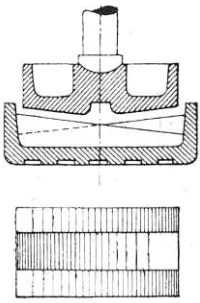
Для облегченія прохожденія паровоза по кривымъ, крайнія поддерживающія его оси устраиваютъ иногда съ буксами, которыя могутъ перемѣщаться по своимъ направляющимъ лапамъ въ поперечномъ направленіи относительно рамы паровоза, и такимъ образомъ ось можетъ устанавливаться приблизительно по радіусу кривой.

Фиг. 279.

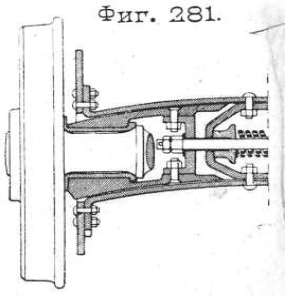


На фиг. 279 представлена радиальная ось *Adams'*а, гдѣ давленіе отъ рамы и ресоры передается на буксу посредствомъ бабки *b*; верхъ ея представляетъ такое очертаніе, что при отклоненіи своемъ отъ нормальнаго положенія она катится по нижней поверхности ресорной упорки и собственный вѣсъ паровоза стремится возвратить бабки, а следовательно и радиальную ось въ нормальное положеніе, какое ось занимала на прямомъ пути. Иногда для той же цѣли употребляютъ наклонным плоскости (фиг. 280), но треніе, конечно, здѣсь значительно больше.

Фиг. 280.



Фиг. 281.



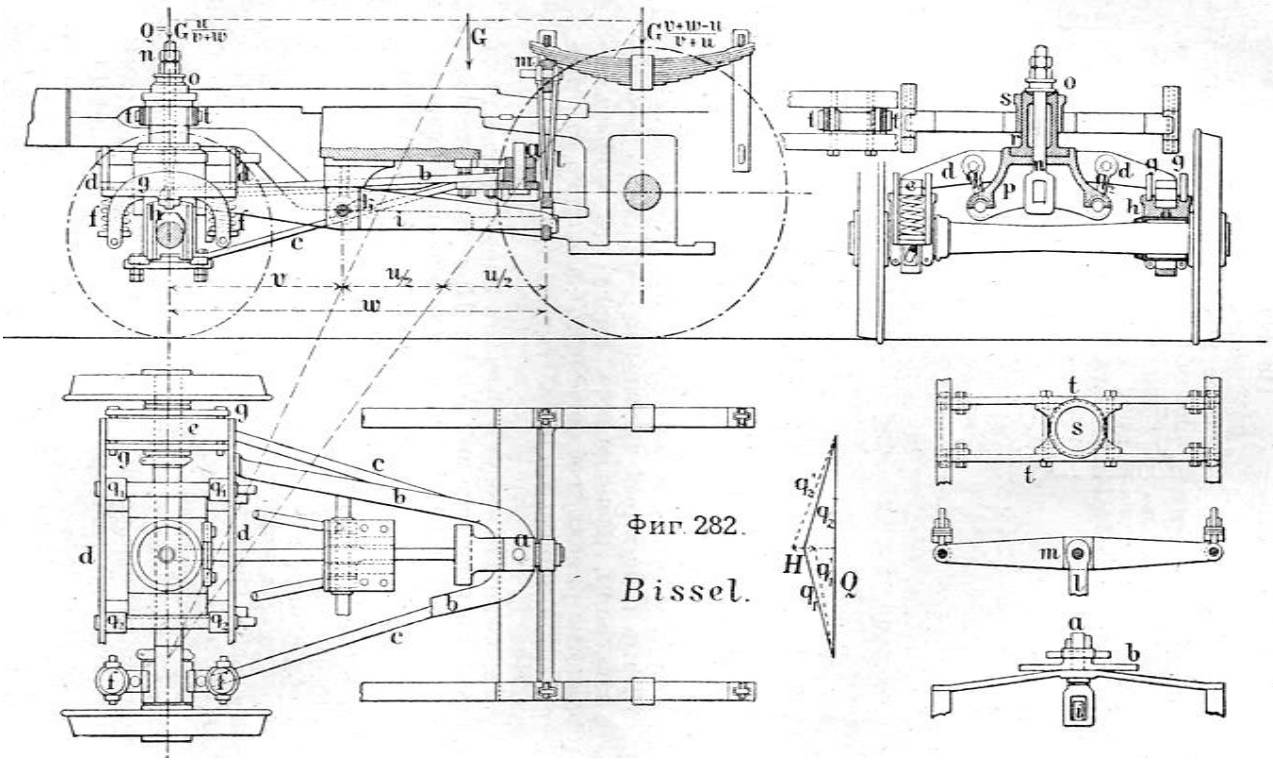
На фиг. 281 представлена радіальная ось *Webb*'а съ криволинейными направляющими для осевыхъ буксъ; здѣсь ось возвращается въ нормальное свое положеніе посредствомъ ресоръ.

ТЕЛѢЖКИ.

Тѣ оси, которыя должны перемѣщаться относительно рамы, располагаютъ иногда въ особыхъ небольшихъ рамахъ, соединяемыхъ шарнирно съ главной рамой паровоза и образующихъ такъ называемыя телѣжки.

Телѣжки эти могутъ быть съ одной осью или съ двумя (такъ называемыя *bogie*). При этомъ телѣжка делается или просто поворотною около шкворня, положеніе котораго неизменно относительно рамы паровоза, или же телѣжка можетъ иметь еще и боковое движеніе, благодаря тому, что можетъ перемещаться относительно шкворня. Такое перемещеніе достигается иногда тѣмъ, что шкворень располагается въ такъ называемой люльке, могущей на подвескахъ качаться и давать телѣжке возможность передвигаться въ бокъ.

На следующей странице (фиг. 282) представлена одноосная тележка (система *Bissel*'а) со шкворнемъ *a*, расположеннымъ сзади оси тележки въ раме паровоза. На шкворень надета вилка *b*, которая



Фиг. 282.

Bissel.

вмѣстѣ съ прикрѣпленными къ ней струнами *c*, поперечными брусками *d* и продольными *e* составляетъ одно цѣлое — раму телѣжки. Давленіе отъ этой рамы на ось телѣжки передается посредствомъ винтовыхъ ресоръ *f* и скобъ *g*, опирающихся на буксы *h* оси. Давленіе же отъ паровоза на раму телѣжки передается помощью балансира *i*, вращающагося около валика *k* и опирающагося однимъ концомъ на подвѣску *l* ресорнаго коромысла *m*, а другимъ концомъ на стержень *n*, который посредствомъ сферической подкладки *o* передаетъ давленіе балансира на чугунную коробку *p*. Къ этой коробкѣ серьгами q_1, q_2 подвѣшена, какъ люлька, рама телѣжки и благодаря этому можетъ имѣть боковое перемѣщеніе, а коробка можетъ перемѣщаться лишь по вертикальному направленію, такъ какъ шапка ея *r* вращается въ стаканѣ *s*, прикрѣпленномъ къ поперечинамъ *t* рамы паровоза.

Давленіе *Q* на ось телѣжки можно опредѣлить, если извѣстно давленіе *G*, передаваемое на обѣ оси, связанныя балансиромъ *i*; если плечи балансира *u* и *v*, а вся длина $u+v=w$, то изъ условія

$$Qv = \frac{G-Q}{2} u$$

получаемъ

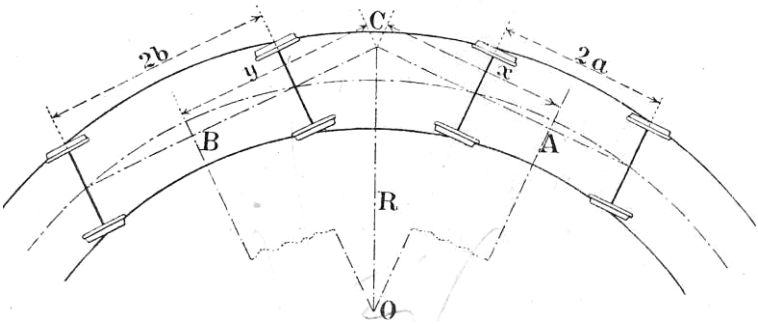
$$Q = G \frac{u}{v+w}$$

а разстояніе точки приложенія силы *G* отъ осей можно найти графически, какъ показано пунктиромъ.

Если телѣжка на кривомъ пути отклонится въ сторону такъ, что наклонъ серьги q_1 уменьшится, то разложеніе давленія *Q*, передаваемаго на стержень *n*, дастъ усилія q'_1 и q'_2, дѣйствующія на серьги, и стало быть проявится горизонтальная сила *H*, которая и будетъ стремиться привести телѣжку въ нормальное положеніе относительно рамы паровоза.

Положеніе шкворня можно опредѣлить слѣдующимъ путемъ: пусть *A* и *B* двѣ телѣжки, которыя должны быть сцѣплены между собою посредствомъ шкворня *C* такимъ образомъ, чтобы могли располагаться въ кривой радіально (фиг. 283). Пусть разстоянія между осями телѣжекъ

Фиг. 283.



(базы ихъ) будутъ *2a* и *2b*, а *R* средній радіусъ кривой, тогда

$$\overline{OC}^2 = \overline{BC}^2 + \overline{OB}^2 = y^2 + \overline{OB}^2$$
$$= \overline{AC}^2 + \overline{OA}^2 = x^2 + \overline{OA}^2$$

и такъ какъ

$$\overline{OB}^2 = R^2 - b^2, \quad \overline{OA}^2 = R^2 - a^2$$

то

$$y^2 - x^2 = b^2 - a^2.$$

Сумма разстояній $y+x=\lambda$ должна всегда оставаться постоянной, поэтому

$$y - x = \frac{b^2 - a^2}{\lambda}$$

а подставляя сюда $x = \lambda - y$, находимъ

$$y = \frac{\lambda}{2} + \frac{b^2 - a^2}{2\lambda}$$

$$x = \frac{\lambda}{2} - \frac{b^2 - a^2}{2\lambda}.$$

Если означимъ 2β полную базу паровоза, т. е. разстояніе между крайними его осями, то

$$\lambda = 2\beta - (a + b)$$

и слѣдовательно

$$y = \beta - \frac{(a+b)\ (\beta - b)}{2\beta - (a+b)}$$

$$x = \beta - \frac{(a+b)\ (\beta - a)}{2\beta - (a+b)} \quad \ldots\ldots\ (x)$$

Въ томъ случаѣ, когда передняя телѣжка одноосная, $\alpha = 0$, и стало быть

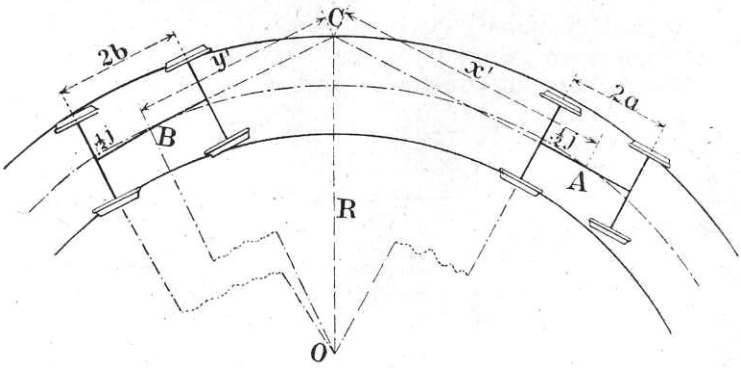
$$y_1 = \beta - \frac{b\ (\beta - b)}{2\beta - b} = 2\beta\,\frac{\beta}{2\beta - b} - b$$

$$x_1 = \beta - \frac{\beta b}{2\beta - b} = 2\beta\,\frac{\beta - b}{2\beta - b} \quad \ldots\ldots\ (x_1)$$

Величины x и x_1, опредѣленныя такимъ образомъ, слѣдуетъ считать минимальными, но ихъ можно брать и несколько больше.

Если паровозъ, какъ это большей частью бываетъ, назначается для движенія съ поѣздами всегда трубою впередъ, то можно найти наибольшія значенія для x и x_1 предположивъ, что телѣжки какъ A, такъ и B, устанавливаются въ кривой задними осями радіально, а переднія ихъ оси прижимаются однимъ колесомъ къ рельсу, а именно къ наружному (фиг. 284).

Фиг. 284.



Тогда

$$(y'+b)^2+(R-\tfrac{1}{2}j)^2=(x'-a)^2+(R-\tfrac{1}{2}j)^2$$

и такъ какъ

$$y'=\lambda-x',\quad \lambda+b=2\beta-\alpha$$

то, при одинаковости зазоровъ j между рельсами и закраинами шинъ для всѣхъ крайнихъ осей телѣжекъ, находимъ:

$$x'=\beta=x'_1.$$

Какъ эти величины, такъ и ранѣе найденный x и x_1 не зависятъ отъ R, т. е. при положеніи шкворня C, опредѣляемомъ величиною, промежуточною между x и x_1 (соотвѣтственно между x_1 и x'_1), телѣжки будутъ устанавливаться приблизительно радіально, каково бы закругленіе ни было.

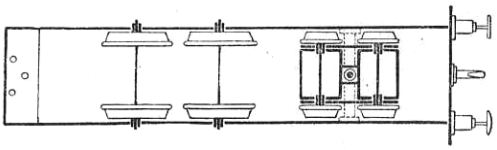
Что касается разстояній $2a$ и $2b$ между крайними осями, остающимся между собою паралельными, то для возможности подобнаго вписыванья въ кривую должно быть

$$b^2\leq\tfrac{1}{2}j\,.\,2R$$

т. е. жесткая колесная база $2b$ (а также и $2a$) не должна быть больше $2\sqrt{jR}$. Такъ напр, при $j=0^{м},020$ (обыкновенно сумма зазоровъ больше, такъ какъ соотвѣтственно уменьшенію радіуса кривой увеличиваютъ обыкновенно уширеніе пути) и при $R=200^{м}$ находимъ $2a$ и $2b\leq 4^{м}$.

Чѣмъ больше разстояніе между крайними осями, остающимися всегда между собою паралельными, тѣмъ ограниченнѣе вилянье и тѣмъ меньше уголъ, подъ которымъ колесо набѣгаетъ на рельсы.

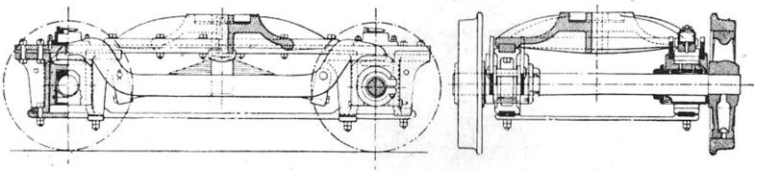
Фиг. 285.



На фиг. 285 представлена схематически двухосная телѣжка для передка паровоза; на фиг. 286—детальное

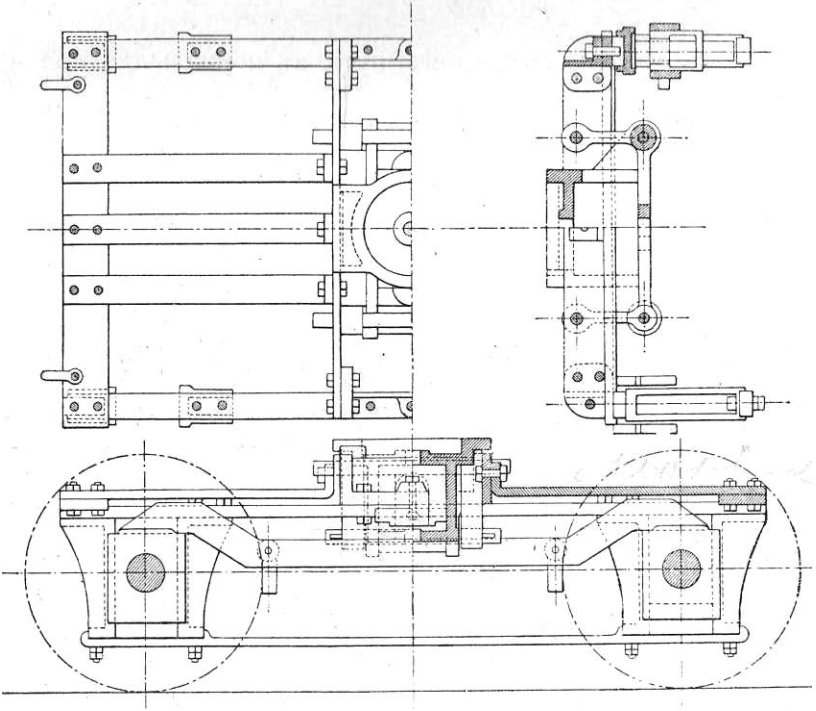
лѣжка для передка паровоза; на фиг. 286 — детальное

Фиг. 286.

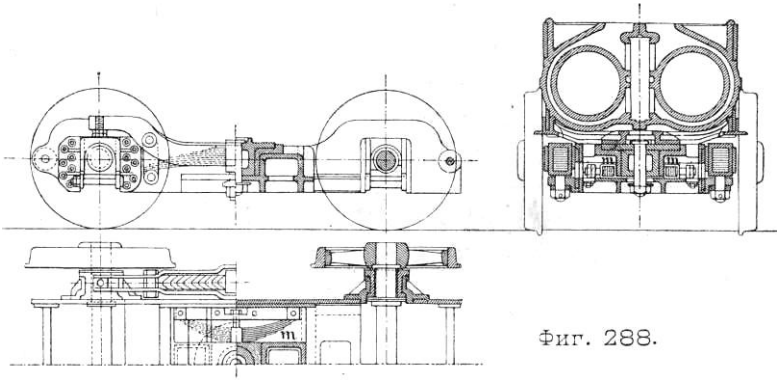


устройство такой телѣжки съ неподвижнымъ шкворнемъ; на фиг. 287 — съ люлькой для шкворня, а на

Фиг. 287.



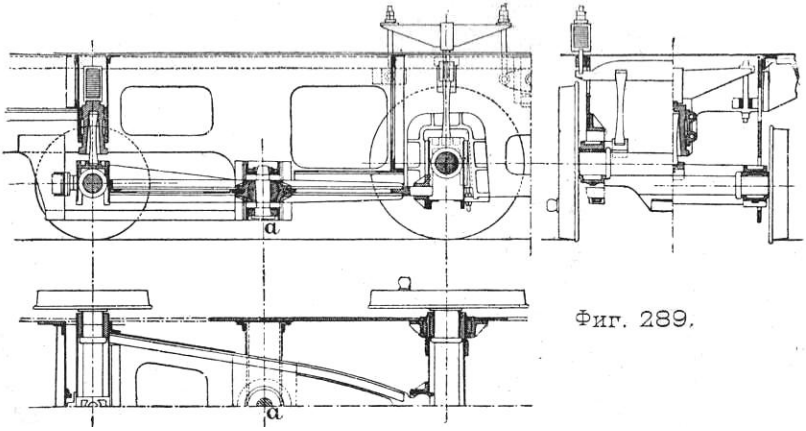
фиг. 288 — съ коробкой для шкворня, которая можетъ перемѣщаться въ стороны, но помощью ресоръ *m*



Фиг. 288.

возвращается на прямомъ пути въ нормальное свое положеніе.

На фиг. 289 представлена особая конструкція двухосной паровозной телѣжки (система *Krauss*'а),



Фиг. 289.

гдѣ одна изъ осей поддерживающая, а другая движущая (крайняя спаренная). Рама телѣжки можетъ

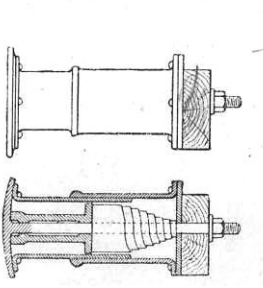
вращаться около шкворня *a*, давленіе же отъ рамы паровоза передается на буксы посредствомъ упорокъ съ шаровыми поверхностями.

БУФЕРНЫЕ И УПРЯЖНЫЕ ПРИБОРЫ.

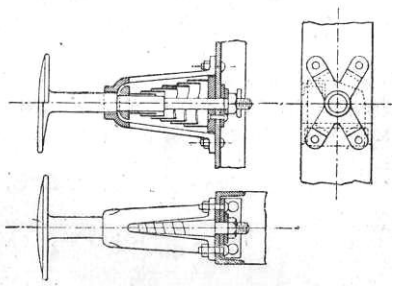
Въ передней части къ продолышмъ балкамъ рамы паровоза прикрѣпляется брусъ, называемый буфернымъ, потому что онъ снабжается особыми приборами (буферами), назначенуыми для смягчепія и даже совершеннаго предупрежденія ударовъ двухъ сцѣпленныхъ между собою повозокъ.

Брусья эти дѣлаются или деревянные (дубовые —

Фиг. 290.



Фиг. 291.

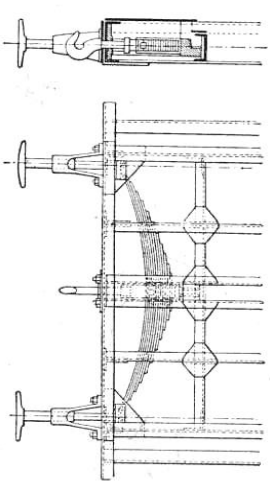


фиг. 290) или желѣзные, изъ корытообразнаго прокатного желѣза (фиг. 291).

Для смягченія ударовъ или для постояннаго нажатія сцѣпленныхъ между собою повозокъ прикрѣпляются къ буфернымъ брусьямъ особыя коробки (открытыя съ боковъ или закрытыя) со спиральными пружинами и съ стержнями, имѣющими на наружныхъ концахъ широкія тарелки (при двухъ буферахъ одна тарелка плоская, другая выпуклая).

Иногда въ качествѣ буферной ресоры употребляютъ вмѣсто двухъ спиральныхъ одну листовую ресору, располагаемую такъ, что давленія отъ буферныхъ стержней передаются на ея концы (фиг. 292).

Фиг. 292.

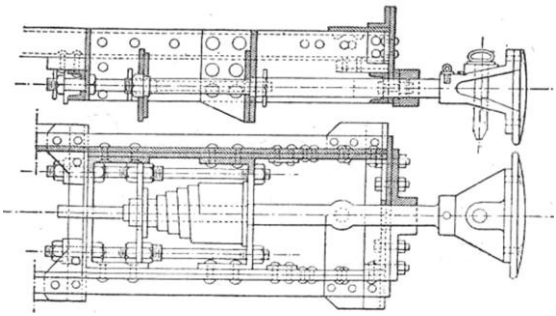


Въ серединѣ буфернаго бруса дѣлается отверстіе, черезъ которое проходитъ стержень, однимъ концомъ упирающійся посредствомъ такъ называемой тяговой ресоры на раму, а другимъ концомъ, имѣющимъ обыкновенно форму крюка, сцѣпляющійся съ сосѣдней повозкой.

На фиг. 292 представлено устройство, гдѣ тяговой стержень прикрѣпленъ къ хомуту буферной ресоры, которая слѣдовательно слукитъ также и тяговою. Такимъ образомъ здѣсь тяговой приборъ (несквозной) соединенъ съ буферными приборами.

Иногда — особенно въ подвижномъ составѣ узкоколейныхъ дорогъ — эти приборы соединяютъ такимъ образомъ, что вмѣсто особыхъ буферныхъ тарелокъ помѣщаютъ тарелку на наружномъ концѣ тягового стержня, и благодаря этому

Фиг. 293.

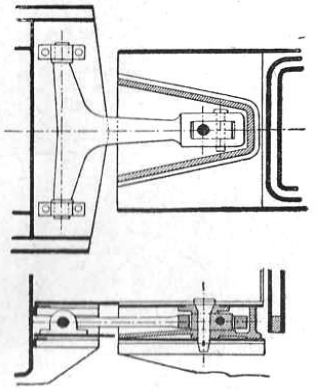


получается центральный упряжной приборъ, буферный и тяговой вмѣстѣ (фиг. 293).

Что касается приборовъ для сцѣпки паровоза съ тендеромъ, то они представляютъ большое разнообразіе.

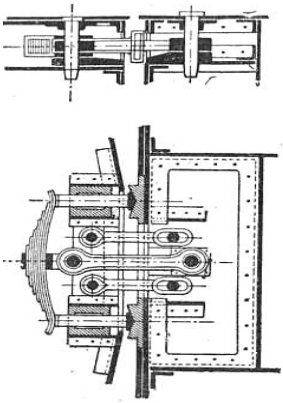
На фиг. 294 представлена треугольная сцѣпка, позволяющая паровозу и тендеру нѣсколько измѣнять относительное ихъ взаимное положеніе какъ въ вертикальной плоскости, такъ и въ горизонтальной. Сцѣпка эта не только жесткая, т. е. безъ ресоръ, но и неизмѣняемая, потому что ее нельзя ни укорачивать, ни удлинять.

Фиг. 294.

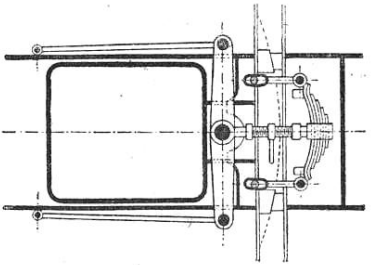


На фиг. 295 представлена упругая сцѣпка съ неизмѣняемымъ тяговымъ стержнемъ, а на фиг. 296 — упругая сцѣпка, которую можно подтягивать помощью винта. Въ этихъ устройствахъ употреблены, кромѣ главнаго тягового стержня, еще по два запасныхъ, на случаи поломки главнаго.

Фиг. 295.

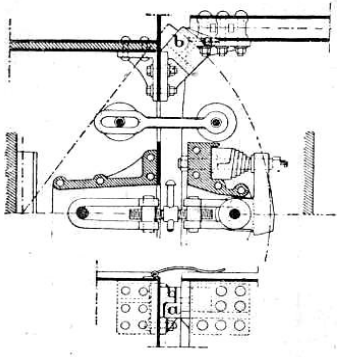


Фиг. 296.



Правильное положеніе точки вращенія паровоза и тендера (относительно другъ друга при движеніи по кривой) можно опредѣлить, какъ было показано выше для двухъ телѣжекъ. Положеніе этой точки можетъ и не совпадать со шкворнемъ упряжного

Фиг. 297.



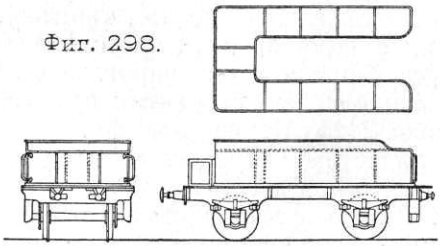
прибора, и для обезпеченія правильнаго относительнаго движенія паровоза и тендера прибѣгаютъ къ особымъ направляющимъ подушкамъ (фиг, 297). Здѣсь *a* подушка, прикрѣпленная къ тендеру, *b* — къ паровозу, и двѣ пары такихъ подушекъ вполнѣ обезпечиваютъ правильное положеніе паровоза и тендера относительно другъ друга.

ТЕНДЕРЪ.

Тендера бываютъ двухосные, трехосные и четырехосные.

Въ Америкѣ употребляются тендера четырехосные, а въ Европѣ большею частью трехосные, рѣже двухосные, такъ какъ послѣдніе могутъ брать менѣе запасовъ воды и топлива.

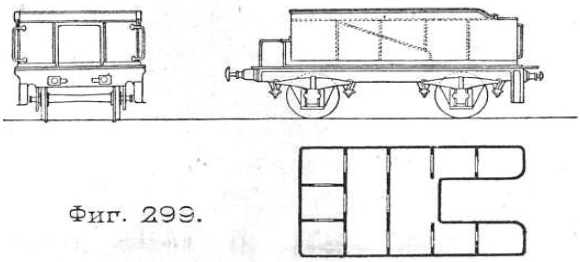
На фиг. 298 представленъ двухосный тендеръ; ящикъ (танкъ) для воды имѣетъ видъ подковы и можетъ вмѣщать



Фиг. 298.

7,5 куб. метр, воды; среднее же пространство назначено для угля (до 3600 килогр.). Полный вѣсъ на ходу 21,6 тонны.

На фиг. 299 изображенъ тоже двухосный тендеръ, но въ средней части танкъ имѣетъ не вертикальную стѣнку, а наклонную, что сдѣлано для пониженія центра тяжести. Емкость танка 9 куб. метр. воды; угля помѣщается до 3600 килогр. Полный вѣсъ на ходу 23,1 тонны.

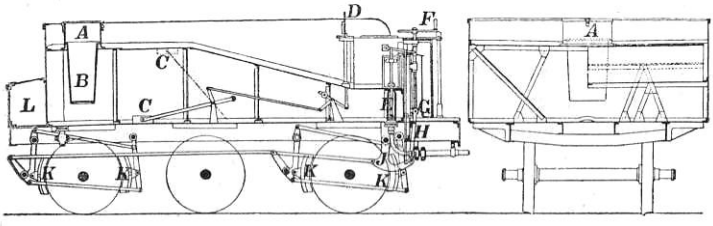


Фиг. 299.

Двухосные тендера бываютъ и тяжелѣе (до 26,3 тоннъ, съ 8 куб. метр, воды и 5000 килогр. угля).

На фиг. 300 представленъ трехосный тендеръ, у котораго танкъ имѣетъ видъ призматическаго ящика;

Фиг. 300.



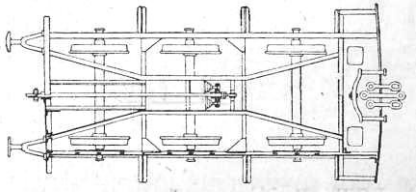
трехосные тендера, особенно для скорыхъ паровозовъ, строятъ очень тяжелыми — до 45,5 тоннъ *), при чемъ однако верхнее строеніе пути настолько солидно, что до пускаетъ давленіе отъ оси паровоза въ 19,5 тоннъ; при обыкновенномъ же устройствѣ пути (съ рельсами вѣсомъ около 24 фунт. на пог. футъ и съ посредственнымъ баластомъ) трехосные тендера строятся легче (полный вѣсъ на ходу отъ 27 до 36 тоннъ).

На фиг. 300 показаны детали устройства: *A* отверстіе, черезъ которое тендеръ наполняется водой; *B* воронка съ отверстіями, въ родѣ сита, для задерживанія сору; *C* поплавокъ, который помощью рычажной передачи

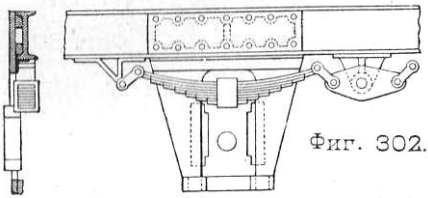
*) На ходу, т. е. съ полными запасами воды (до 23 куб. м.) и топлива (до 8 тоннъ угля).

указываетъ на шкалѣ *D*, сколько въ танкѣ имѣется воды; *E* клапанъ, къ которому вода попадаетъ не иначе, какъ черезъ окружающее его сито, и который закрываетъ отверстіе для выпуска воды изъ тендера въ соединительные рукава и затѣмъ къ инжекторамъ на паровозѣ; *F* ручка тормазного винта, который помощью гайки G, струнокъ *H* и углового рычага *I* приводитъ въ движеніе тормазную рычажную передачу и заставляете колодки *K* прижиматься къ колесамъ. Сзади имеется ящикъ *L* для разныхъ принадлежностей (тендернаго инструмента).

Фиг. 301.



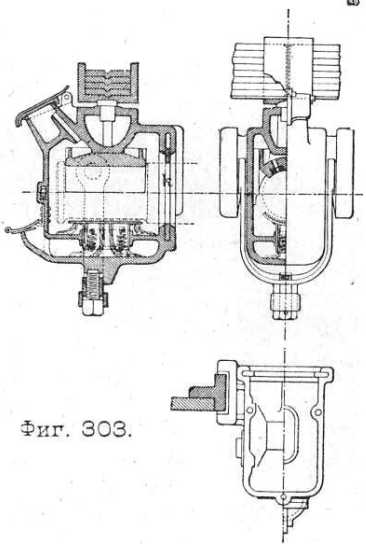
Раму тендера образуюсь прежде всего два продольныхъ бруса (швелера) изъ двутавроваго прокатного желѣза, соединенные между собою (фиг. 301) поперечными и другими брусьями въ одно неизмѣняемое цѣлое.



Фиг. 302.

Къ швелерамъ прикрепляются направляющая для смазочныхъ коробокъ (буксовыя лапы) и поковки для укрѣпленія ресорныхъ сережекъ и балансировъ (фиг. 302).

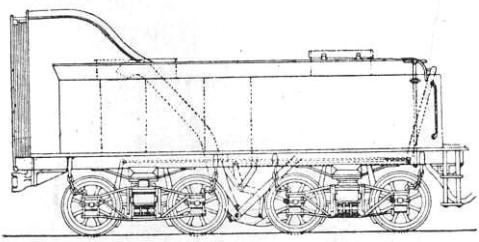
Ресоры передаютъ давленіе на шейки осей посредствомъ смазочныхъ коробокъ (ф. 303).



Фиг. 303.

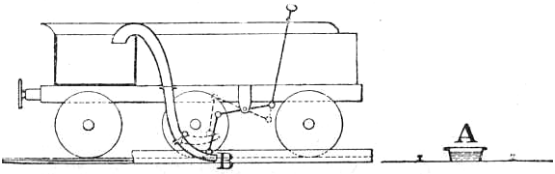
На фиг. 304 представленъ четырехосный американские тендеръ (на 13,5 куб. м. воды и 5500 килогр. угля) съ приспособленіемъ для набора воды на ходу.

Фиг. 304.



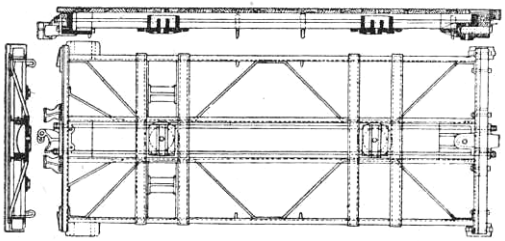
Подобныя приспособленія впервые были введены въ употребленіе въ Англіи *Ramsbottom'*омъ и состоятъ въ томъ, что на извѣстной длинѣ между рельсами укладывается желобъ или длинное корыто *A* (фиг. 305), наполняемое водой, и при проходѣ надъ

Фиг. 305.



такимъ корытомъ машинистъ опускаетъ помощью привода конецъ *B* сифонной трубы, въ которую вода нагнетается вслѣдствіе быстраго движенія поѣзда и выливается въ танкъ. По проходѣ корыта *A* конецъ трубы *B* поднимается, какъ показано пунктиромъ. Благодаря такому приспособленію поѣзда могутъ проходить очень большіе перегоны безъ остановки (свыше 300 килом.).

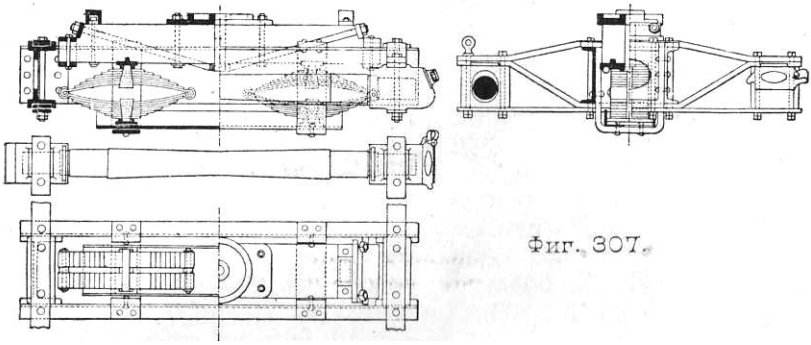
Фиг. 306.



Устройство рамы американскаго тендера видно изъ фиг. 306; здѣсь на рамѣ сдѣлана досчатая настилка, и на ней уже устанавливается танкъ;

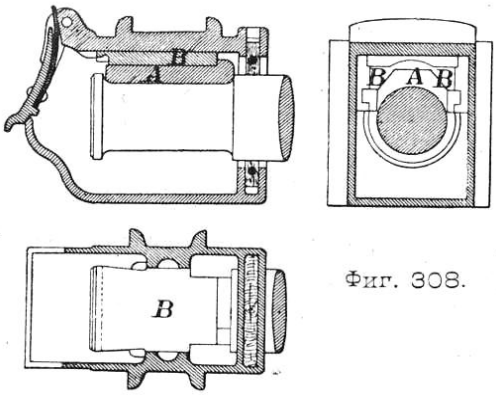
подкладка дѣлается также изъ листового желѣза, а иногда танкъ прямо ставятъ на раму.

Устройство тендерныхъ телѣжекъ видно изъ фиг. 307 — телѣжки эти могутъ только вращаться около неподвижныхъ



Фиг. 307.

шкворней, безъ бокового перемѣщенія.



Фиг. 308.

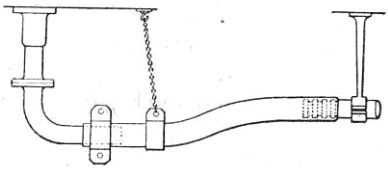
Что касается буксъ американскихъ тендеровъ (ф, 308), то онѣ представляюсь собой цѣльныя чугунныя коробки, а не составные изъ верхней и нижнейчастей; смазка только нижняя, верхней нѣтъ; на бронзовомъ подшипник *A* лежитъ чугунная накладка *B,* и для того чтобы вынуть подшипникъ, стоитъ только вытащить накладку *B* — тогда подшипникъ свободно проходитъ между верхомъ буксы и заплечикомъ осевой шейки.

Въ задней части буксы (фиг. *303,k* и 308) со стороны ступицы колеса, въ особомъ углубленіи помѣ-

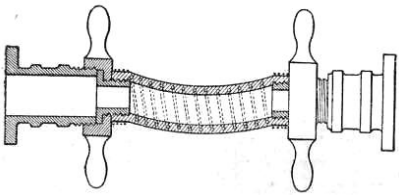
щается кольцо (кожаное или деревянное, иногда обитое войлокомъ) — оно должно плотно обхватывать ось и препятствовать попаданію сора въ коробку, а также выбрасыванію смазки изъ буксы.

Для соединенія тендера съ паровозомъ необходимъ не только упряжной приборъ, но и соединительные рукава для провода воды изъ тендера къ питательнымъ приборамъ паровознаго котла. Рукава эти должны быть таковы, чтобы они не препятствовали относительному перемѣщенію концовъ трубъ, неподвижно прикрѣпленныхъ къ тендеру и паровозу (фиг. 309). Для этого употребляюсь иногда металическія трубки съ подвижными соединеніями концовъ, чаще же всего толстые резиновые рукава съ проволокой внутри для того, чтобы подъ давленіемъ наружнаго воздуха они не сплющивались. Концы такихъ рукавовъ укрѣпляются на концахъ трубъ или посредствомъ скобокъ, или помощью гаекъ (фиг. 310).

Фиг. 309.



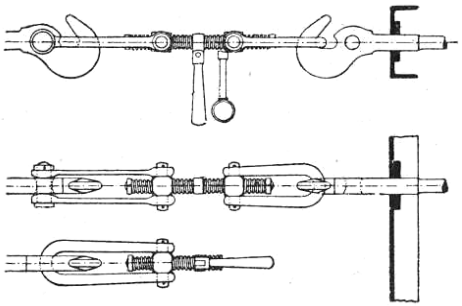
Фиг. 310.



Въ задней части тендера, для сцѣпки его съ вагонами, должны быть буферные и упряжные приборы, подобные по своему устройству тѣмъ, которые имѣются на вагонахъ и на переднемъ буферномъ брусѣ паровоза.

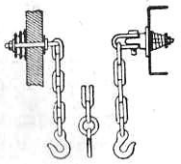
Крюки тяговыхъ стержней сцѣпляются между собою помощью винтовыхъ стяжекъ (фиг. 311), и такою стяжкой снабжается

Фиг. 311.



каждый тяговой крюкъ, для чего въ хвостовой его части дѣлается круглое или продолговатое отверстіе. Въ это отверстіе стяжка вставляется или длинной своей серьгой, или же соединительнымъ валкомъ двухъ струнокъ, замѣняющихъ серьгу. Подтягиваніе сцѣпки производится помощью винта съ округленной нарѣзкой; направленіе нарѣзки на одной половинѣ винтового стержня противоположно направленію ея на другой.

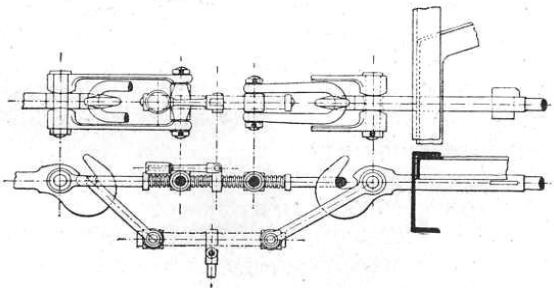
Фиг 312.



Чтобы предупредить разрывъ поѣзда при изломѣ винтовой стяжки, сосѣднія повозки сцѣпляютъ еще такъ называемыми запасными цѣпями (фиг. 312); двѣ такія цѣпи укрѣпляются на буферномъ брусѣ въ одинаковомъ разстояніи отъ середины его, т. е. отъ тягового стержня съ крюкомъ.

Запасныхъ цѣпеи вовсе не употребляютъ, если стяжки устроены такимъ образомъ, что онѣ обѣ могутъ быть накинуты па противоположные тяговые крючья, и слѣдовательно одна служитъ запасною на случай излома другой. На фиг. 313 представлено одно изъ подобныхъ устройствъ, предложенное *Uhlenhuth'*омъ.

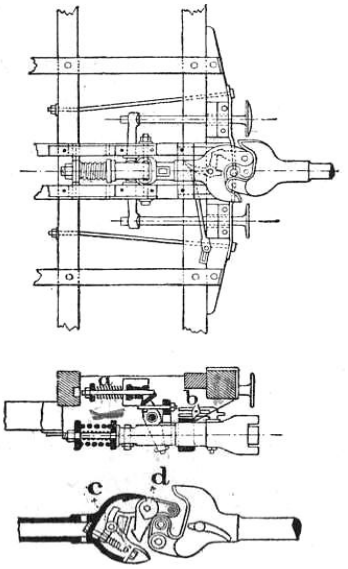
Фиг. 313.



Упряжные приборы американскіе существенно отличаются отъ европейскихъ. Одинъ изъ такихъ при-

боровъ (автоматическая сцѣпка *Janney*) представленъ на фиг. 314. Здѣсь тяговые крюки расположены горизонтально, и при нажатіи одной повозки на другую сами собою сцѣпляются другъ съ другомъ, безъ посредства какой бы то ни было стяжки. Буфера помѣщены очень близко къ тяговому стержню, и ихъ спиральная ресора *a* рычажной передачей связана съ тяговымъ стержнемъ, такъ что получается одинъ центральный упряжной приборъ, буферный и тяговой вмѣстѣ. Расцѣпка производится съ площадки вагона посредствомъ привода, имѣющаго головку *b*, которою можно повернуть вертикальную ось *c* и освободить отъ колѣнчатой защелки (нажимаемой пружиною) плечо колѣнчатаго рычага *d*; другое плечо этого рычага и образуетъ собственно тяговой крюкъ упряжного прибора. При такомъ устройствѣ сцѣпщику нѣтъ надобности становиться на пути между вагонами и подвергать себя опасности быть раздавленнымъ или искалѣченнымъ.

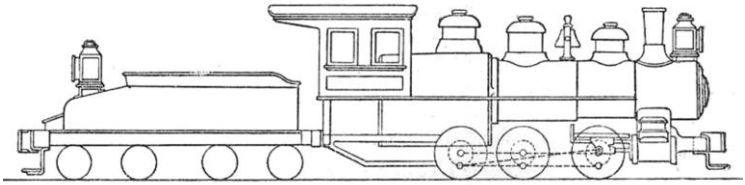
Фиг. 314.



Для станціонной службы (маневровъ по составленію поѣздовъ, прицѣнкѣ и отцѣпкѣ вагоновъ) употребляются большей частью паровозы безъ тендеровъ, имѣющіе необходимые запасы воды и топлива на самихъ себѣ, — такъ называемые танковые паровозы (тендеръ - паровозы). Иногда однако предпочитаютъ и для подобной службы паровозы съ отдѣльными тендерами; но такъ какъ имъ приходится двигаться часто тендеромъ впередъ, то тендерамъ, назначеннымъ для такой службы, придаютъ

особую форму — скошенную кзаду (фиг. 315) для того,

Фиг. 315.



чтобы паровозная прислуга могла удобно и безпрепятственно видѣть путь по направленію движенія паровоза.

СРЕДСТВА УПРАВЛЯТЬ ДВИЖЕНІЕМЪ ПАРОВОЗА И ЦѢЛАГО ПОѢЗДА.

Движеніе паровоза или цѣлаго поѣзда можетъ быть или равномѣрнымъ, или ускоренным, или же замедленнымъ, и зависѣіъ это будетъ не только отъ степени впуска пара въ цилиндры, но и отъ другихъ еще обстоятельствъ.

Разсматривая уравненіе движенія поѣзда

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = F - W - (P + q + Q)i$$

гдѣ

F сила тяги паровоза, доставляемая его машиною,

W сопротивленіе поѣзда на горизонтальномъ пути (прямомъ или криволинейномъ),

мы видимъ, что не только сопротивленіе движенію, но и движущая сила могутъ измѣняться помимо воли машиниста: i можетъ быть положительнымъ (на подъемахъ) и увеличивать сопротивленіе поѣзда, да кромѣ того сопротивленіе это будетъ еще измѣняться отъ вліянія кривыхъ и различныхъ случайностей, какъ напр. вѣтра (особенно сильное вліяніе на увеличеніе

сопротивления можетъ оказывать боковой вѣтеръ); но величина i можетъ быть и отрицательной (на скатахъ), и тогда $(P + q + Q)i$ будетъ движущей силой.

Машинистъ можетъ въ извѣстныхъ предѣлахъ парализовать вліяніе подобныхъ перемѣнныхъ условій на скорость движенія, такъ какъ онъ имѣетъ въ своемъ распоряженіи средства не только ускорять, но и замедлять движеніе.

Представимъ себѣ, что паровозъ стоитъ съ поѣздомъ у станціонной платформы, и по данному сигналу отправленія поѣздъ долженъ тронуться съ мѣста.

Машинистъ ставитъ парораспредѣлительный механизмъ на большой впускъ пара и мало по малу открываетъ регуляторъ, чтобы паръ, устремляясь изъ котла въ цилиндры, не произвелъ порывистаго дѣйствія и не дернулъ паровоза съ поѣздомъ.

Сопротивленіе при троганіи съ мѣста бываетъ гораздо больше, чѣмъ во время движенія по горизонтальному пути, по такъ какъ сила тяги паровоза опредѣляется по сопротивление не на горизонтальномъ пути, а на крутыхъ подъемахъ, то при большщхъ степеняхъ впуска она оказывается достаточной и для троганія съ мѣста.

Тронувъ поѣздъ съ мѣста и держа регуляторъ совершенно открытымъ, машинистъ переводитъ парораспредѣленіе на меньшія степени впуска, при чемъ скорость все увеличивается, не смотря на то, что сила тяги F уменьшается, а сопротивленіе W, зависящее отъ скорости, возрастаетъ. Но съ того момента, какъ F сдѣлается равнымъ W, поѣздъ будетъ продолжать затѣмъ двигаться равномѣрно (установившееся движеніе).

Поддерживать извѣстную скорость движенія поезда или увеличивать ее машинистъ можетъ, увеличивая степень впуска пара въ цилиндры, но при большихъ скоростяхъ нельзя долго пользоваться большими степенями впуска, потому что расходъ пара можетъ оказаться гораздо больше паропроизводительности котла, и давленіе въ котлѣ станетъ падать, между тѣмъ какъ для надлежащей работы оно должно быть какъ можно ближе къ допускаемому наибольшему.

На скатахъ, гдѣ скорость сама собою увеличивается

и можетъ сдѣлаться больше допускаемой, машинистъ уменьшаетъ степень впуска пара или даже вовсе прекращаетъ впускъ, закрывая регуляторъ.

Въ этомъ случаѣ уравнение движенія поѣзда будетъ

$$M\frac{d^2s}{dt^2}=(P+q+Q)i-W$$

и если W при наибольшей допускаемой скорости выходитъ меньше $(P + q + Q)i$, то при достиженга V_{max} необходимо будетъ обратиться къ какимъ-либо средствамъ для увеличенія сопротивления движенію поѣзда.

Приспособленія, назначенныя для того, чтобы производить искусственно сопротивленіе движенію поѣзда, когда въ этомъ есть необходимость, называются тормазными. Для управленія движеніемъ поѣзда тормаза представляютъ очень большое значеніе, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда въ виду опасности можетъ явиться нужда остановить поѣздъ какъ можно быстрѣе и на очень короткомъ разстояніи.

Такимъ образомъ для управленія движеніемъ поѣзда въ распоряженіи паровознаго машиниста должны быть слѣдующдя приспособленія:

А) для измѣненія движущей силы:

а) приводъ къ парораспредѣлительному ному механизму для измѣненія степени впуска пара въ цилиндры;

б) регуляторъ для открыванія и закрыванія выхода пара изъ котла въ цилиндры;

Б) для увеличенія сопротивленія движенію:

в) приспособленіе для дѣйствія тормазами;

г) приспособленіе для подачи сигналовъ, если машинистъ не можетъ дѣйствовать непосредственно всѣми тормазами поѣзда, и часть ихъ приводится въ дѣйствіе лишь прислугой, находящейся при вагонахъ.

УРАВНЕНІЕ ДВИЖЕНІЯ ПОѢЗДА ПРИ ТОРМАЖЕНІИ.

Когда для остановки поѣзда пускаются въ дѣйствіе лишь тормаза вагоновъ, то могутъ быть, конечно, случаи, хотя и рѣдкіе, что паровозъ будетъ идти при этомъ все еще съ открытымъ регуляторомъ.

Если означимъ T сопротивленіе движенію, производимое тормазами, тогда уравненіе движенія поѣзда приметъ видъ

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = F - W(P+q+Q)i - T$$

гдѣ, какъ и раньше:

$$M = \frac{P+q+Q}{g}.1000 + \Sigma\frac{I}{r^2}$$

F сила тяги отъ дѣйствія пара въ цилиндрахъ,

W сопротивленіе поѣзда на горизонтальномъ пути (криволинейномъ или прямомъ),

$P + q + Q$ вѣсъ (въ тоннахъ) паровоза, тендера и вагоновъ,

i уклонъ въ тысячныхъ,

T тормазное сопротивленіе (въ килограмахъ).

Обыкновенно однако при тормаженіи поѣзда регуляторъ закрыть, и слѣдовательно

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = -[W + i(P + q + Q) + T]$$

или иначе

$$M\upsilon d\upsilon = -[W + i(P + q + Q) + T]\,ds.$$

Отсюда мы видимъ, что результатъ тормаженія (напр. длина пути, пройденная поѣздомъ до остановки) будетъ зависѣть отъ слѣдующихъ величинъ:

1) тяжести поѣзда (состава его),
2) скорости движенія,
3) уклона пути,
4) силы тормажеиія.

Самый неблагопріятный случай будетъ для тормаженія на скатѣ, когда i отрицательно; тогда сила тяжести будетъ уменьшать сопротивленіе движенію поѣзда, и для достиженія того же результата потребуется сила тормаженія больше, чѣмъ на горизонтальномъ пути.

Если намъ извѣстна величина T или ея зависимость отъ скорости υ, то изъ послѣдняго уравнения можно интегрированіемъ найти путь s, проходимый поѣздомъ при измѣненіи скорости его изъ υ_1 въ υ_2 (или въ нуль).

Наоборотъ, задавая то или другое разстояніе для остановки поѣзда даннаго состава на томъ или другомъ уклонѣ и при движеніи съ извѣстной скоростью, можно найти или прямо величину T (если она должна быть постоянной, не зависящей отъ скорости движенія), или измѣняющіяся значенія силы тормаженія T въ зависимости отъ скорости υ. Для этого однако долженъ быть извѣстенъ законъ измѣненія T въ зависимости отъ υ:

$$T = \varphi(\upsilon).$$

Зависимость эта можетъ быть опредѣлена только на основаніи, опытовъ.

Что касается самаго способа получать силу *T*, то въ этомъ отношеніи предлагались и примѣнялись такіе пріемы:

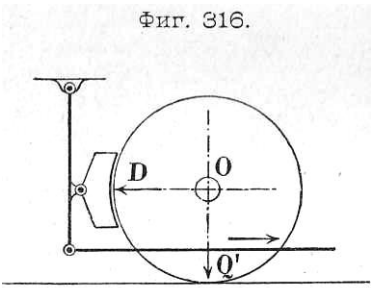
1) дѣйствіе пара въ цилиндрахъ паровоза такимъ образомъ, чтобы усилія на поршняхъ давали не движущую силу, а сопротивленіе движенію;
2) дѣйствіе цилиндровъ паровоза, какъ насосовъ для сжатія воздуха, нагнетаемаго въ особый сосудъ;
3) возбужденіе электрическихъ токовъ энергіею самого движущегося поѣзда и обращеніе этихъ токовъ на замедленіе вращенія колесныхъ скатовъ;
4) возбужденіе тренія между колодками и рельсами или лучше между колодками и колесами.

Особенно широкое примѣненіе представляютъ тормаза послѣдняго вида — съ треніемъ между колодками и колесами.

СООТНОШЕНІЕ МЕЖДУ НАЖАТІЕМЪ КОЛОДОКЪ И НАГРУЗКОЮ НА ТОРМАЗНЫЯ ОСИ.

Пусть *O* будетъ ось, на которую насажено колесо, а къ окружности этого колеса можетъ быть прижимаема колодка съ силою *D* (фиг. 316).

Фиг. 316.



Представимъ себѣ, что ось *O* остается на мѣстѣ, а рельсъ, на который колесо давитъ собственнымъ своимъ вѣсомъ и приходящейся на него нагрузкою, движется вправо.

При этомъ могутъ быть два случая:

1) или рельсъ скользить по колесу, остающемуся неподвижнымъ, и преодолѣваетъ сопротивление

$$\varphi \cdot Q'$$

если

φ коэфицгентъ тренія между колесомъ и рельсомъ,

Q' давленіе отъ колеса на рельсъ;

2) или рельсъ заставляетъ колесо вращаться, преодолевая треніе на шейкѣ оси (о подшипникъ)

и на ободъ колеса (о колодку), т. е. сопротивленіе

$$\mu D + \mu_0 \frac{\rho}{r} Q''$$

гдѣ

μ коэфиціентъ трешя между колесомъ и колодкой,
μ_0 коэфиціентъ тренія на шейкі> оси,
ρ радіусъ шейки,
r радіусъ колеса,
Q'' нагрузка на ось,

и это будетъ происходить только въ томъ случаѣ, когда

$$\mu D + \mu_0 \frac{\rho}{r} Q'' < fQ'$$

гдѣ

f коэфиціентъ сцѣпленія, равный коэфиціенту тренія при началѣ движенія, и потому всегда значительно больше, чѣмъ φ.

Если взять такое нажатіе колодки, чтобы разница между сопротивленіемъ при вращеніи колеса и сцѣпленіемъ его съ рельсомъ

$$fQ' - \left(\mu D + \mu_0 \frac{\rho}{r} Q''\right)$$

была незначительна, лишь бы не нуль и не меньше нуля, то тормазное сопротивленіе будетъ почти въ

$$\frac{fQ'}{\varphi Q'} = \frac{f}{\varphi}$$

разъ больше при вращеніи колеса, чѣмъ при скольжении его по рельсу.

Вотъ почему тормаза съ нажатіемъ колодокъ на рельсы хуже, чѣмъ съ нажатіемъ колодокъ на колеса, а нажатіе колодокъ на колеса должно быть всегда таково, чтобы оно не превышало величины

$$\frac{1}{\mu}\left(fQ' - \mu_0 \frac{\rho}{r} Q''\right)$$

иначе колеса перестанутъ вращаться, и скольженіе ихъ по рельсамъ дастъ меньшее сопротивленіе движенію.

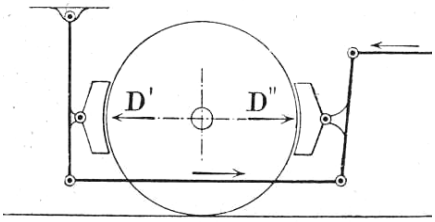
Что касается члена $\mu_0 \frac{\rho}{r} Q''$, то сравнительно съ fQ' это будетъ величина очень малая, и потому условіе, которому должно удовлетворять нажатіе колодокъ на колеса можно написать такъ:

$$D < \frac{f}{\mu} Q'$$

Величина f много зависитъ отъ состоянія поверхности рельсовъ (въ среднемъ можно принимать $f = 0{,}25$).

Тормазное сопротивленіе можно было бы получить, употребивъ не одну колодку, а двѣ (фиг. 317), при чемъ сумма ихъ нажатій D' и D'' должна удовлетворять указанному только - что условію:

Фиг. 317.



$$D' + D'' < \frac{f}{\mu} Q'$$

Тормаза съ двухстороннимъ нажатіемъ колодокъ представляютъ то преимущество, что усилія, дѣйствующія на отдѣльныя колодки, не только могутъ быть вдвое меньше, чѣмъ при одностороннемъ нажатіи, но и могутъ взаимно уравновѣшиваться, не производя нажатія на подшипники и на буксовыя лапы. Такое боковое нажатіе препятствуетъ игрѣ ресоръ и, достигая довольно значительной величины, можетъ отзываться одностороннимъ истираньемъ подшипниковъ и порчею лапъ. Кромѣ того, при двухъ тормазныхъ осяхъ съ 4 только колодками является пара силъ, дѣйствующая посредствомъ тормазныхъ подвѣсокъ на раму, и если колодки расположены между колесами, то передняя часть приподнимается, а задняя опускается; если же колодки расположены иначе, то происходить обратное, т. е. опусканіе передней части и приподниманіе задней части рамы.

Разсматривая цѣлый поѣздъ, можно сказать, что сила тормаженія T будетъ пропорціональна числу

тормазныхъ осей, а для каждой такой оси величинѣ μD, т. е. силѣ нажатія колодокъ и коэфиціенту тренія между колодками и колесами.

Слѣд. сопротивленіе T (сила тормаженія) можетъ быть тѣмъ значительнѣе:

1) чѣмъ больше тормазныхъ осей въ поѣздѣ,
2) чѣмъ значительнее нагрузка на эти оси,
3) чѣмъ сильнѣе нажатіе колодокъ,
4) чѣмъ больше коэфиціентъ тренія между колодкой и колесомъ,

при чемъ однако двѣ послѣднія величины находятся въ зависимости отъ второй, а именно онѣ связаны условіемъ

$$\mu D < fQ'$$

Задавшись величинами f и Q' можно затѣмъ выбрать по произволу большее или меньшее значеніе для D, такъ какъ μ не всегда одинаково»,

Во-первыхъ, μ зависитъ отъ матеріала: для деревянныхъ колодокъ оно значительно больше, чѣмъ для желѣзныхъ или чугунныхъ. Деревянныя колодки однако скорѣе портятся, особенно отъ сильнаго тормаженія (обугливаются).

Во-вторыхъ, μ находится въ зависимости отъ скорости, а именно чѣмъ скорость относительнаго движенія больше, тѣмъ μ меньше.

Въ этомъ отношеніи слѣдуетъ упомянуть объ опытахъ, производившихся въ 50-хъ годахъ на французскихъ жел. дорогахъ сперва инженеромъ *Poitée,* а затѣмъ *Bochet,* для опредѣленія коэфиціентовъ тренія при скольженіи вагонныхъ колесъ, а также колодокъ по рельсамъ.

Зависимость этого коэфиціента отъ скорости *Bochet* выразилъ формулой

$$\mu \frac{\alpha - \beta}{1 + \gamma\upsilon} + \beta$$

гдѣ

α, β, γ — постоянныя, различныя для различнаго состоянія трущихся поверхностей,

υ — скорость движенія.

Особеннаго вниманія заслуживаютъ опыты, произведенные надъ тормаженіемъ поѣздовъ въ концѣ

70-хъ годовъ подъ руководствомъ *Galton'* а, на англійской жел. дорогѣ *London-Brighton & South-Coast.*

Для коэфиціента тренія чугунныхъ колодокъ по стальнымъ шинамъ при различныхъ скоростяхъ были найдены на основаніи этихъ опытовъ слѣдующія величины:

Скорость футъ въ секунду *)	88	73	59	44	29	14,5	7	При троганіи съ мѣста
Наибольшія	0,123	0,153	0,194	0,196	0,240	0,281	0,340	„
Наименьшія	0,058	0,050	0,088	0,098	0,133	0,161	0,156	„
Среднія	0,074	0,116	0,140	1,164	0,192	0,242	0,273	0,330

Кромѣ того было замѣчено, что коэфиціентъ тренія еще зависитъ отъ продолжительности нажатія, а именно:

При скорости футъ въ секунду *)	88	70	55	40	30
Въ началѣ опыта	0,072	0,132	0,152	0,171	0,182
Послѣ 5 секундъ	0,063	0,080	0,096	0,130	0,152
„ 10 „	0,058	0,070	0,083	0,119	0,133
„ 15 „	—	—	0,069	0,081	0,116
„ 20 „	—	—	—	0,072	0,099

*) Приблизительно то же, что килом, въ часъ.

Для коэфиціента тренія при скольженіи стальныхъ шинъ по стальнымъ рельсамъ найдено:

Скорость футъ въ секунду *)	88	80	70	60	50	40	20	10	Какъ разъ передъ остановкой
Коэф. тренія	0,027	0,038	0,040	0,057	0,065	0,070	0,072	0,088	0,242

Что касается тренія между чугунными колодками и стальными шинами, то для среднихъ значеній коэфиціента этого тренія (найденныхъ *Galton*'омъ и помѣщенныхъ въ первой изъ этихъ таблицъ) были предложены формулы професоромъ *Franke*:

$$\mu = Ae^{-\frac{v}{m}}$$

и професоромъ *Fliegner*' омъ:

$$\mu = \frac{a}{b + v}$$

Въ этихъ формулахъ

v скорость движенія въ метрахъ въ секунду,

e основаніе гиперболическихъ логариѳмовъ,

$A = 0{,}29$

$m = 25$

$a = 4{,}096$

$b = 12{,}46$.

При опытах Galton’а сцѣпленіе колесъ съ рельсами было въ среднемъ около 0,24 - 0,25 отъ давленія оси на рельсы, иногда оно впрочемъ падало до 0,19 и бывали случаи, когда величина его превышала 0,25.

Въ зависимости отъ сцѣпленія колесъ съ рельсами, можно для тренія колес о колодки брать то или другое отношеніе между нажатіем колодки и

---

*) Приблизительно то же, что килом. въ часъ.

давленіемъ колеса на рельсъ, и *Galton* даетъ слѣдующія величины для этого отношенія $\left(\frac{D}{Q'}\right)$:

При скорости футъ въ сек. *)	При коэфиціентѣ сцѣпленія			
	0,30	0,25	0,20	0,15
	Отнош. между нажатіемъ колодокъ и давлен. колеса на рельсъ.			
11	1,20	1,04	0,83	0,60
22	1,41	1,18	0,94	0,70
29	1,64	1,37	1,09	0,82
44	1,83	1,53	1,22	0,92
59	2,07	1,73	1,38	1,04
73	2,48	2,07	1,65	1,24
88	4,14	3,47	2,77	2,08

При устройствѣ тормаза нельзя однако расчитывать на то, что давленіе колодокъ можно будетъ изменять съ измѣненіемъ скорости.

Поэтому при выборѣ отношепія между нагрузкой на ось и нажатіемъ колодокъ на колеса нужно остановиться на такомъ числѣ, которое давало бы значительное тормаженіе, но не было бы сопряжено съ неудобствами и даже опасностью отъ скольженія колесъ по рельсамъ, вмѣсто каченія.

Опытъ показалъ, что отношение $\frac{D}{Q'}$ около 0,80—0,90 даетъ наиболѣе удовлетворительные результаты.

*) Приблизительно то же, что килом. въ часъ.

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ТОРМАЗОВЪ.

Тормаза съ колодками представляютъ много различныхъ устройствъ, какъ потому, какого вида сила употребляется для нажатія колодокъ, такъ и по способамъ приведенія этой силы въ дѣйствіе.

Въ послѣднемъ отношении можно различать:

а) тормаза *одиночные* (независимые), когда каждый тормазной вагонъ тормазится независимо отъ другихъ;
б) тормаза, дѣйствующіе *группами,* т. е. сразу у нѣсколькихъ вагоновъ;
в) тормаза *непрерывные,* которые приводятся въ дѣйствіе всѣ сразу, отъ одного конца поѣзда до другого.

Ручные тормаза могутъ быть всѣхъ этихъ трехъ видовъ, но простѣйшее устройство — это ручные тормаза, приводимые въ дѣйствіе отдѣльно на каждомъ тормазномъ вагонѣ.

Вмѣсто ручного дѣйствія можно для нажатія колодокъ употребить и другую силу, какъ-то: давленіе пара; натяженіе ресоръ; давленіе воды изъ акумулятора; живую силу движущагося поѣзда; силу тяжести (падающаго груза); давленіе воздуха (при выкачиваніи или разрѣженіи воздуха въ сосудѣ съ подвижной стѣнкой или съ поршнемъ) и давленіе сжатаго воздуха.

Если энергія того или другого вида будетъ заранѣе запасена, то при непрерывныхъ тормазахъ она можетъ быть пускаема въ дѣйствіе для нажатія колодокъ не только по произволу паровозной и поездной прислуги или пасажировъ поѣзда, но и автоматически, вслѣдствіе разрыва поѣзда; или же тормаза могутъ быть устроены такъ, что разрывъ поѣзда не влечетъ самъ за собою дѣйствія тормазовъ.

Въ этомъ заключается разница между двумя видами *непрерывныхъ* тормазовъ — *автоматыческихъ* и *неавтоматическихъ*.

Важную роль въ дѣйствіи тормазовъ, помимо силы нажатія, играетъ еще быстрота и обезпеченность дѣйствія, и въ этомъ отношеніи должно быть обращено большое вниманіе на то, чтобы спусковое приспособленіе отличалось не только мгновенностью дѣйствія для одновременнаго тормаженія по всей длинѣ поѣзда, но и полной надежностью. Отказъ или неисправное дѣйствіе дѣйствіе тормаза въ минуту опасности можетъ имѣть самыя гибельныя послѣдствія.

Идеальными тормазами, въ отношеніи къ быстротѣ остановки, можно было бы считать такіе, которые давали бы возможность, какъ только понадобится, прижимать моментально и одновременно во всемъ поѣздѣ колодки къ колесамъ съ такимъ усиліемъ, которое даетъ наибольшее сопротивление и, какъ мы видѣли, имѣетъ своимъ предѣломъ сцѣпленіе. Величину сцѣпленія можно считать постоянной, и чтобы сопротивленіе отъ тренія между колодками и колесами было тоже постояннымъ, нужно, чтобы, съ измѣненіемъ коэфиціента тренія μ въ зависимости отъ скорости, измѣнялось соответствующимъ образомъ и нажатіе колодокъ. Въ такомъ случаѣ тормазное сопротивленіе движенію T было бы постояннымъ, и уравненіе движенія поѣзда

$$M\upsilon d\upsilon = -[W + i\,(P + q + Q) + T]\,ds$$

можно было бы очень просто проинтегрировать, принявъ въ выраженіи для W нѣкоторое постоянное (среднее) значеніе для члена, зависящаго отъ скорости, въ виду того, что членъ W будетъ гораздо меньше T.

Тогда для остановки поѣзда получаемъ:

$$M\frac{v^2}{2} = [W + i(P + q + Q) + T]s$$

и если положимъ

$$W = (P + q + Q)[2{,}4 + 0{,}001(V^2)_m + i]$$

$$M = \frac{1{,}09}{9{,}81}(P + q + Q) \,.\, 1000$$

то найдемъ

$$T = (P + q + Q)\left[\frac{4V^2}{s}(2{,}4 + 0{,}001(V^2)_m + i)\right]$$

откуда путь (в метрахъ):

$$s = 4V^2 \div \left[\frac{T}{P + q + Q} + 2{,}4 + 0{,}001(V^2)_m + i\right].$$

Движущійся поѣздъ находится теперь подъ дѣйствіемъ постоянной силы, и движеніе должно быть равномѣрно замедленнымъ, т. е. зависимость между временемъ, скоростью и пространствомъ будетъ:

$$\frac{vt}{2} = s$$

и слѣдовательно, зависимость между скоростью и временемъ будетъ:

$$t = 28{,}8\, V \div \left[\frac{T}{P + q + Q} + 2{,}4 + 0{,}001\,(V^2)_m + i\right].$$

Отсюда слѣдуетъ, что на скатѣ, для котораго i = 2,5+ $0{,}001(V^2)_m$, будетъ:

$$t = 28{,}8\, V \frac{P + q + Q}{T}$$

и

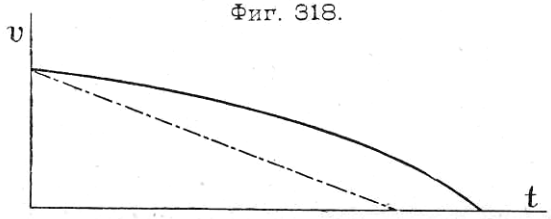
$$s = 4\,V^2 \,.\, \frac{P + q + Q}{T}.$$

Здѣсь

t время въ секундахъ до остановки,
s пространство въ метрахъ,
V скорость движенія въ килом. въ часъ въ началѣ тормаженія,
$P + q + Q$ вѣсъ поѣзда въ тоннахъ,
T постоянное тормазное сопротивление въ килограмахъ.

Такимъ образомъ для идеальнаго тормаза скорость съ теченіемъ времени измѣнялась бы по прямой лиши; на самомъ дѣлѣ измѣненіе это для различныхъ существующихъ тормазовъ происходитъ иначе, и уменьшеніе скорости въ началѣ обыкновенно бываетъ медленнее, чѣмъ къ концу, передъ остановкой (фиг.318).

Фиг. 318.



Вслѣдствіе этого и путь и время отъ начала тормаженія до остановки будутъ больше для существующихъ тормазовъ, чѣмъ для идеальнаго тормаза, для котораго величины эти при данной начальной скорости движенія V могутъ быть найдены по приведеннымъ только что формуламъ.

Такимъ образомъ можно составить себѣ понятіе о дѣйствіи тѣхъ или другихъ тормазовъ, если сравнить найденныя изъ опыта величины пути и времени до остановки съ величинами s и t для идеальнаго тормаза.

Такъ напр. еслибы въ поѣздѣ не всѣ оси были тормазныя, а только $^2/_3$ общаго вѣса $(P + q + Q)$ приходилось бы на оси съ тормазами, то при начальной скорости $V = 80$ килом, въ часъ и при такомъ нажатіи, которое даетъ
$T = 0{,}25 \,.\, ^2/_3 \,.\, (P + q + Q).\, 1000$, получили бы для идеальнаго тормаза

$$t = 28{,}8 \,.\, \frac{80}{0{,}25 \,.\, \frac{2}{3} \,.\, 1000} = 14 \text{ секундъ}$$

и

$$s = 4 \cdot \frac{6400}{0{,}25 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1000} = 154 \text{ метр.}$$

т. е. поѣздъ долженъ былъ бы остановиться черезъ: 14 секундъ, пройдя 154 метра.

Числа эти соотвѣтствуютъ скату съ

$$i = 2{,}4 + 0{,}001 \cdot \frac{2}{3} \cdot 80^2 = 6{,}8$$

т. е. съ уклономъ около 0,007 *).

На горизонтальномъ же прямомъ пути ихъ слѣдовало бы уменьшить въ

$$\frac{0{,}25 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1000 + 2{,}4 + 4{,}3}{0{,}2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1000} = 1{,}04 \text{ раза или всего лишь на 4\%}$$

Еслибы нужно было опредѣлить, съ какою скоростью можно допустить по данному уклону (скату) i движеніе поѣзда, снабженнаго тормазами съ нажатіемъ на колодки въ 0,9 тормазного вѣса Q' чтобы поѣздъ могъ быть остановленъ на разстояніи s_1 метровъ послѣ начала дѣйствія тормазовъ, то въ уравненіи движенія поѣзда можно подставить вмѣсто T выраженіе его зависимости отъ скорости

$$T = 0{,}9 \cdot \mu \cdot Q' = \varphi(\upsilon)$$

и затѣмъ проинтегрировать уравненіе движенія поѣзда

$$M\upsilon d\upsilon = -[W + i(P + q + Q) + \varphi(\upsilon)]\, ds$$

въ предѣлахъ отъ 0 до s (по s) и отъ υ до 0 (но υ).

Полученное затѣмъ выраженіе

$$s = \Phi(\upsilon)$$

можно построить въ видѣ плавной кривой, принимая разныя значенія для υ, какъ для абсцисъ, и нанося

---

*) Предполагая, что величина V^2 измѣняется по параболической кривой, принимаемъ $(V^2)_m = {}^2/_3\, V^2$.

точки, соотвѣтствующія получаемымъ s, какъ ординатамъ.

На кривой этой затѣмъ слѣдуетъ найти точку, соотвѣтствующую заданному s_1 и по ней опредѣлить искомую скорость υ_1 или $V_1 = 3{,}6\,\upsilon_1$.

Что касается опредѣленія числа тормазовъ въ поѣздѣ, то эту задачу можно выразить такъ: по заданной начальной скорости υ и разстоянію s до остановки найти тормазной вѣсъ Q поѣзда, если нажатіе колодокъ составляетъ столько-то процентовъ этого вѣса. Задача эта рѣшается также интегрированіемъ приведеннаго выше уравненія движенія поѣзда.

Слѣдуетъ однако имѣть въ виду, что результаты подобныхъ вычисленій не могутъ быть вполнѣ соотвѣтствующими дѣйствительности уже по самому характеру нѣкоторыхъ величинъ, входящихъ въ формулы и представляющихъ далеко не всегда одинаковыя значенія.

Кромѣ того при дѣйствіи тормазами важно еще то обстоятельство, что отъ подачи сигнала къ тормаженію до начала дѣйствія колодокъ на колеса проходитъ нѣкоторое время — при ручныхъ тормазахъ не менѣе 10—15 секундъ, и за это время поѣздъ успѣетъ пройти уже значительное разстояніе; такъ, при скорости 72 килом, въ часъ въ каждую секунду поѣздъ пролетаетъ 20 метровъ. Отсюда видно, что при большихъ скоростяхъ необходимо прибѣгать къ тормазнымъ устройствамъ, обезпечивающимъ если не мгновенность, то возможно большую быстроту дѣйствія всѣхъ тормазовъ поѣзда, напр. къ тормазамъ изъ разряда воздушныхъ автоматическихъ.

ТОРМАЗА, УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ НА ПАРОВОЗѢ И ТЕНДЕРѢ.

РУЧНЫЕ ТОРМАЗА.

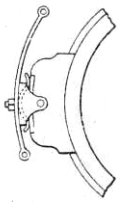
Ручной тормазъ съ колодкой — это простѣйшее и давнишнее устройство — составляешь и до сихъ поръ необходимую принадлежность каждаго тендера.

Ручной тормазъ устраивается обыкновенно такъ, что на прикрѣпленныя къ качающимся подвѣскамъ колодки передается усиліе тормазильщика (напр. помощника машиниста) посредствомъ тягъ, колѣнчатыхъ рычаговъ и винта, и такимъ образомъ усиліе человѣка, очень небольшое даже при всемъ напряженіи его силъ, превращается въ довольно значительное давленіе колодокъ на колеса.

Для достиженія большого передаточнаго числа прибѣгаютъ часто къ винтовой передачѣ, но такая передача связана съ значительными побочными сопротивленіями, и потому полезное дѣйствіе ручного тормаза бываетъ очень низко (0,25 до 0,16, какъ показали опыты на Скверной французской ж. дорогѣ и на нашихъ Юго-Западныхъ ж. дорогахъ).

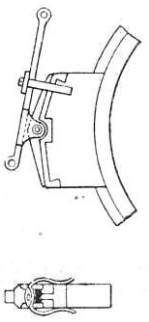
На фиг. 319 представлена схема ручного тормаза съ одностороннимъ нажатіемъ колодокъ. Колодка подвѣшивается посредствомъ струнки,

Фиг. 320.



которая можетъ вращаться около неподвижной точки; а чтобы колодка могла прилегать всею поверхностью соприкасанія къ колесу, подвѣску скрѣпляютъ съ колодкой шарнирно и обезпечиваютъ надлежащее относительное положеніе колодки съ помощью пружины (фиг. 320 и 321).

Фиг. 321.

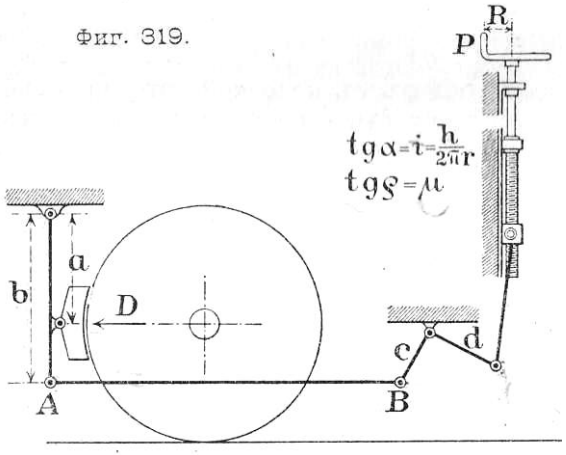


Зависимость между нажатіемъ D и усиліемъ тормазилыцика P опредѣляется по фиг. 319 такъ:

$$D = P \frac{R}{r \cdot tg(\alpha+\rho)} \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{b}{a}$$

при чемъ здѣсь принято во вниманіе только треніе

Фиг. 319.



винта въ гайкѣ; въ виду этого и усиліе P слѣдуетъ считать равнымъ не наибольшему, какое только можетъ дать рабочій, а достаточно ограничить его

25—30 килограмами. Радіусъ *K* маховичка или ручки берутъ обыкновенно около 200 мм., радіусъ стержня винта *r* около 20 мм., подъемъ винтовой линіи *i* около 0,08 ($i = tg\ \alpha = h/2\pi r$, гдѣ *h* шагъ винта, и *h* обыкновенно около 10 мм.; $tg\ \rho = \mu$, коэфиціентъ тренія винта въ гайкѣ, около 0,1. Рычажная передача должна быть устроена такимъ образомъ, чтобы давленіе было достаточно сильно, но чтобы однако для прижатія колодокъ къ колесамъ не требовалось болѣе 6—8 оборотовъ винта, т. е. при зазорѣ около 5 мм. между колодкой и колесомъ, когда тормазъ не дѣйствуетъ (отпущенъ), передаточное число для рычажной передачи (или сумма такихъ чиселъ для рычажныхъ передачъ ко всѣмъ колодкамъ) должна быть около $\frac{6.10}{5}$ или $\frac{8.10}{5}$ $(12$ или $16)$, что въ совокупности съ винтовой передачей даетъ полное передаточное число (теоретическое) около

$$\frac{R}{r}.\frac{1}{tg\,\alpha}.12 = 10\,.\,12{,}5\,.\,16 = 1500$$

или

$$\frac{R}{r}.\frac{1}{tg\,\alpha}.12 = 10\,.\,12{,}5\,.\,16 = 2000$$

а дѣйствительное передаточное число около

$$0{,}2\ .\ 1500 = 300$$

или

$$0{,}2\ .\ 2000 = 400$$

если считать коэфиціентъ полезнаго дѣйствія всей передачи въ $0{,}20$.

Такимъ образомъ усиліе даже въ 60 килогр., дѣйствующее на рукоятку тормаза, произведетъ нажатіе колодокъ съ силою около

18000 — 24000 килогр.

при чемъ это усиліе распредѣлится между двумя (тремя или четырьмя) тормазными осями.

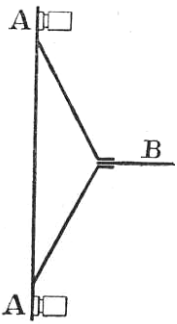
Обыкновенно однако передаточное число для рычажной передачи берутъ гораздо меньше, и если взять его равнымъ 4, то нажатіе колодокъ будетъ всего около

6000 килогр.

Чтобы повысить тормазное сопротивленіе, вмѣсто чугунныхъ употребляютъ иногда деревянныя колодки (напр. осиновыя).

Что касается устройства рычажной передачи, то оно бываетъ очень разнообразно; лучше то, при которомъ всѣ колодки даютъ одинаковое нажатіе на колеса, и по тягамъ или стержнямъ (струнамъ) передаются у силія растягивающія, а не сжимающія.

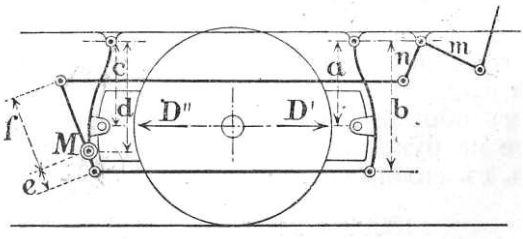
Фиг. 322.



Для того чтобы усиліе, передаваемое по тягѣ *AB* (фиг. 319), распредѣлялось поровну между колесами одной и той же оси, необходимо соединить нижніе концы подвѣсокъ валомъ *A* и тягу *B* направить или къ срединѣ этого вала или къ пересѣченію двухъ наклонныхъ тягъ, идущихъ къ цапфамъ *A* (фиг. 322).

Подобны мъ образомъ при двустороннемъ нажатіи валъ *M* (фиг. 323) для обезпеченія дѣйствія всѣхъ колодокъ долженъ быть связанъ такъ съ рычагами и подвѣсками, чтобы могъ

Фиг. 323.



перемѣщаться вмѣстѣ съ ними, а не лежать въ гнѣздахъ, укрѣпленныхъ въ рамѣ.

Давленія на колодки будутъ выражаться, какъ видно изъ чертежа, такимъ образомъ:

$$D' = P \cdot \frac{R}{r \cdot tg(\alpha + \rho)} \cdot \frac{m}{n} \cdot \frac{f}{e} \cdot \frac{b}{a}$$

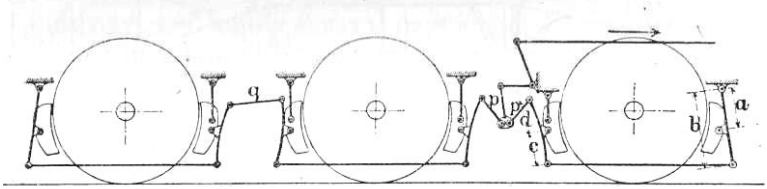
$$D'' = P \cdot \frac{R}{r \cdot tg(\alpha + \rho)} \cdot \frac{m}{n} \cdot \frac{e+f}{e} \cdot \frac{d}{c}$$

т. е. для равномѣрности распредѣленія давленій между колодками необходимо еще устроить такъ, чтобы

$$f \cdot \frac{b}{a} = (e+f) \cdot \frac{d}{c} .$$

На фиг. 324 представлено, какимъ образомъ можно было бы достичь равномѣрнаго распредѣленія давленія между

Фиг. 324.



двусторонними колодками при трехъ осяхъ (здѣсь однако введены короткіе стержни p и q, подверженные сжатію). Плечи рычаговъ должны удовлетворять нѣкоторымъ условіямъ, такъ напр. для передней оси:

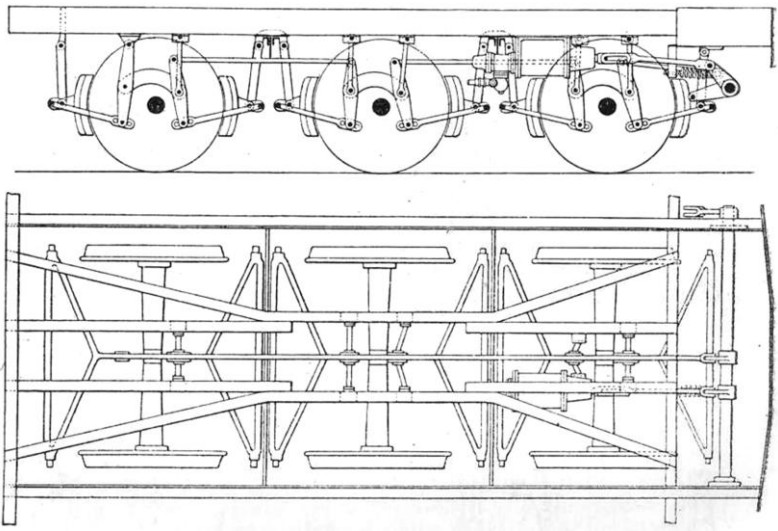
$$\frac{b}{a} = \frac{c+d}{d}.$$

На фиг. 325 изображена схема устройства, гдѣ въ рычажной передачѣ вовсе нѣтъ стержней, которые подвергались бы иродольнымъ сжимающимъ усиліямъ (только стержень отъ воздушнаго тормазного цилиндра подвергается сжатію).

На американскихъ тендерахъ вмѣсто винтовой передачи употребляютъ цѣпь, навивающуюся на валъ

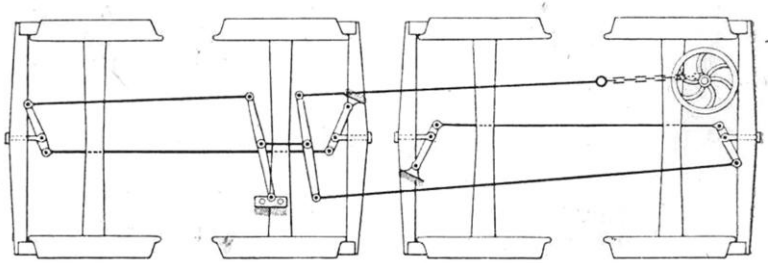
при вращеніи маховичка, а для равномѣрнаго распредѣленія

Фиг. 325.



усилій между колодками употребляютъ различныя

Фиг. 326.



рычажныя передачи въ родѣ представленной на фиг. 326.

ПАРОВЫЕ ТОРМАЗА.

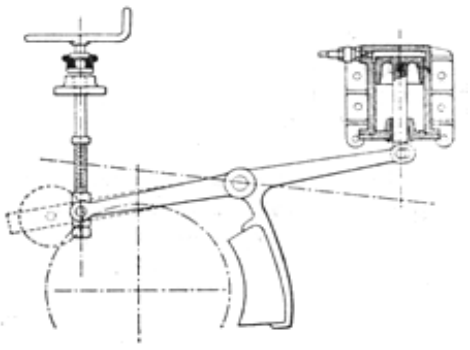
Для цѣлей тормаженія давленіемъ пара можно въ паровозѣ воспользоваться двояко:

1) или заставить паръ въ цилиндрахъ паровоза давить на поршни съ той стороны, куда они движутся;
2) или пускать паръ въ особые цилиндры, поршневые стержни которыхъ дѣйствуютъ на рычажную передачу тормаза съ колодками.

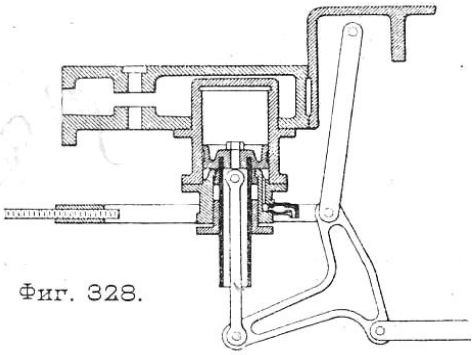
Последнее устройство представляетъ особенную выгоду для маневровыхъ паровозовъ, которымъ приходится работать съ частыми остановками.

На фиг. 327 представленъ паровой тормазъ съ особымъ тормазнымъ цилиндромъ; паръ, притекающій по трубкѣ изъ котла, впускается въ верхнюю часть цилиндра, производись давленіе на поршень и, надавливая деревянную колодку на колесо, приподнимаетъ противовѣсъ и винтовой стержень, который можетъ свободно двигаться вверхъ. Противовѣсъ обезпечиваетъ удаленіе колодокъ отъ колесъ, когда нужно отпустить тормазъ, а винтовой стержень позволяетъ работать и въ ручную.

Фиг. 327.



На фиг. 328 представленъ паровой цилиндръ, установленный на паровозѣ вертикально какъ разъ впереди упряжного шкворня. Паръ пускается въ нижнюю часть цилиндра и приподымаетъ поршень, а тяга этого поршня заставляетъ вращаться трехплечій рычагъ такимъ образомъ, что когда, положимъ, тяга отъ нижняго конца рычага нажметъ колодки у паровозныхъ колесъ, то движеніе поршня передается на колодки тендерныхъ колесъ посредствомъ тяги, идущей отъ верхняго конца рычага.



Фиг. 328.

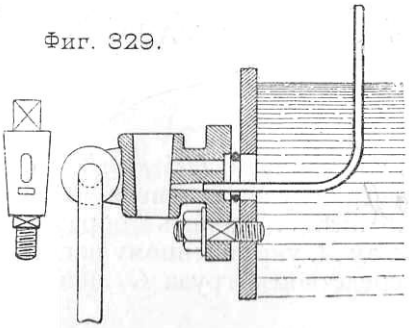
Что касается употребления пара изъ котла паровоза для того, чтобы производить сильное противное давленіе непосредственно въ цилиндрахъ машины, и заставлять паровозъ действовать какъ нагнетательный насосъ, расходуя живую силу движущегося поезда, то въ репрестонномъ тормазѣ *Krauss'*а свѣжій паръ изъ котла впускается въ цилиндры особымъ золотникомъ, при чемъ паровыпускная труба закрывается; а въ тормазѣ, дѣйствующемъ противопаромъ (контрпаромъ), пароraспредѣлительный механизмъ перекидывается, т. е. ставится на обратный ходъ, и соотвѣтствующимъ образомъ измѣняется дѣйствіе пара въ цилиндрахъ, при чемъ паръ изъ цилиндровъ вытѣсняется обратно въ золотниковую коробку и нагнетается въ котелъ; такъ какъ при перекинутомъ пароraспредѣленіи черезъ паровыпускную трубу въ цилиндры стали бы всасываться изъ дымовой коробки горячіе продукты горѣнія и мелкіе угольки, то стѣнки цилиндровъ, поршни и золотники могли бы чрезмерно нагрѣваться, а набивки и трущіяся поверхности портиться.

Чтобы предупредить всасываніе газовъ изъ дымовой

коробки и устранить указанные недостатки, *Lechatelier* предложилъ при дѣйствіи противопаромъ пускать въ парооотводныя полости у цилиндровъ смѣсь пара и воды изъ котла.

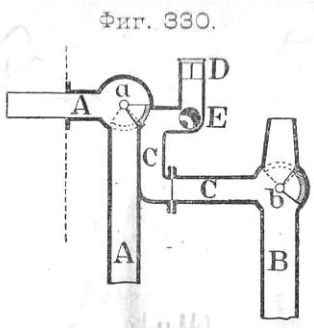
Все приспособленіе для этой цѣли можетъ заключаться лишь въ кранѣ (фиг. 329), посредствомъ котораго въ трубку, идущую въ парооотводную полость у цилиндровъ, машинистъ можетъ пускать одновременно паръ и воду изъ котла.

Фиг. 329.



На фиг. 330 представлена схема репресіоннаго тормаза *Krauss*'а. Въ паровпускной трубѣ *A* и парооотводной *B* помѣщены вращающіеся золотники *a* и *b*, а самым трубы соединены между собою трубой *C*.

Фиг. 330.

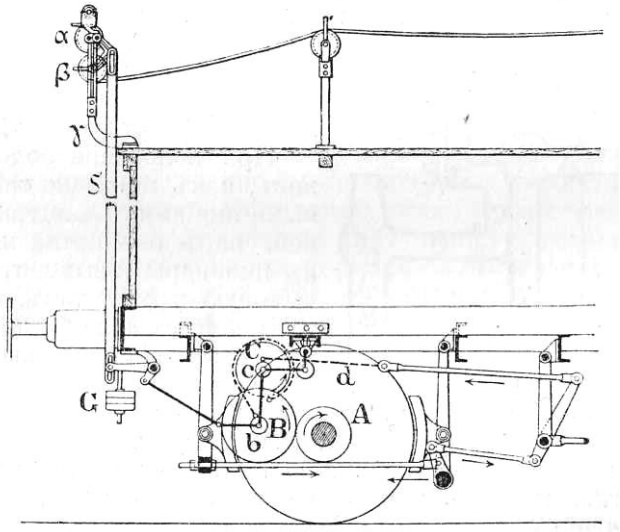


При положеніи золотниковъ, какъ показано сплошными линіями съ заштриховкой, паръ изъ котла идетъ въ цилиндры и выходить въ дымовую трубу такъ, какъ то требуется для обыкновеннаго дѣйствія паровоза, и соединительная труба не играетъ никакой роли. При положении же, показанномъ пунктиромъ, паръ изъ котла черезъ трубу *C* идетъ въ парооотводную трубу, но выходъ ему наружу закрыть, и потому онъ подвергается сжатію. Чтобы давленіе пара не перешло за извѣстный предѣлъ, на соединительной трубѣ *C* имѣется предохранительный клапанъ *D*, сообщеніе съ которымъ можетъ устанавливаться посредствомъ крана *E*.

ТОРМАЗЪ ХЕБЕРЛЕЙНА.

Въ тормазѣ *Heberlein'*а для нажатія колодокъ на колеса служитъ живая сила (кинетическая энергія) поѣзда такимъ образомъ (фиг. 331), что къ шкиву *A*, укрѣпленному наглухо на оси, прижимается посредствомъ груза *G* шкивъ *B* и начинаетъ вращаться; вращеніе это посредствомъ

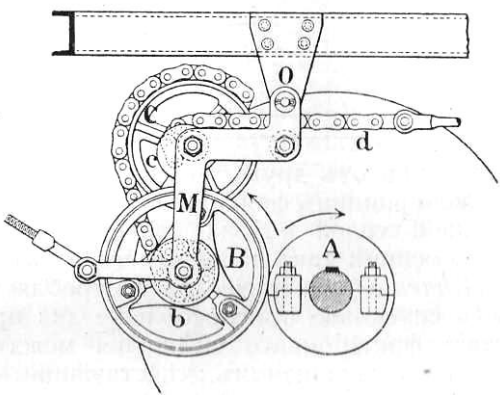
Фиг. 331.



маленькаго зубчатаго блока *b* пластинчатой цѣпью передается шкиву *C* и блоку *c*, забирающему на себя цѣпь *d*, при чемъ колодки движутся до соприкосновенія съ колесами. Оси шкивовъ *B, C* и блоковъ *b, c* расположены въ рамкѣ изъ двухъ колѣнчатыхъ плаетинокъ *M*, под-

вѣшенныхъ къ рамѣ повозки посредствомъ валковъ *O* (фиг. 332).

Фиг. 332.



Эти тормаза устраиваются непрерывными, такъ что передъ отправленіемъ поѣзда всѣ шкивы *B* и тормазныя колодки съ помощью ворота, установленнаго на одномъ изъ вагоновъ или на паровозѣ (въ послѣднемъ случаѣ воротъ можетъ быть паровой), отводятся отъ колесъ и шкивовъ *A*. Для этого служить веревка, проходящая во всю длину поѣзда и обхватывающая блоки α, β у каждаго тормазного вагона (фиг. 331).

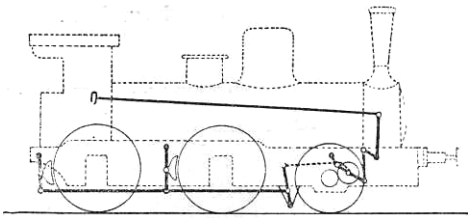
Блокъ α укрѣпленъ неподвижно въ стойкѣ γ, въ которой имѣется также ось вращенія для колѣнчатаго рычага съ блокомъ β на другомъ его концѣ. При натягиваніи веревки блокъ β движется вправо, вверхъ, приподнимаетъ посредствомъ стержня δ противовѣсъ *G* и отводитъ шкивъ *B* отъ шкива *A*.

Отпуская веревку болѣе или менѣе, можно получить ту или другую силу тормаженія поѣзда.

Тормазъ этотъ принадлежишь къ разряду автоматическихъ, такъ какъ при разрывѣ поѣзда, всѣ тормазныя колодки сами собою прижимаются къ колесамъ.

У паровоза (фиг. 333) снабжаются колодками движутся колеса, и тормазъ приводится въ дѣйствіе машинистомъ изъ будки посредствомъ тяги, съ помощью которой можно заставлять фрикціонные шкивы приходить въ соприкосновеніе между собою или удаляться другъ отъ друга.

Фиг. 333.



Тотъ же принципъ фрикціонной передачи и пользованія живой силой поѣзда для нажатія колодокъ лежитъ въ основѣ такъ называемаго электрическаго тормаза *Achard*'а (электричество употребляется здѣсь лишь какъ спусковое приспособление для приведенія въ дѣйствіе фрикціоннаго сцѣпленія между осью и передаточнымъ механизмомъ, дѣйствующимъ на тормазныя колодки).

VACUUM ТОРМАЗА.

Необходимая составная часть всякаго воздущнаго тормаза — воздухопроводныя трубы, идущія отъ одного конца поѣзда до другого.

Если въ этомъ воздухопроводѣ посредствомъ эжектора, установленнаго на паровозе, будетъ произведено разрѣженіе воздуха — *vacuum* (до $^2/_3$ атмосфернаго давленія, при чемъ въ воздухопроводѣ упругость воздуха будетъ около $^1/_3$ атмосферы), то разрѣженіе

это въ соединенныхъ съ воздухопроводоводомъ резервуарахъ или цилиндрахъ, приведетъ въ движеніе поршни или гибкія стѣнки, соединенным стержнями и рычажной передачей съ тормазными колодками.

Если при этомъ колодки нажимаются, а съ уничтоженіемъ разрѣженія воздуха въ воздухопроводе отпускаются, то разрывъ поѣзда не можетъ вызывать дѣйствія тормазовъ, и следовательно тормаза будутъ неавтоматическіе.

Если же при разрѣженіи воздуха въ воздухопроводѣ колодки отводятся отъ колесъ, то въ цилиндрахъ можно устроить два помѣщенія, въ одномъ изъ которыхъ при разрыве поѣзда давленіе, какъ и въ воздухопроводѣ, делается равнымъ атмосферному, а въ другомъ сохраняется *vacuum*, и благодаря этому производится наружными воздухомъ давленіе на поршни тормазныхъ цилиндровъ, а затѣмъ помощью передачъ, прижиманіе тормазныхъ колодокъ къ колесамъ. Такого устройства тормаза называются автоматическими.

Слѣдовательно при автоматическихъ *vacuum* тормазахъ нужно постоянно поддерживать разрѣженіе въ воздухопроводѣ во время движенія поѣзда, а для тормаженія впускать въ воздухопроводъ наружный воздухъ; отъ того, въ какой степени этотъ воздухъ будетъ ослаблять разрѣженіе, будетъ зависеть сила тормаженія.

При неавтоматическихъ *vacuum* тормазахъ разрѣженіе производится въ воздухопроводѣ только тогда, когда нужно тормазить.

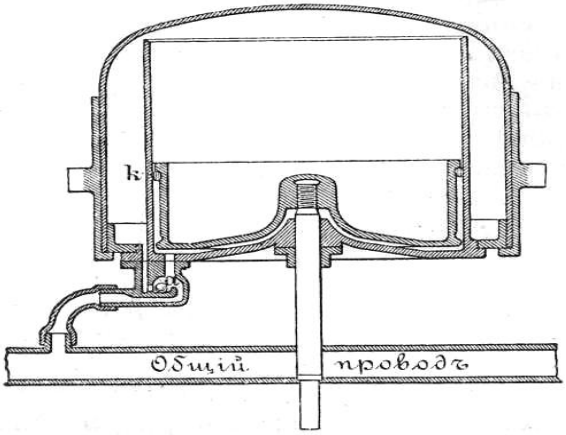
Здѣсь мы ограничимся знакомствомъ лишь съ автоматическимъ *vacuum* тормазомъ, извѣстнымъ подъ именемъ автоматическаго тормаза *Hardy*, но разработаннымъ въ деталяхъ своихъ *Clayton*'омъ и *Gresham'*омъ.

Подъ каждымъ тормазнымъ вагономъ располагается цилиндрически сосудъ — тормазной цилиндръ (фиг, 334), который подвѣшивается къ рамѣ помощью двухъ цапфъ и такимъ образомъ можетъ принимать, нѣсколько наклонное положеніе. Благодаря этому поршневой стержень подвергаетси лишь растяженію, безъ изгиба, когда поршень подъ давленіемъ воздуха съ нижней стороны станетъ подниматься вверхъ; при

чемъ стержень поршня будетъ дѣйствовать на рычажную передачу, соединяющую его съ тормазными колодками, и заставить эти колодки прижаться къ колесамъ.

Тормазной цилиндръ устроенъ въ видѣ сосуда, состоящаго изъ двухъ камеры когда помощью эжектора

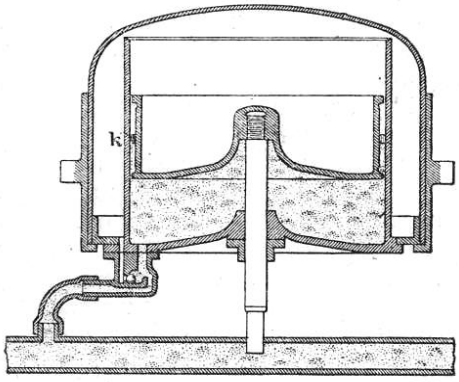
Фиг. 334.



воздухъ высасывается изъ общаго провода (идущаго во всю длину поѣзда и соединяющегося съ отдельными тормазными цилиндрами помощію короткихъ трубокъ), тогда клапанъ тормазного цилиндра, устроенный въ видѣ шарика *a*, самъ собою откатывается вправо, и такимъ образомъ разрѣженіе воздуха производится какъ подъ поршнемъ, такъ и надъ поршнемъ тормазного цилиндра.

Если же станемъ впускать потомъ воздухъ въ общій проводъ откуда бы то им было (фиг. 335), то давленіе этого

Фиг. 335.



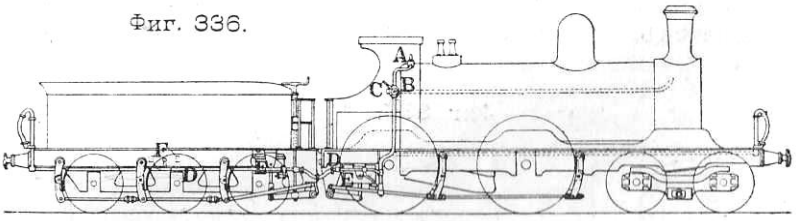
воздуха прижметъ шарикъ къ отверстію, сообщающему верхнюю полость цилиндра съ нижней, и поршень будетъ подверженъ давленію съ нижней стороны, при чемъ величина этого давленія будетъ

зависѣть отъ того, сколько воздуха впущено въ воздухопроводы

При движеніи поршня воздухъ не можетъ проходить въ верхнюю полость изъ нижней, такъ какъ между стѣнкой цилиндра и поршнемъ находится каучуковое кольцо *k*, прилегающее къ стѣнкамъ, между которыми оно катится въ сторону движенія поршня.

На фиг. 336 представлено расположеніе тормазныхъ частей на паровозѣ и тендерѣ, при чемъ тормазные цилиндры *E*, за недостаткомъ мѣста устроены безъ наружныхъ кожуховъ, а для увеличенія объема съ разрѣженнымъ воздухомъ надъ поршнями, верхнія полости цилиндровъ соединены особымъ проводомъ съ резервуаромъ *F*, помѣщеннымъ на тендерѣ.

Фиг. 336.



Дѣйствіе тормаза будетъ слѣдующее: если помощью клапана *A* пустить паръ въ эжекторъ *B*, а ручку *C* поставить такъ, чтобы эжекторъ могъ высасывать воздухъ изъ общаго провода *D*, то, какъ уже было объяснено, воздухъ будетъ вмѣстѣ съ тѣмъ высасываться и изъ тормазныхъ цилиндровъ *E* — какъ снизу, такъ и сверху поршней, — и изъ резервуара *F*. При этомъ давленіе на поршни съ той и съ другой стороны будутъ одинаковы, и тормазныя колодки останутся отпущенными.

Въ воздухопроводѣ и въ тормазныхъ цилиндрахъ будетъ произведено разрѣженіе воздуха (до $^2/_3$ атмосферы), и если впускомъ наружнаго воздуха ослабить это разрѣженіе въ воздухопроводѣ, то верхнія полости цилиндровъ разобщаются съ нижними, и избытокъ давленія снизу поршней производить движеніе ихъ и нажатіе колодокъ съ тою или другою силою.

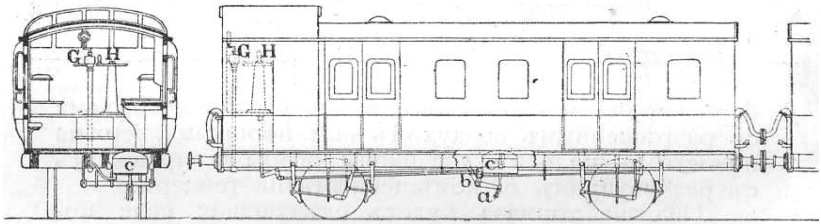
Впускъ воздуха въ воздухопроводъ можетъ производиться какъ машинистомъ помощью маневровой

ручки *C*, такъ и лицами, находящимися въ вагонахъ, если отъ общаго провода сдѣлать въ нѣкоторыхъ мѣстахъ отвѣтвленія, запирающіяся внутри вагоновъ особыми кранами или клапанами.

На послѣднемъ вагонѣ помѣщается автоматическій вспомогательный тормазной клапанъ, который приходитъ самъ собою въ дѣйствіе, какъ только будетъ произведенъ хотя небольшой впускъ воздуха въ общій проводъ, и такимъ образомъ усиливаетъ этотъ впускъ, а слѣдовательно и дѣйствіе тормаза.

На фиг. 337 показанъ задній тормазной вагонъ, гдѣ *G* упомянутый автоматическій клапанъ, а *H* маховичекъ, съ помощью котораго тормазомъ вагона можно дѣйствовать въ ручную, если почему - либо поѣздъ будетъ не въ состояніи пользоваться воздушными тормазами. Для того чтобы рычажныя передачи отъ колодокъ къ поршнямъ тормазныхъ цилиндровъ *c* и къ маховичку ручного тормаза не мѣшали дѣйствію другъ друга, употреблены рычаги и тяги съ длинными вырѣзками a, *b* (иногда для той же цѣли употребляются короткіе концы цѣпей).

Фиг. 337.

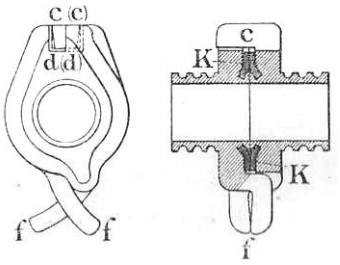


Остановимся теперь на нѣкоторыхъ изъ деталей тормаза.

Чтобы получить сплошной обшій проводъ, для этого трубку, прикрѣпленную къ рамѣ, снабжаютъ по концамъ резиновыми рукавами съ головками особеннаго устройства (фиг, 338). Для соединенія двухъ сосѣднихъ рукавовъ достаточно вставить носокъ *c* одной головки въ соотвѣтствующій прорѣзъ *d* другой

и заложить хвосты *f* другъ за друга; если выпустить теперь изъ рукъ резиновые рукава, то они примутъ положеніе, какъ это показано на фиг. 336 между паровозомъ и тендеромъ или на фиг. 337 между вагонами, и когда въ воздухопроводѣ будетъ производиться разрѣженіе, то наружный воздухъ будетъ прижимать головки одну къ другой, при чемъ плотность, будетъ обезпечиваться каучуковыми вставными кольцами *K* (фиг. 338). Для разъединенія рукавовъ достаточно ихъ только приподнять, и если внутри провода нѣтъ разрѣженія воздуха, то головки, вращаясь около закругленныхъ хвостовъ своихъ, легко разойдутся сами собой, и носки *c* выйдутъ изъ прорѣзовъ *d*.

Фиг. 338.

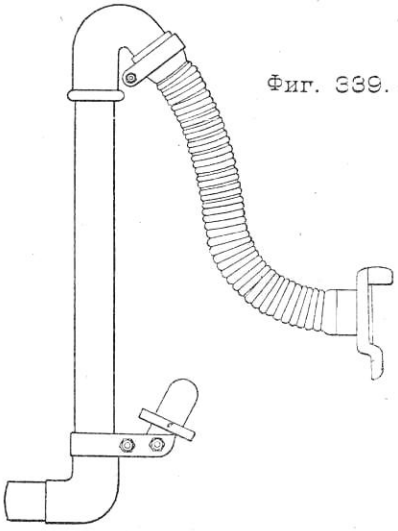


Концевые рукава поѣзда надѣваются своими головками на особыя пробки, къ которымъ подъ давленіемъ наружнаго воздуха головки плотно прилегаютъ (фиг. 339).

Такимъ образомъ можно получить одинъ непрерывный каналъ — общій проводъ — во всю длину поѣзда, съ герметичностью, обезпеченною очень просто и вполнѣ надежно.

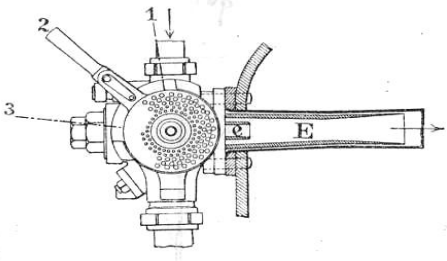
Если поѣздъ разорвется во время движенія или произойдетъ поврежденіе въ воздухопроводѣ, то всѣ тормазные цилиндры придутъ въ дѣйствіе и произведутъ нажатіе тормазныхъ колодокъ для остановки поѣзда. или его частей.

Фиг. 339.



Что касается маневровой ручки машиниста (фиг. 340), то она сообщаетъ движеніе одновременно двумъ золотникамъ: одинъ (наружный) устанавливаете сообщеніе воздухопровода съ наружной атмосферой, а другой (внутренней) служитъ для пропуска пара въ большой эжекторъ: здѣсь эжекторъ устроенъ двойнымъ и состоитъ изъ большого эжектора (*E*) и малаго (*e*).

Фиг. 340.



Дѣйствіе маневровой ручки изолотниковъ будетъ слѣдующее: когда ручка поставлена въ положеніе 1, то паръ идущій изъ котла, можетъ проходить въ большой эжекторъ и быстро производить разрѣженіе въ воздухопроводѣ, отпуская тормаза.

Если перевести ручку въ положеніе 2, то паръ уже не будетъ идти въ большой эжекторъ, но будетъ всетаки вытекать черезъ малый эжекторъ и производить разрѣженіе въ воздухопроводѣ; расходъ пара будетъ очень незначительный, но его вполнѣ достаточно для поддержанія желаемой степени разрѣженія въ проводѣ и тормазныхъ приборахъ.

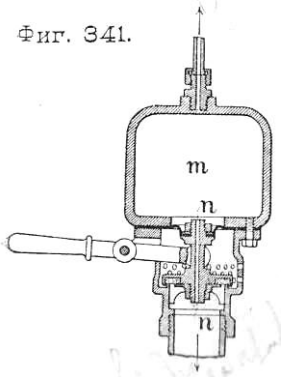
Еслибы притокъ пара изъ котла прекратить, то наружный воздухъ всетаки не могъ бы устремиться въ тормазные приборы, такъ какъ конецъ воздухопровода въ маневровой коробкѣ прикрывается особыми клапанами.

Если изъ положенія 2 станемъ двигать ручку въ положеніе 3, то сначала прекращается совершенно дѣйствіе эжектора, а затѣмъ золотникомъ открывается мало по малу сообщеніе воздухопровода съ внѣшнимъ воздухомъ, при чемъ происходить болѣе или менѣе сильное тормаженіе.

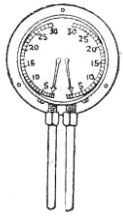
Наконецъ, если ручка будетъ поставлена въ положеніе 3, то это будетъ соотвѣтствовать наибольшему впуску воздуха въ проводъ и той степени тормаженія, которая быстро ведетъ къ остановкѣ поѣзда.

Самодѣйствующій тормазной клапанъ задняго вагона представленъ на фиг. 341. Онъ снабженъ ручкой для того, чтобы кондукторъ могъ въ случаѣ надобности открыть сообщеніе наружнаго воздуха съ проводомъ. Но даже помимо кондуктора клапанъ начинаетъ дѣйствовать самъ собою, какъ только въ проводѣ почему-либо разрѣженіе ослабляется, потому что тогда давленіе наружнаго воздуха двигаетъ клапанъ кверху, въ камеру *m*, гдѣ благодаря узенькому каналу *n*, сообщающему ее съ воздухопроводомъ, разрѣженіе остается еще не ослабленнымъ. Поднятіе клапана даетъ свободный доступъ воздуху въ проводъ, и такимъ образомъ тормаженіе усиливается. Наверху камеры *m*, показана трубочка, сообщающая эту камеру съ манометромъ (вакуумметромъ), и по его стрѣлкѣ кондукторъ можетъ видѣть, поддерживается ли въ проводѣ надлежащее разрѣженіе для движенія поѣзда съ отпущенными тормазами или же этого нѣтъ, вслѣдствіе какой-нибудь неисправности. Такимъ образомъ за надлежащимъ дѣйствіемъ всего устройства можно слѣдить не только на паровозѣ, но и въ концѣ поѣзда.

Фиг. 341.



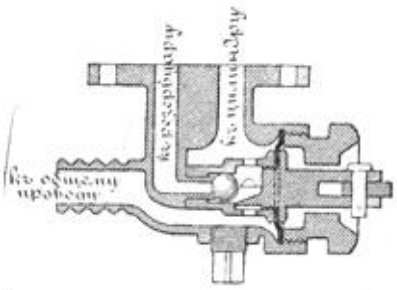
Фиг. 342.



Что же касается паровоза, то тамъ машинистъ слѣдитъ за дѣйствіемъ эжекторовъ и тормазныхъ приборовъ по двойному вакуумметру (фиг. 342): трубка и стрѣлка съ лѣвой стороны служатъ для указанія разрѣженія въ общемъ проводѣ, а съ правой — въ резервуарѣ *F* на тендерѣ (фиг, 336).

Шаровые клапаны тормазныхъ вагонныхъ цилиндровъ устраиваются такъ, чтобы ихъ можно было отводить, не подлѣзая подъ вагонъ (фиг. 343); это требуется, когда нужно уничтожить разрѣженіе въ верхней полости тормазного цилиндра, напр. при отцѣпкѣ вагоновъ. Для этого шарикъ помѣщается въ подвижной коробкѣ, и рычагъ, дѣйствующій на нее, устраивается такъ,

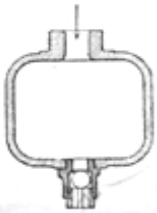
что коробка съ шарикомъ будетъ двигаться вправо, въ какую бы сторону ни тянуть длинный конецъ рычага. Къ концу этому прикрѣпляются проволочки, идущія къ наружнымъ боковымъ стѣнкамъ вагона.



Фиг. 343.

Вертикальная часть провода близь эжектора оканчивается снизу сосудомъ съ отверстіемъ внизу: это отверстіе служитъ для выпуска накопля-

Фиг. 344.



ющейся въ проводѣ воды и закрывается шаровымъ клапаномъ (фиг. 344). Когда въ проводѣ воздухъ разражается, то шарикъ наружнымъ воздухомъ приподнимается кверху и плотно прижимается къ сѣдлу; если же разрѣженіе прекращается, то шарикъ вслѣдствіе тяжести падаетъ внизъ и открываетъ выпускное отверстіе.

Въ заключеніе еще разъ перечислимъ существенныя части разсматриваемаго тормаза:

1. Двойной эжекторъ.
2. Маневровая ручка машиниста.
3. Воздухопроводныя трубы.
4. Соединительные рукава съ головками.
5. Водоспускной клапанъ.
6. Тормазной цилиндръ.
7. Резервуаръ, если тормазной цилиндръ безъ кожуха, играющаго роль резервуара.
8. Шаровой клапанъ цилиндра.
9. Самодѣйствующій тормазной клапанъ.
10. Вакуумметры.

ТОРМАЗА ВЕСТИНГХАУЗА, ДѢЙСТВУЮЩІЕ СЖАТЫМЪ ВОЗДУХОМ.

Тормаза, въ которыхъ давленіе на поршни тормазныхъ цилиндровъ производится сжатымъ воздухомъ, могутъ быть также автоматическими и неавтоматическими. Типичнымъ представителемъ этого рода тормазовъ служить тормазъ *Westinghouse'*а, устраиваемый теперь исключительно автоматическимъ.

Соотвѣтственно перечню частей для *vacuum* тормаза, въ тормазѣ *Westinghouse'*а можно указать слѣдующія существенный части:

1. Сочетаніе паровой машины съ воздушнымъ насосомъ для полученія сжатаго воздуха.
2. Главный резервуаръ, гдѣ скопляется сжатый воздухъ.
3. Регуляторъ къ насосу для прекращенія притока пара и дѣйствія насоса, когда давленіе въ главномъ резервуарѣ достигаетъ желаемой величины.
4. Маневровый кранъ машиниста для регулированія вытеканія воздуха: а) изъ главнаго резервуара въ воздухопроводъ (для отпусканія колодокъ) и б) изъ воздухопровода въ атмосферу (для нажатія колодокъ съ тою или другою силою).
5. Воздухопроводныя трубы для пропуска воздуха изъ главнаго резервуара къ маневровому крану и затѣмъ далѣе къ вспомогательнымъ резервуарамъ и тормазнымъ цилиндрамъ.
6. Соединительные рукава съ головками.
7. Вспомогательный резервуаръ у каждаго тормазного цилиндра для скопленія воздуха, притекающаго изъ главнаго резервуара.
8. Тормазной цилиндръ.
9. Тройной клапанъ у каждаго тормазного цилиндра для того, чтобы устанавливать сообщение между воздухопроводомъ, вспомогательнымъ резервуаромъ и тормазнымъ цилиндромъ.
10. Двойной манометръ, указывающій давленія въ главномъ резервуарѣ и воздухопроводѣ.

Автоматическимъ своимъ дѣйствіемъ тормазъ обязанъ тройному клапану, который представляетъ два видоизмѣненія: а) простой тройной клапанъ и б) быстродѣйствующій (или съ ускорителемъ).

Дѣйствіе тормаза заключается въ слѣдующемъ: пусть воздухопроводъ и всѣ вспомогательные резервуары наполнены сжатымъ воздухомъ; если давленіе въ воздухопроводѣ будетъ хотя нѣсколько понижено, то это немедленно отразится на каждомъ тройномъ клапанѣ, который движеніемъ своимъ устанавливаетъ сообщеніе между вспомогательнымъ резервуаромъ и тормазнымъ цилиндромъ; сжатый воздухъ изъ резервуаровъ идетъ въ цилиндры, давитъ на поршни и производитъ нажатіе колодокъ.

Для того чтобы даже при длинномъ поѣздѣ (до 50 товарныхъ вагоновъ) достичь быстраго пониженія давленія во всемъ воздухопроводѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ усилить дѣйствіе тормазовъ, прибѣгаютъ вмѣсто простого тройного клапана къ быстродѣйствующему, имѣющему дополнительные клапаны, которые приходятъ въ движеніе при сильномъ пониженіи давленія въ воздухопроводѣ и устанавливают сообщеніе воздухопровода съ тормазнымъ цилиндромъ. Благодаря этому пониженіе давленія въ воздухопроводѣ мгновенно распространяется вплоть до конца поѣзда, а сжатый воздухъ, идущій изъ воздухопровода въ тормазные цилиндры, усиливаетъ тамъ дѣйствіе воздуха, притекающаго изъ вспомогательныхъ резервуаровъ.

Если повысить давленіе въ воздухопроводѣ, пуская туда маневровымъ краномъ воздухъ изъ главнаго резервуара, и довести его до той величины, какую оно имѣетъ въ вспомогательномъ резервуарѣ, то тройной клапанъ прекращаешь сообщеніе между тормазнымъ цилиндромъ и вспомогательнымъ резервуаромъ и устанавливаетъ сообщеніе этого резервуара съ воздухопроводомъ, позволяя при этомъ сжатому воздуху изъ воздухопровода идти во вспомогательный резервуаръ, а изъ тормазного цилиндра уходить въ атмосферу; тормазныя колодки при этомъ отпускаются.

Такимъ образомъ, для дѣйствія тормазомъ или отпусканія его, нужно только понижать давленіе въ воздухопроводѣ или пускать туда сжатый воздухъ.

То или другое можетъ дѣлать машинистъ съ помощью маневроваго крана.

А именно, если ручку этого крана повернуть въ крайнее правое положеніе, то сообщеніе провода съ главнымъ резервуаромъ прекращается, и кромѣ того воздуху изъ провода дается выходъ наружу, при чемъ колодки прижимаются къ колесамъ. Если же ручку маневроваго крана повернуть въ крайнее лѣвое положеніе, тогда сжатый воздухъ изъ главнаго резервуара можетъ свободно идти въ воздухопроводъ и отпускать колодки.

Поѣздъ можетъ быть остановленъ и помимо воли машиниста, а именно если изъ вагоновъ съ помощью особыхъ ручекъ или клапановъ будетъ гдѣ нибудь установлено сообщеніе воздухопровода съ атмосферой, или если поѣздъ разорвется.

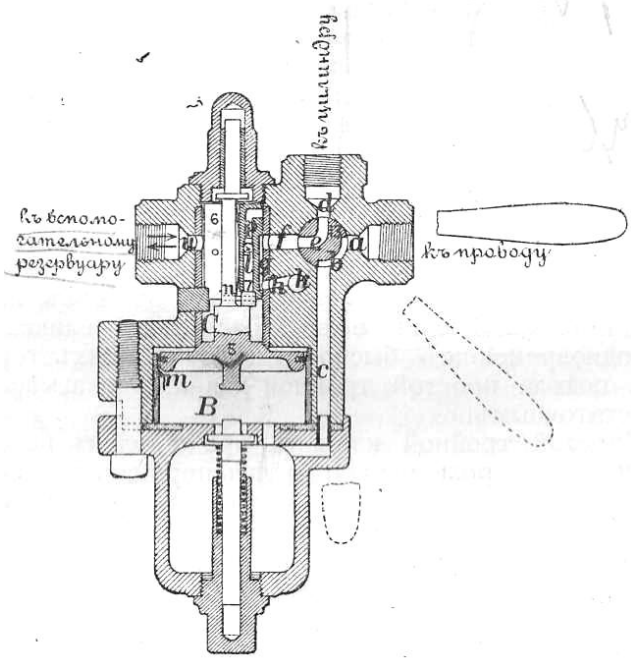
Знакомство съ деталями устройства тормаза *Westinghouse* 'а начнемъ съ тройного клапана.

Простой тройной клапанъ употребляется обыкновенно и по настоящее время на тормазныхъ приборахъ паровоза и тендера, между тѣмъ какъ быстродѣйствующій — только на вагонахъ и въ тѣхъ лишь случаяхъ, когда длина поѣзда настолько велика, что для одновременного быстраго дѣйствія всѣхъ тормазовъ поѣзда простой тройной клапанъ оказывается недостаточными

Простой тройной клапанъ представленъ на фиг. 345. Славную роль играютъ здѣсь поршень 5, движущийся въ цилиндрической камерѣ *B,* и связанные съ нимъ золотникъ 6 и цилиндрическій клапанъ 7. Пусть маневровый кранъ машиниста поставленъ такъ, что изъ главнаго резервуара на паровозѣ сжатый воздухъ идетъ въ общій проводъ, а оттуда черезъ соединительную трубку и отверстіе *a* поступаетъ въ тройной клапанъ. За этимъ отверстіемъ расположенъ кранъ 13; если ручка этого крапа будетъ опущена внизъ, то воздухъ но каналу *e* крана черезъ отверстіе *d* будетъ идти прямо въ тормазной цилиндръ и давленіемъ на поршень его производить нажатіе колодокъ, — это соотвѣтствуетъ тому случаю, когда тормазъ устроенъ неавтоматическимъ; при наклонномъ положеніи ручки крана получается просто запирайте отверстія *a* и выключеніе данныхъ тормазныхъ

приборовъ изъ сообщенія съ общимъ проводомъ, что можетъ понадобиться въ случаѣ какой нибудь неисправности той или другой части и невозможности дѣйствовать этими приборами такъ, какъ бы слѣдовало; наконецъ ручка крана можетъ быть поставлена горизонтально, и тогда сжатый воздухъ изъ общаго провода пойдетъ черезъ отверстіе *a* по каналамъ *b*, *c* и заставитъ

Фиг. 345.



поршень 5 подняться кверху. Въ этомъ положеніи поршня сжатый воздухъ черезъ небольшую канавку *m* въ стѣнкѣ цилиндра *B* протекаетъ поверхъ поршня въ полость *C* и оттуда черезъ отверстіе *u* по соединительной трубкѣ въ вспомогательный резервуаръ; при этомъ тормазной цилиндръ находится въ сообщеніи съ наружнымъ воздухомъ,

и еслибы въ цилиндрѣ былъ сжатый воздухъ, то онъ вытекъ бы въ атмосферу по пути *d, e, f, g, h, k*.

Если давленіе воздуха въ общемъ проводѣ по какой бы то ни было причинѣ понизится, то это сейчасъ же отзовется на поршнѣ 5, и онъ, подъ вліяніемъ давленія сжатаго воздуха сверху, станетъ опускаться. Канавка *m* закроется, и поршень заплечикомъ своего стержня станетъ увлекать внизъ золотникъ 6; при этомъ отверстіе канала *f* откроется и позволитъ сжатому воздуху изъ вспомогательнаго резервуара черезъ полость *C* идти въ тормазной цилиндръ по пути *u, f, e, d*.

Слѣдовательно, горизонтальное положеніе ручки крана 13 соотвѣтствуетъ автоматическому дѣйствію тормаза и благодаря именно тройному клапану.

Чтобы отпустить тормаза, надо помощью маневроваго крана пустить въ общіи проводъ сжатый воздухъ изъ главнаго резервуара; тогда тройной клапанъ, какъ и при первоначальномъ наполненіи вспомогательнаго резервуара, установить сообщеніе этого резервуара съ проводомъ, а тормазного цилиндра съ атмосферой.

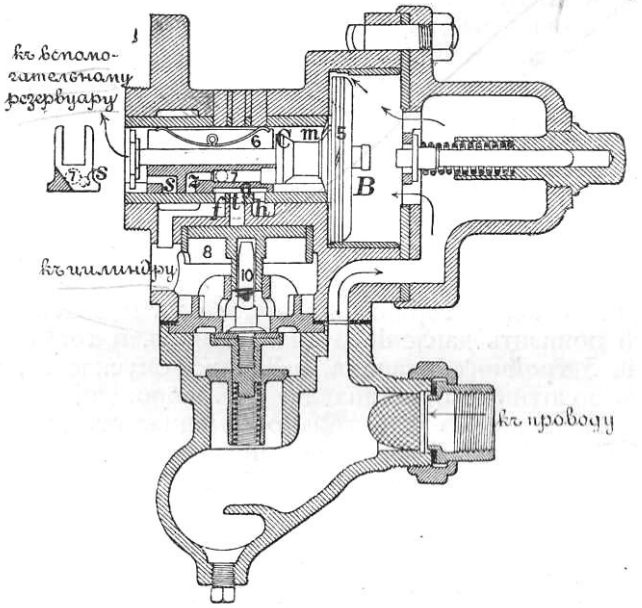
Для слабаго тормаженія нужно въ общемъ проводѣ понизить давленіе очень немного, и тогда поршень 5 тройного клапана медленно опускается, при чемъ золотникъ 6 устанавливаетъ сообщеніе канала *f* не съ полостью *C*, а только съ каналомъ *p*; этотъ каналъ при верхнемъ положеніи поршня 5 закрыть цилиндрическимъ клапаномъ 7; но при опусканіи поршень 5 съ помощью шпенька *n* увлекаетъ внизъ этотъ (такъ называемый умѣряющій) клапанъ 7 и открываетъ черезъ боковой каналъ *l* сообщеніе между каналомъ *p* и полостью *C*. Такимъ образомъ, можетъ быть открыть для сжатаго воздуха путь изъ вспомогательнаго резервуара въ тормазный цилиндръ по направленію *u, l, p, f, e, d*. Но при этомъ давленіе въ полости *C* понижается, и если оно сдѣлается меньше, чѣмъ давленіе снизу поршня 5, то поршень 5 приподнимется и сузитъ или даже вовсе закроетъ клапаномъ 7 сообщеніе съ тормазнымъ цилиндромъ.

Такимъ образомъ благодаря умѣряющему клапану 7 можно получить то или другое давленіе воздуха въ тормазномъ цилиндрѣ и, слѣдовательно, регулировать

силу тормаженія. Но для этого надо имѣть возможность понижать въ желаемой степени давленіе въ общемъ проводѣ, и это достигается съ помощью маневроваго крана, о которомъ будетъ рѣчь далѣе.

Теперь же разсмотримъ устройство и дѣйствіе быстродѣйствующаго тройного клапана (фиг. 346), снабженнаго такъ называемымъ ускорителемъ. Верхняя часть этого клапана имѣетъ устройство, подобное тому,

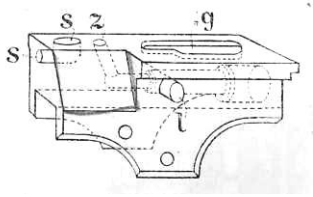
Фиг. 346.



которое мы видѣли у простого тройного клапана. При быстромъ и значительномъ пониженіи давленія въ общемъ проводѣ поршень 5, передвигаясь въ крайнее правое свое положеніе, открываетъ здѣсь каналъ *t* и устанавливаетъ сообщеніе этого канала съ полостью *C*. Сжатый воздухъ давитъ на поршень 8 и заставляетъ стержень 10 открыть сообщение между воздухопроводомъ и тормазнымъ цилин-

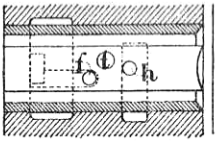
дромъ. Такимъ образомъ воздухъ изъ провода будетъ вытекать не только черезъ маневровый кранъ наружу, но и въ тормазные цилиндры, что практически даетъ почти моментально пониженіе давленія во всемъ длинномъ проводѣ поѣзда и быстрое, одновременное дѣйствіе тормазовъ.

Фиг. 347.



Отверстіе канала *t* лежитъ не на одной линіи съ отверстіями каналовъ *s* и *z* золотника 6, и открытіе отверстія *t* происходитъ потому, что золотникъ 6 слѣва на нѣкоторую длину скошенъ снизу, какъ то показано на фиг. 347, представляющей золотникъ 6 положеннымъ на спину. Фигура 348 представляетъ зеркало золотниковой коробки съ отверстіями *t*, *f* и *h* (послѣднее ведетъ въ наружную атмосферу).

Фиг. 348.



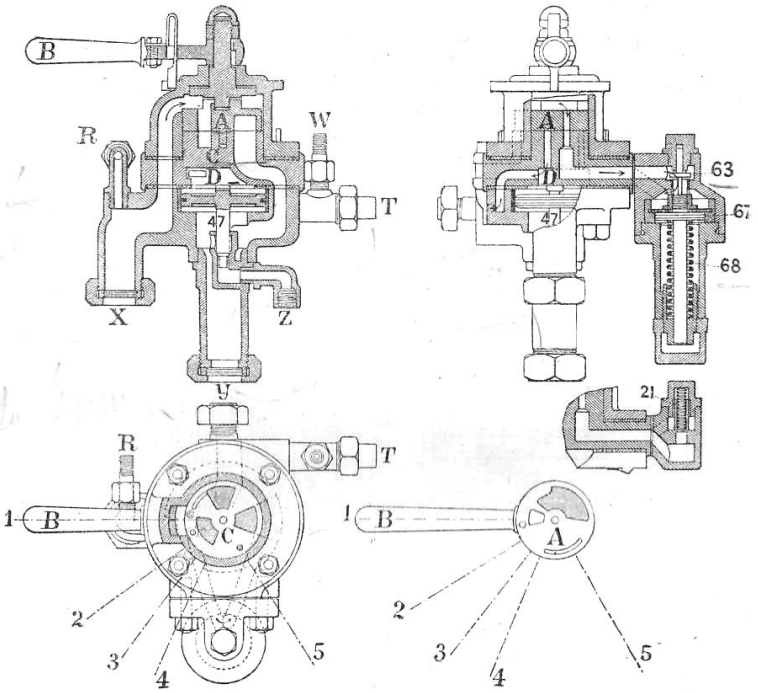
Маневровый кранъ *) (фиг. 349) представляетъ изъ себя коробку, къ которой примыкаютъ различныя трубки, а именно:

X — отъ главнаго резервуара,
Y — отъ общаго провода,
Z — отъ трубки для выпуска воздуха,
R — отъ регулятора давленія и манометра, указывающаго давленіе въ главномъ резервуарѣ,
W — отъ манометра, указывающаго давленіе въ общемъ проводѣ,
T — отъ малаго резервуара для сжатаго воздуха (резервуаръ этотъ служитъ лишь для увеличенія полости *D* надъ поршнемъ, движущимся внутри коробки маневроваго крана вверхъ и внизъ).

*) Кранъ машиниста, тормазной кранъ.

Въ верхней части коробки находится круглый золотникъ *A*, который можно поворачивать съ помощью ручки *B*. Въ золотникѣ *A* и въ зеркалѣ *C,* по которому онъ движется, имѣются отверстія, съ помощью которых устанавливается

Фиг. 349.



или прекращается сообщеніе тѣхъ или другихъ полостей и каналовъ.

Ручка можетъ передвигаться изъ одного крайняго положенія въ другое, при чемъ:

положеніе 1 — соотвѣтствуетъ отпусканію тормазовъ, т. е. воздухъ изъ главнаго резервуара идетъ въ общій проводъ;

положеніе 2 — во время движенія поѣзда позволяетъ

ляетъ воздуху изъ главнаго резервуара притекать въ общій проводъ черезъ питательный клапанъ 63, который держится открытымъ посредствомъ пружины 68; но когда давленіе въ проводѣ достигаетъ 70 англ. фунтовъ (т. е. около 5 атмосферъ), поршень 67 прижимаетъ клапанъ 63 къ сѣдлу и прекращаетъ сообщеніе провода съ главнымъ резервуаромъ;

положеніе 3 — окна золотника *A* не совпадаютъ ни съ однимъ изъ оконъ зеркала *C*;

положеніе 4 — тормаженіе медленное, какъ то слѣдуетъ практиковать при обыкновенныхъ остановкахъ; при этомъ воздуху изъ камеры *D* дается выходъ наружу, вслѣдствіе чего давленіе на поршень 47 снизу дѣлается больше и приподнимаетъ этотъ поршень, открывая такимъ образомъ выходъ воздуху изъ общаго провода въ атмосферу черезъ трубку *Z*. Если давленія сверху и снизу поршня 47 сдѣлаются одинаковыми, благодаря выходу воздуха изъ провода наружу, то поршень опускается и прекращаетъ дальнѣйшій выпускъ сжатаго воздуха въ атмосферу;

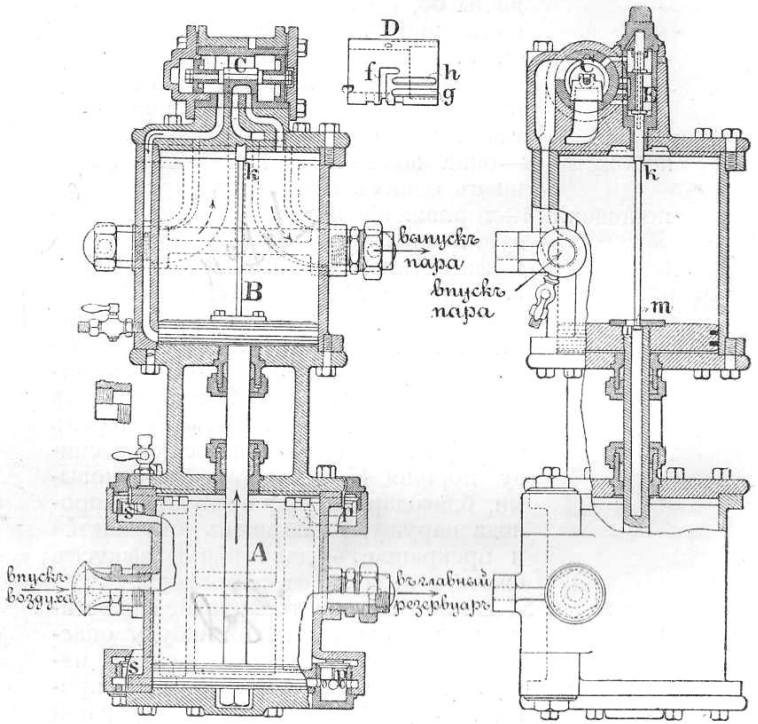
положеніе 5 — самое быстрое тормаженіе для остановки въ случаѣ какой нибудь опасности; при этомъ устанавливается непосредственное сообщеніе общаго провода черезъ золотникъ съ наружной атмосферой.

Клапанъ 63 съ принадлежностями — позднѣйшее устройство питательнаго клапана взамѣнъ прежняго 21 (фиг. 349).

Воздушный насосъ представленъ на фиг. 350. Онъ состоитъ главнымъ образомъ изъ двухъ цилиндровъ: нижняго *A* (воздушнаго) и верхняго *B* (парового), а дѣйствіе его заключается въ слѣдующемъ. Паръ изъ котла паровоза притекаетъ въ золотниковую коробку *C* и, дѣйствуя тамъ на два поршня различныхъ діаметровъ, заставляетъ золотникъ передвинуться вправо

и открыть лѣвое окно, которое даетъ пару доступъ въ нижнюю часть парового цилиндра. Поршень парового

Фиг. 350.

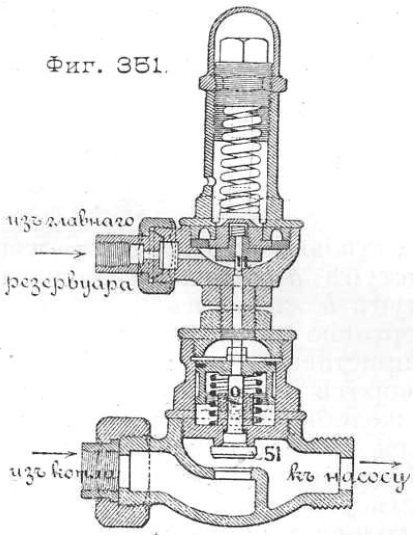


цилиндра будетъ подниматься, а вмѣстѣ съ нимъ и поршень воздушнаго цилиндра, при чемъ воздухъ надъ этимъ поршнемъ будетъ сжиматься и уходить черезъ особыя окна и каналы подъ нагнетательный клапанъ *p*, показанный съ правой стороны; приподнявъ этотъ клапанъ, воздухъ затѣмъ по отводной трубѣ будетъ переходить въ главный резервуаръ. При этомъ въ нижнюю часть цилиндра будетъ всасываться наружный воздухъ черезъ впускной патрубокъ съ лѣвой стороны и проходить черезъ отверстія въ гнѣздѣ

нижняго всасывающаго клапана *s* подъ этотъ клапанъ и затѣмъ въ цилиндръ.

Когда паровой поршень, не дойдя немного до крайняго верхняго своего положенія, ударитъ въ заплечикъ *k*, то вертикальный золотникъ *E* откроетъ пару путь въ золотниковую горизонтальную коробку съ правой стороны большаго золотниковаго поршня по канавкѣ *g*, продѣланной въ стѣнкѣ втулки *D* золотниковой коробки: и такъ какъ съ лѣвой стороны золотниковой коробки за малымъ золотниковымъ поршнемъ всегда давленіе равно атмосферному, то горизонтальный золотникъ начнетъ двигаться справа налѣво, откроетъ правое окно для впуска пара въ цилиндръ сверху поршня и установить сообщеніе лѣваго окна съ выпускомъ пара въ атмосферу изъ нижней части цилиндра. Такимъ образомъ поршни цилиндровъ начнутъ двигаться внизъ, и, не доходя нѣсколько до крайняго нижняго положенія, паровой поршень ударитъ въ пуговку *m* стержня вертикальнаго золотника, и опустить этотъ золотникъ въ положение, показанное на чертежѣ; при этомъ паръ съ правой стороны большого поршня горизонтальнаго золотника будетъ уходить по канавкамъ *h* и *f* наружу, а паръ въ золотниковой коробкѣ опять станетъ двигать горизонтальный золотникъ вправо.

Фиг. 351.

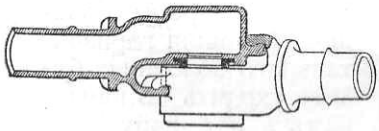


У насоса ставится регуляторъ (фиг. 351) для того, чтобы прекращать дѣйствіе насоса, какъ только давленіе въ главномъ резервуарѣ достигнетъ назначеннаго предѣла. Дѣйствіе этого регулятора состоитъ въ томъ, что паръ изъ котла на пути къ насосу долженъ приподнять клапанъ 51; если однако давленіе въ главномъ

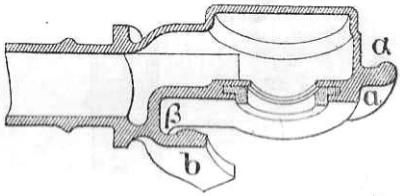
резервуарѣ достигло предѣльной величины, то діафрагма въ верхней части регулятора приподнимаетъ кверху стерженекъ *n*, закрывающій сообщеніе съ нижней частью, и сжатый воздухъ заставляетъ поршень нижней камеры опуститься и прекратить сообщеніе между котломъ и насосомъ. Если давленіе въ главномъ резервуарѣ понизится, то діафрагма верхней части опустится, воздухъ надъ поршнемъ мало по малу будетъ дѣлаться рѣже, такъ какъ часть его просачивается мимо поршня въ отверстіе *o*, сдѣланное въ стѣнкѣ цилиндрической коробки и показанное на чертежѣ пунктиромъ; и наконецъ паръ изъ котла заставить поршень съ клапаномъ 51 приподняться.

Соединеніе рукавовъ въ тормазѣ *Westinghouse*'а дѣлается съ помощью головокъ, какъ показано на фиг. 352. Головки всѣ совершенно одинаковы, и одна изъ нихъ

Фиг. 352.



Фиг. 353.

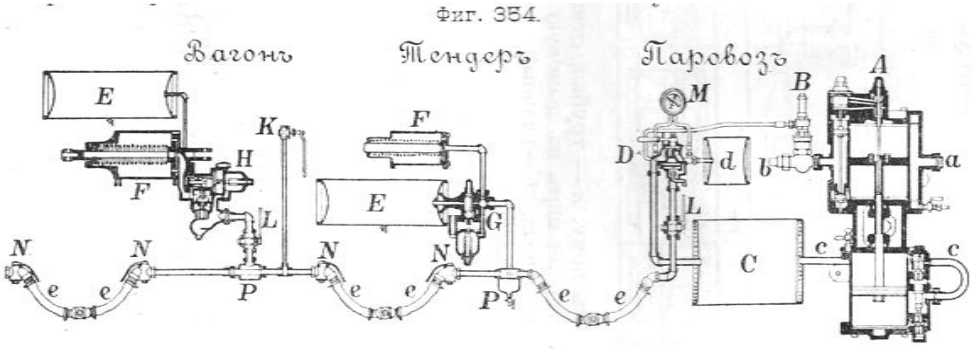


представлена отдѣльно на фиг. 353 въ увеличенномъ видѣ: на выступѣ *a* головки небольшая выпуклость α, а на выступѣ *b* желобокъ β, какъ разъ соответствующей по очертанію своему выпуклости α. Одну головку можно приставить къ другой такъ, что при небольшомъ поворотѣ выступы *a* своими выпуклостями α лягутъ въ желобки β выступовъ *b*, и такимъ образомъ, благодаря давленію сжатаго воздуха въ проводѣ обезпечено будетъ сцѣпленіе головокъ отъ разъединенія продольнымъ усиліемъ. Плотность соединенія достигается въ головкахъ каучуковыми кольцами (подобно тому, какъ и въ головкахъ *Clayton*'а для тормазовъ *vacuum*).

На фиг. 354 представлена схема совокупности всѣхъ тормазныхъ приборовъ *Westinghouse'*а, нужныхъ для цѣлаго поѣзда. Здѣсь:

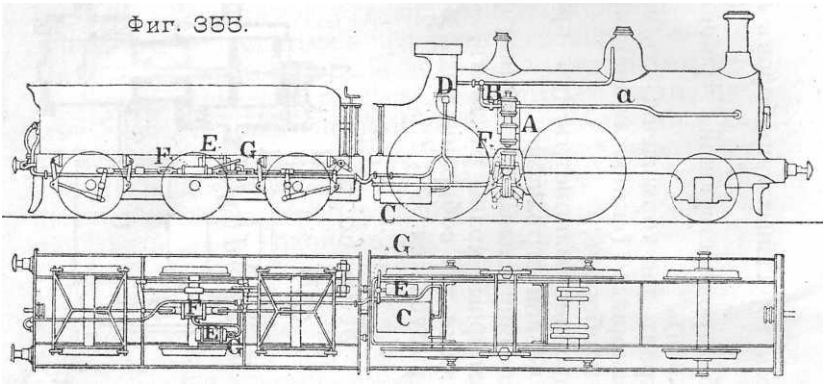
A — воздушный насосъ,
a — выпускъ отработавшаго пара,
B — регуляторъ къ насосу,
b — паропроводная труба изъ котла,
C — главный резервуаръ,
c — трубка къ нему отъ насоса,
D — маневровый кранъ машиниста,
d — малый резервуаръ,
E — вспомогательные резервуары,
F — тормазные цилиндры,
G — простой тройной клапанъ,
H — быстродѣйствующій тройной клапанъ,
K — кранъ для тормаженія изъ вагона,
L — запорные (выключающіе) краны у приборовъ,
M — двойной манометръ (съ красной и черной стрѣлками),
e — соединительные рукава (каучуковые),
N — запорные краны рукавовъ,
P — чашки для собиранія воды и затѣмъ выпуска ея.

Фиг. 354.



Общее расположеніе тормазныхъ приборовъ *Westinghouse'*а на паровозѣ и тендерѣ показано на фиг. 355, гдѣ *A* — воздушный насосъ, *B* — регуляторъ къ нему,

Фиг. 355.



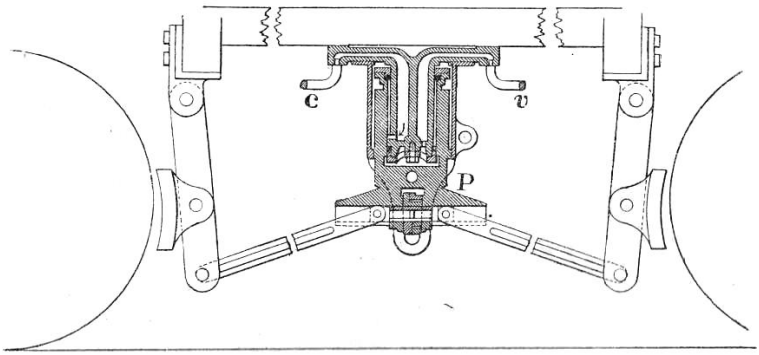
a — трубка, отводящая изъ насоса отработавшій паръ въ дымовую коробку и затѣмъ въ трубу паровоза, *C*— главный резервуаръ, *D* — маневровый кранъ, *E* — вспомогательные резервуары, *F* — тормазные цилиндры, *G* — тройные клапаны (простые).

ПРИСПОСОБЛЕНІЯ ДЛЯ ДѢЙСТВІЯ ВОЗДУШНЫМИ ТОРМАЗАМИ КАКЪ РАЗРѢЖЕННЫМЪ, ТАКЪ И СЖАТЫМЪ ВОЗДУХОМЪ.

Одни и тѣ же вагоны могутъ прицѣпляться, особенно переходя на другія дороги, къ паровозамъ, снабженнымъ то приборами для тормаженія сжатымъ воздухомъ, то приборами для тормазовъ *vacuum.*

Въ виду этого *Welch* и *Smith* предложили слѣдующее устройство (фиг. 356). Подъ вагонами имѣется труба,

Фиг. 356.



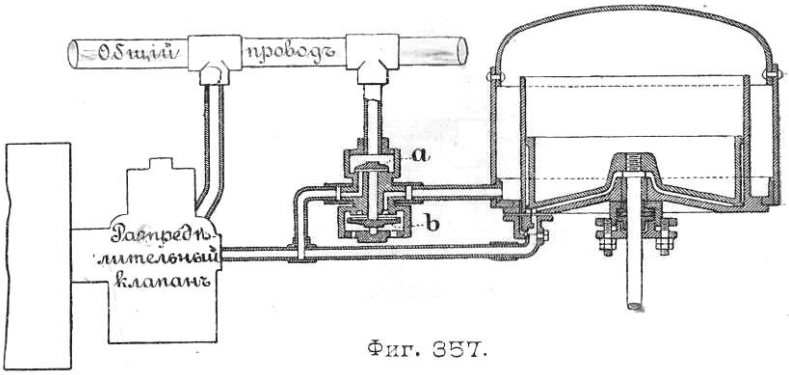
включаемая въ общій проводъ, и отъ этой трубы идутъ двѣ вѣтви *c* и υ къ тормазному цилиндру: каждая изъ этихъ вѣтвей запирается краномъ; такимъ образомъ можно соединить съ общимъ проводомъ ту или другую вѣтвь, смотря потому, что будетъ въ общемъ проводѣ — разрѣженный или сжатый воздухъ.

Тормазной цилиндръ устроенъ такъ, что сжатый воздухъ, притекая по трубѣ *c*, можетъ давить на кольцевую площадь поршня и поднимать его кверху; точно также, если въ общемъ проводѣ будетъ производиться разрѣженіе, это будетъ черезъ трубу υ распространяться на полость между головой поршня и цилиндромъ, и колодки будутъ отпускаться. Если же въ проводе будетъ происходить пониженіе давленія сжатаго воздуха или ослабленіе разрѣженія, то тяжелый подвижной поршень *P* будетъ опускаться и нажимать колодки къ колесамъ.

Но можно и существующій уже тормазъ, напр. дѣйствующій разрѣженнымъ воздухомъ, приспособить къ дѣйствію и сжатымъ воздухомъ.

Вотъ какъ напр. предлагаешь *Soulerin* устроить приспособленіе тормаза *Clayton'*а къ дѣйствію сжатымъ

воздухомъ (фиг. 357). Если въ общемъ проводѣ разрѣженъ воздухъ, то клапаны *a* и *b* приподымаются и открываютъ



Фиг. 357.

сообщеніе между воздухопроводомъ и шаровымъ клапаномъ, а верхняя полость цилиндра разобщается съ наружнымъ воздухомъ, такъ какъ клапанъ *b* прижимается къ своему гнѣзду.

Если же въ общемъ проводе сжатый воздухъ, то клапаны *a* и *b* опускаются, и сжатый воздухъ будетъ идти лишь въ вспомогательный резервуаръ, такъ какъ клапанъ *a* прекратить сообщеніе воздухопровода съ камерой шарового клапана. Въ то же время верхняя полость тормазного цилиндра будетъ въ сообщеніи съ наружной атмосферой у опущеннаго внизъ клапана *b*. Следовательно, когда изъ вспомогательнаго резервара будетъ пущенъ воздухъ въ нижнюю часть тормазного цилиндра *Clayton'*а, то цилиндръ этотъ будетъ дѣйствовать совершенно такъ же, какъ и цилиндры, устроенные спеціально для тормаженія сжатымъ воздухомъ.

КРАТКОЕ ОПИСАНІЕ НѢКОТОРЫХЪ ОСОБЫХЪ УСТРОЙСТВЪ ПАРОВОЗОВЪ И ДРУГИХЪ СРЕДСТВЪ ДЛЯ ТЯГИ ПО РЕЛЬСОВЫМЪ ПУТЯМЪ.

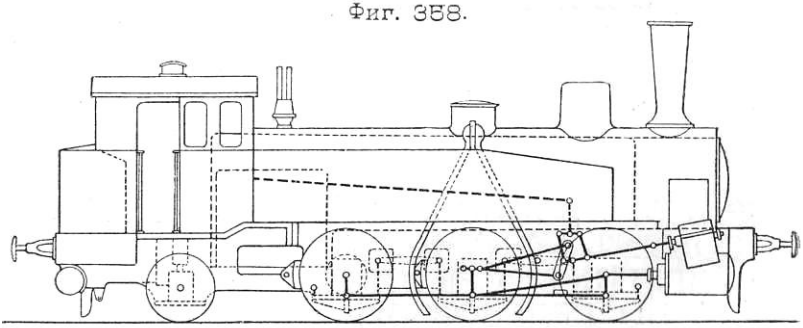
Танковые паровозы. — Танковыми паровозами или тендеръ-паровозами называется тѣ, у которыхъ нѣтъ тендера, необходимые запасы топлива и воды они несутъ на самыхъ себѣ. По длинѣ и по вѣсу такой паровозъ выходить вообще меньше, чѣмъ подобный же паровозъ съ тендеромъ. Уменьшеніе вѣса имѣетъ особенное значеніе для дорогъ съ крутыми подъемами, а уменьшеніе длины — для станціонной службы (маневровъ) и для мѣстнаго движенія (для пригородныхъ дорогъ и вѣтвей), потому что танковые паровозы можно не только оборачивать на сравнительно небольшихъ поворотныхъ кругахъ, но и прицѣплять къ вагонамъ какимъ угодно концомъ, вовсе не оборачивая.

Паровозы, предназначенные для станціонной службы и называемые у насъ иногда раками или кукушками, отличаются малыми размѣрами движущихъ колесъ (около 1 метра), такъ какъ станціонные маневры производятся съ небольшой скоростью.

Танковые паровозы, которые должны нести службу съ поѣздами, въ зависимости отъ требующейся скорости движенія снабжаются движущими колесами большаго діаметра, а число спаренныхъ осей берется больше или меньше, смотря по тому, какая желательна сила тяги.

На фиг. 358 представленъ видъ танковаго паровоза.

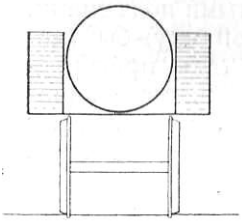
Фиг. 358.



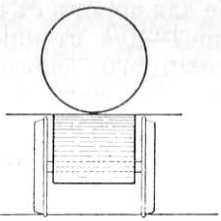
Топливо помѣщается на площадкѣ въ задней части будки машиниста, а также по бокамъ ея.

Что касается воды, то для запасовъ ея устраиваются особые баки (танки) у средней цилиндрической части котла: или съ боковъ (фиг. 359), или снизу (фиг. 360), или

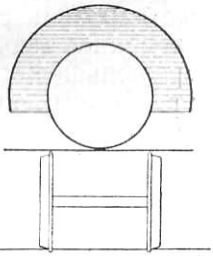
Фиг. 359.



Фиг. 360.



Фиг. 361.



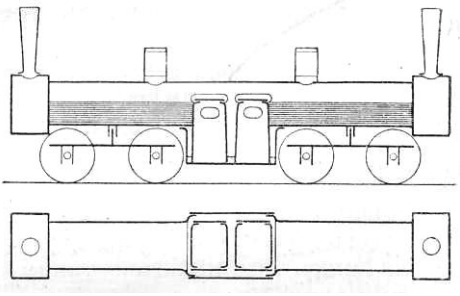
сверху, въ видѣ сѣдла (фиг. 361).

Слѣдуетъ замѣтить, что по мѣрѣ расходованія топлива и воды давленіе отъ осей танковаго паровоза на рельсы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сцѣпленіе его съ рельсами уменьшается; кромѣ того, такъ какъ запасы топлива и воды не могутъ быть очень значительны, то ихъ приходится пополнять сравнительно черезъ болѣе короткіе промежутки времени, и следовательно для поѣздныхъ танковыхъ паровозовъ разстоянія между станціями, гдѣ производится наборъ воды и

топлива, должны быть значительно меньше, чѣмъ для паровозовъ съ тендерами.

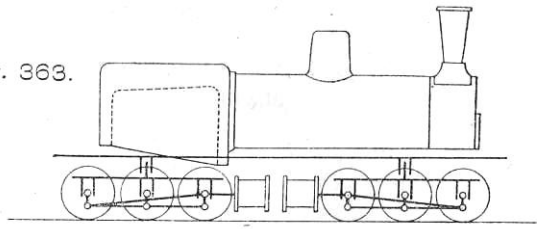
Паровозъ Ферли. — Къ числу танковыхъ паровозовъ, предназначенныхъ для поѣздной службы на дорогахъ съ крутыми подъемами и съ кривыми малаго радіуса, относится паровозъ *Fairle*, представляющій собою собственно два паровоза, котлы которыхъ задними своими частями соединены въ одно цѣлое (ф. 362). Котелъ лежитъ на двухъ телѣжкахъ, съ которыми посредством трубчатыхъ шкворней соединенъ такимъ образомъ, что та и другая телѣжка со своими колесными скатами могутъ независимо отъ котла устанавливаться въ кривой радіально. Такъ какъ цилиндры прикрѣплены къ рамамъ телѣжекъ, то проводъ пара изъ котла представляетъ нѣкоторыя затрудненія, точно также и отводъ пара изъ цилиндровъ въ дымовыя трубы: соединенія паропроводныхъ трубъ должны быть достаточно плотны и въ то же время обладать необходимой подвижностью.

Фиг. 362.



Паровозъ *Meyer*`а отличается отъ паровоза *Fairlie* тѣмъ, что при двухъ отдѣльныхъ поворотныхъ телѣжкахъ съ независимыми движущими механизмами имѣется паровозный котелъ обыкновеннаго типа съ одною лишь огневою коробкой и одной дымовой трубой (фиг. 363).

Фиг. 363.



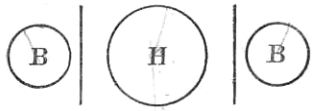
Паровозы компаундъ. — Паровозы съ последовательной работой пара въ цилиндрахъ въ настоящее время распространяются все болѣе и болѣе и представляютъ нѣкоторое разнообразіе какъ въ отношеніи къ числу и расположенію цилиндровъ, такъ и въ отношеніи къ приспособленіямъ для троганія съ мѣста.

Что касается числа цилиндровъ, то паровозы *compound* строятся съ двумя, съ тремя и съ четырьмя цилиндрами.

Двухцилиндровый *compound* въ отличіе отъ обыкновеннаго паровоза имѣетъ одинъ цилиндръ малый, другой большой, и паръ, отработавши въ маломъ цилиндрѣ, выпускается не въ дымовую трубу, а черезъ соединительный резервуаръ или трубу (*receiver*) въ большой цилиндръ и тамъ продолжаетъ работу. При этомъ размѣры цилиндровъ и парораспредѣленіе для нихъ выбираются такимъ образомъ, чтобы работы, получаемыя на маломъ и на большомъ поршняхъ, за время одного оборота колесъ были по возможности одинаковы между собою.

Что касается паровозовъ съ тремя цилиндрами, то тутъ одинъ изъ цилиндровъ помѣщается всегда въ средней продольной вертикальной плоскости паровоза, и поршень его дѣйствуетъ на колѣнчатую ось. Эта ось или соединяется съ другими движущими осями посредствомъ спарниковъ, или же нѣтъ, какъ это было сдѣлано англійскимъ инженеромъ *Webb*`омъ.

Фиг. 364.



Наружные два цилиндра дѣлаются одинаковыми между собою, а средній иногда больше крайнихъ: въ такомъ случае паръ изъ котла впускается сперва въ крайніе цилиндры, а оттуда поступаетъ въ средний (фиг. 364): если же размѣры средняго цилиндра почти одинаковы съ крайними цилиндрами, то паръ изъ котла идетъ въ средній цилиндръ, а затѣмъ уже поступаетъ въ крайніе цилиндры (фигура 365).

Фиг. 365.



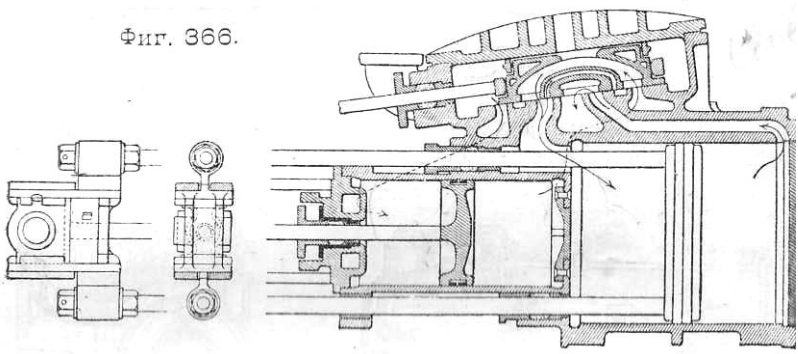
При четырехъ цилиндрахъ

паровозы *compound* представляютъ такія разновидности:

А) съ каждой стороны паровоза имѣется по два цилиндра, расположенныхъ на одной и той же линіи, одинъ за другимъ (*tandem*), при чемъ

а) паръ изъ малаго цилиндра поступаетъ затѣмъ для работы въ большой цилиндръ,

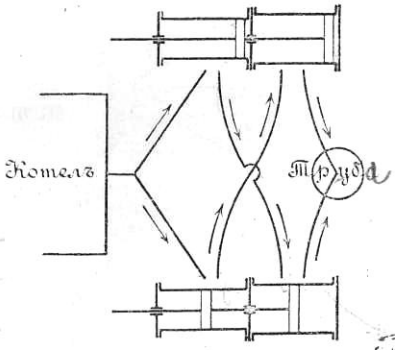
Фиг. 366.



находящийся съ нимъ рядомъ — система *tandem Woolf* (фиг. 366);

б) или паръ изъ малаго цилиндра идетъ по трубе въ большой цилиндръ, находящиеся на противоположной сторонѣ — система *tandem compound* (фигура 367);

Фиг. 367.

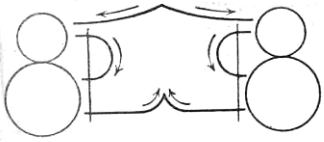


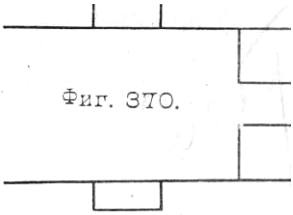
Б) цилиндры лежатъ не на продолженіи одинъ другого, а

в) или бокъ - о - бокъ, причемъ у нихъ общій парораспредѣлительный золотникъ и общій крейцкопфъ (салазки) какъ

для большого, такъ и для малаго цилиндра (фиг, 368) — система *Woolf* *);

Фиг. 368.



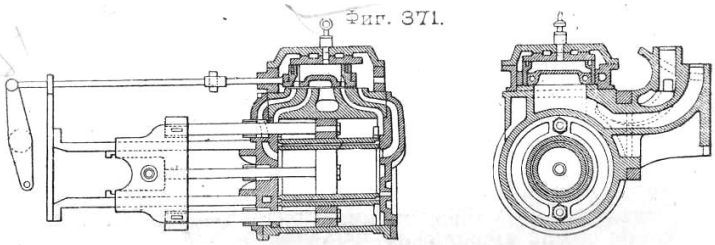


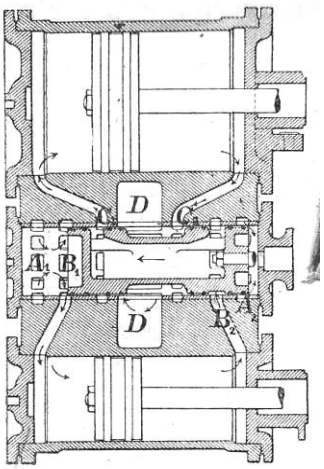
Фиг. 370.

г) или прикрѣплены къ рамѣ въ различныхъ мѣстахъ (фиг. 370) — система *compound*;

В) цилиндры лежать одинъ внутри другого (фиг. 371) — система *Johnstone* 'а;

Фиг. 371.

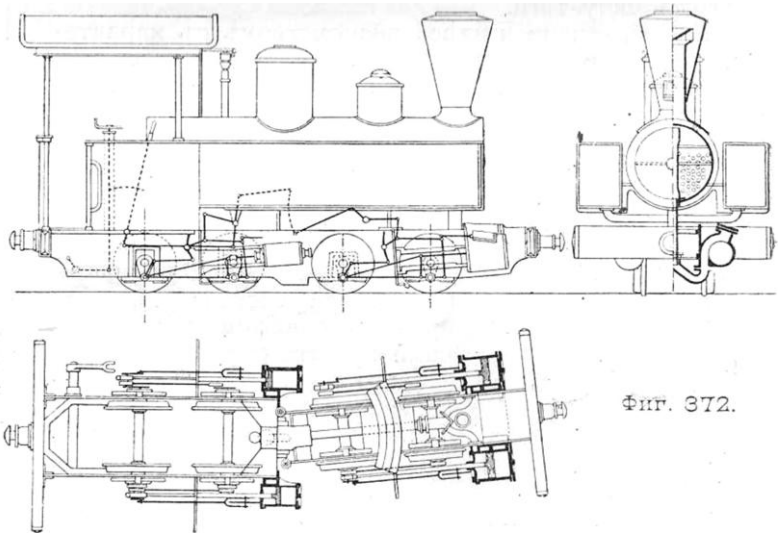




Фиг. 369.

*) Къ этому разряду принадлежатъ паровозы *Vauclain*, главнаго механика на паровозостроительномъ заводѣ *Baldwin* въ Филадельфіи. На фиг. 369 представленъ продольный разрѣзъ одной пары цилиндровъ *Vauclain*. Внутри золотниковой коробки находится вставной, тщательно выточенный и обточенный цилиндръ (втулка) съ отверстіями: черезъ отверстія A_1 и A_2 паръ изъ паропроводной трубы отъ котла входитъ съ той и съ другой стороны цилиндрическаго золотника, который благодаря этому является уравновѣшеннымъ; при положеніи золотника, изображенномъ на фиг. 369, паръ можетъ черезъ отверстія B_1 попасть въ малый цилиндръ, а находящиеся по другую сторону

Г) для облегченія движенія по кривымъ паровоз ный котелъ опирается на двѣ отдѣльныя рамы, (на двѣ телѣжки), и малые цилиндры прикрѣплены къ одной, а большие къ другой изъ нихъ. Между малыми цилиндрами и большими имѣется соединительная труба (рисиверъ), устроенная такъ, чтобы позволяла телѣжкамъ измѣнять относительное, свое положеніе, но въ то же время и не пропускала наружу пара. Подобнымъ же образомъ большіе цилиндры должны быть соединены съ дымовой коробкой для выпуска отработавшаго пара въ дымовую трубу. Котелъ можетъ быть неизмѣнно прикрѣпленъ къ телѣжкѣ съ малыми цилиндрами, а на другую телѣжку опираться такъ, чтобы она могла измѣнять свое положеніе подъ котломъ. Такое устройство было примѣнено впервые инженеромъ *Mallet* (фиг. 372 — locomotive compound artieulée).



Фиг. 372.

поршня выходить черезъ отверстія B_2 во .внутреннюю полость цилиндрическаго золотника и оттуда черезъ отверстія C_1 вступаетъ въ большой цилиндръ; въ это время отработавшій паръ изъ большого цилиндра вылетаетъ черезъ отверстія C_2 въ полость D, а отсюда въ паровыпускную трубу.

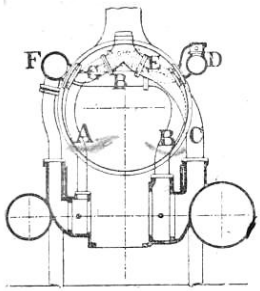
Отношеніе между объемами большихъ и малыхъ цилиндровъ берется обыкновенно въ предѣлахъ отъ 2 до 3. Объемъ рисивера стараются дѣлать не менѣе объема малаго цилиндра.

Что касается приспособленій для троганія съ мѣста, то они заключаются въ томъ, чтобы пускать паръ изъ котла не только въ малый, но и въ большой цилиндръ, какъ при обыкновенномъ дѣйствіи паровоза. Приспособленій этихъ довольно много, и нѣкоторыя изъ нихъ дѣйствуютъ автоматически, но зато лишь въ теченіи очень короткаго времени при трогании съ мѣста, и тотчасъ же прекращают пару изъ котла доступъ въ большой цилиндръ; другія позволяютъ пускать паръ въ большой цилиндръ не только при трогании съ мѣста, но и на ходу паровоза; кромѣ того, нѣкоторыя изъ этихъ приспособленій даютъ возможность пару изъ малаго цилиндра уходить не въ рисиверъ, а въ дымовую трубу, что значительно уменьшаетъ противное давленіе и увеличиваетъ силу тяги.

Мы ограничимся здѣсь знакомствомъ съ характеристическими особенностями лишь нѣкоторыхъ изъ приспособление для пусканія пара въ большой цилиндръ прямо изъ котла.

На фиг. 373 представленъ двухцилиндровый паровозъ *compound* съ приспособленіемъ *Mallet.* Здѣсь *A* — паровпускная труба малаго цилиндра. *B* — труба, по которой паръ переходить изъ малаго цилиндра въ большой цилиндръ (труба эта составляешь часть промежуточнаго между цилиндрами пространства, такъ называемаго рисивера); *C* — пароотводная труба изъ большого цилиндра въ дымовую трубу. На трубѣ *B* имѣется коробка *D* съ клапаномъ для впусканія пара въ большой цилиндръ прямо изъ котла, при чемъ паръ въ эту коробку притекаетъ по особой трубѣ *E*. На трубѣ *B* есть еще другая коробка *F* съ клапаномъ, разобщающимъ малый цилиндръ отъ большого

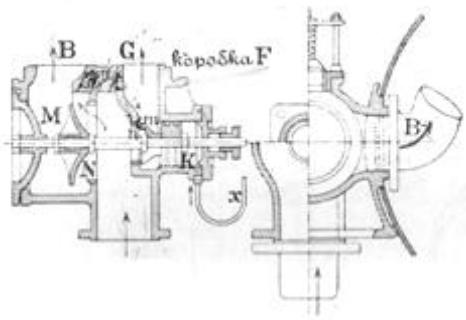
Фиг. 373.



и дающимъ выходъ отработавшему пару изъ малаго цилиндра прямо въ конусъ по трубѣ *G.*

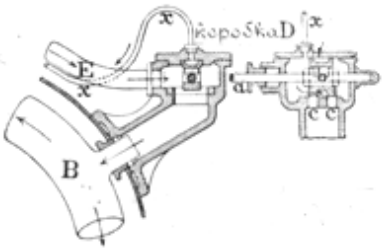
Коробки *D* и *F* соединены между собою трубочкою *x*, *x* (фиг. 374 и 375), и въ положеніи движущихся частей, изображенномъ на этихъ фигурахъ, паръ изъ котла, притекающій въ коробку *D* по трубѣ *E* (фиг. 375), идетъ по трубочкѣ *x*, *x* въ коробку *F* (фиг. 374), давитъ на поршень *K,* закрываетъ отверстіе *n* клапаномъ *m* и открываетъ *N.* При этомъ изъ котла паръ, не имѣющій доступа въ большой цилиндръ, идетъ въ малый цилиндръ, а оттуда уже черезъ отверстіе *N* паръ поступаетъ въ большой цилиндръ, т.е. машина дѣйствуетъ по системѣ *compound.*

Фиг. 374



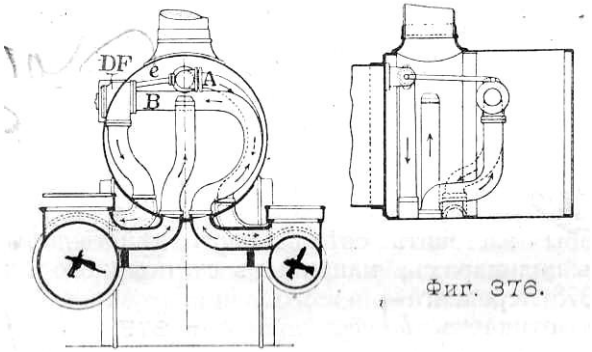
Чтобы заставить свѣжій паръ действовать въ обоихъ цилиндрахъ, машинистъ съ помощью тяги *a* (фиг. 375) передвигавешь золотничекъ *b* влѣво; тогда паръ изъ коробки *D* черезъ окна *c* идетъ въ рисиверъ, а оттуда въ большой цилиндръ; вмѣстѣ съ тѣмъ золотничекъ *b* устанавливаетъ сообщеніе трубочки *x, x* съ наружной атмосферой, и поршень *K* (фиг. 374) отодвигается вправо, при чемъ отверстіе *N* закрывается клапаномъ *M,* а клапанъ *m* открываетъ отверстіе *n* и даетъ выходъ пару изъ малаго цилиндра прямо въ атмосферу. Такимъ образомъ получается обыкновенное, независимое дѣйствіе пара въ цилиндрахъ.

Фиг. 375.



При этомъ однако необходимо принять мѣры противъ того, чтобы давленіе въ рисиверѣ или, иначе говоря, на поршень большого цилиндра не превосходило извѣстнаго предѣла, иначе могутъ получиться черезчуръ большія усилія на этомъ поршнѣ. Въ виду этого на рисиверѣ помѣщаютъ обыкновенно предохранительный клапанъ съ пружинной нагрузкой, а иногда еще на пути пара, идущаго черезъ окна *c* коробки *D*, особый регуляторъ давленія, въ которомъ однако нѣтъ настоятельной надобности, если не гнаться за тѣмъ, чтобы предупредить потерю излишняго пара черезъ предохранительный клапанъ.

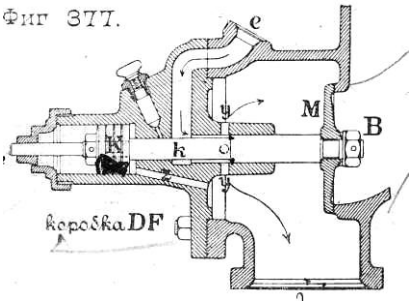
На фиг. 376 представленъ паровозъ *compound* съ автоматическимъ приспособленіемъ *Barries*'а. Здѣсь



Фиг. 376.

отъ машиниста вовсе не зависишь впускъ пара въ большой цилиндръ, а дѣлается это само собою, въ то время какъ машинистъ открываетъ регуляторъ паровоза.

Фиг 377.

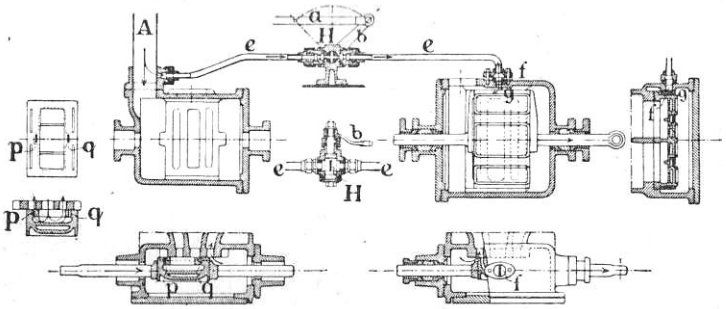


Паръ изъ котла по трубѣ *A* (фигура 376) направляется въ малый цилиндръ и въ то же время по трубкѣ *e* въ коробку *DF*; здѣсь (фиг. 377) паръ, дѣйствуя на кольцевую площадь стержня *k*, передвигаетъ его до тѣхъ

поръ, пока клапанъ *M* не закроетъ сообщенія между большимъ цилиндромъ и рисиверной трубой *B*; при этомъ стержень *k* открываетъ каналы *y*, по которымъ паръ, притекающій изъ котла по трубѣ *e*, поступаетъ въ трубу, идущую въ золотниковую коробку большого цилиндра. Такое поступленіе пара въ большой цилиндръ однако очень скоро (не далѣе какъ черезъ 1 оборотъ движущихъ колесъ) прекращается само собою, потому что отработавшій въ маломъ цилиндрѣ паръ поступаетъ въ рисиверъ, оттѣсняетъ клапанъ *M*, закрываетъ каналы *y* и направляется въ большой цилиндръ, а затѣмъ уже въ дымовую трубу. Клапанъ *M* удерживается въ крайнемъ лѣвомъ своемъ положеніи благодаря тому, что паръ, притекающий изъ рисивера по каналу *z*, давить на поршень *K*, съ лѣвой стороны котораго давленіе равно атмосферному.

На фиг. 378 представлены цилиндры паровоза *compound* съ приспособленіемъ *Lindner*` а. Здѣсь все

Фиг. 378.



приспособленіе собственно заключается въ кранѣ *H*; при перестановкѣ перекидного рычага изъ одного крайняго положенія въ другое пробка этого крана помощью тяги *a* и плеча *b* поворачивается на 90° и въ обоихъ этихъ положеніяхъ рычага, т. е. при наибольшей степени впуска пара въ цилиндры, устанавливаеть сообщеніе между паровпускной трубой и золотниковой коробкой большого цилиндра. Паръ, притекающій по трубѣ *A* въ малый цилиндръ, можеть также направиться по трубѣ *e* и въ большой цилиндръ.

При троганіи паровоза съ мѣста золотникъ малаго цилиндра можетъ находиться въ такомъ положение что паръ, притекающій въ золотниковую коробку этого цилиндра, не будетъ имѣть доступа къ поршню, а между тѣмъ паръ, входящій въ золотниковую коробку большого цилиндра, будетъ черезъ рисиверъ производить давленіе на малый поршень и такимъ образомъ препятствовать его движенію. Въ виду этого золотникъ малаго цилиндра снабжается маленькими каналами *p*, *q*, благодаря которымъ достигается уравненіе давленій на обѣ стороны малаго поршня и какъ бы выключеніе его.

Чтобы давленіе пара, притекающаго изъ котла въ золотниковую коробку большого цилиндра, было не слишкомъ велико, для пропуска пара въ стѣнкѣ коробки имѣется лишь довольно узкая щель *f*. У рамки большого золотника сдѣланъ выступъ *g*, для прикрыванія этой щели, когда паровпускныя окна еще закрыты золотникомъ, и притекающій паръ могъ бы только наполнять рисиверъ, производя противное давленіе на поршень малаго цилиндра. Щель *f* открывается лишь тогда, когда начинаетъ открываться одно изъ паровпускныхъ оконъ зеркала большого цилиндра, какъ это представлено на фиг. 378.

Различіе между тремя приведенными здѣсь приспособленіями (для впусканья пара въ большой цилиндръ прямо изъ котла) заключается въ томъ, что приспособление *Mallet* даетъ возможность пускать паръ въ большой цилиндръ изъ котла когда угодно и при какомъ бы то ни было положении переводнаго рычага, при чемъ оба цилиндра работаютъ такъ, какъ и при обыкновенномъ устройствѣ паровоза; приспособленіе *Borries*`а дѣйствуетъ автоматически, но только при открываніи регулятора и лишь въ теченіе очень короткаго времени; приспособленіе *Lindner*`а впускаетъ паръ изъ котла въ большой цилиндръ лишь при положеніяхъ переводнаго рычага, соответствующихъ найбольшей степени впуска, и разобщеніе между цилиндрами не производится, но зато дѣйствіе малаго цилиндра временно вовсе устраняется.

Дѣйствіе паровоза по системѣ *compound* сравнительно съ обыкновеннымъ представляетъ преимущество въ томъ

отношеніи, что измѣненіе давленій на пальцахъ мотылей въ теченіе оборота колесъ менѣе значительно, т. е. болѣе приближается къ равномерности, и что благодаря последовательной работѣ въ цилиндрахъ потери полезнаго дѣйствія пара меньше, т. е. паръ расходуется экономичнее. Последнее обстоятельство имеетъ особенное значеніе для паровозовъ потоку, что для данной работы требуется брать меньше топлива и воды, т. е. безполезный грузъ можетъ быть меньше, или же съ данными запасами воды и топлива паровозъ можетъ делать большій путь, что особенно важно для скорыхъ паровозовъ такъ какъ средняя комерческая скорость движенія и продолжительность переѣзда много зависятъ отъ продолжительности и числа остановокъ на промежуточныхъ станціяхъ. Каждая остановка, какъ бы коротка она ни была, отзывается пониженіемъ средней скорости движенія, потому что требуетъ замедленія движенія при подходе къ станціи, а затемъ необходимо известное время на развитіе вновь большой скорости послѣ остановки.

Паровозы съ передвижными движущими осями. — Для дорогъ съ крутыми подъемами и кривыми малаго радіуса приходится не только увеличивать число спаренныхъ осей паровоза, но и принимать меры къ тому, чтобы онъ могъ проходить свободно по крутымъ закругленіямъ пути.

Въ этомъ отношеніи особенно удобнымъ является устройство паровозовъ съ двумя движущими механизмами на двухъ тележкахъ (системы *Fairlte, Meyer,* въ особенности же *Mallet* съ четырьмя цилиндрами).

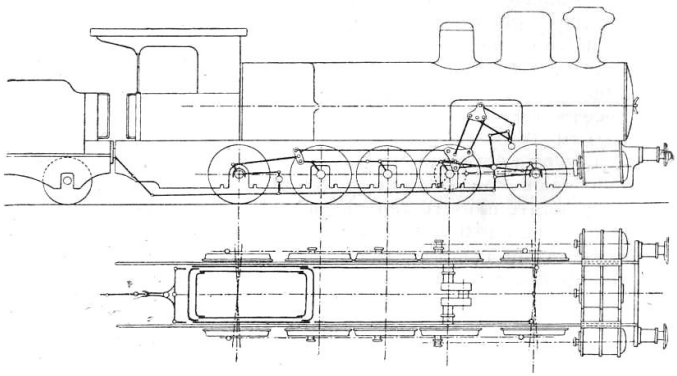
Klose разработалъ для той же цели устройство, где все движущія оси расположены въ одной общей раме, но связаны между собою такъ, что въ кривой некоторыя изъ нихъ измѣняютъ относительное свое положеніе и устанавливаются радіально.

На фиг. 379 представленъ паровозъ подобнаго устройства съ пятью спаренными осями; изъ нихъ три среднія лежатъ въ раме неподвижно, а крайнія связаны съ тендеромъ и могутъ устанавливаться радіально; при этомъ движущія усилія передаются на ихъ шаровыя цапфы посредствомъ дышелъ, связанныхъ съ другими дышлами помощью рычаговъ и паралелограмовъ.

Механизмъ довольно сложный, съ большимъ числомъ шарнирныхъ соединеній.

Паровозы для желѣзныхъ дорогъ съ зубчаткой. — При очень крутыхъ подъемахъ (0,040-0,070 и болѣе) пользоваться для тяги простымъ сцѣпленіемъ между

Фиг. 379.



колесами и рельсами оказывается не только невыгоднымъ, но иногда далее и невозможнымъ *). Въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ укладкѣ вдоль рельсоваго пути зубчатки,

---

*) Для движенія по подъему съ уклономъ подъ угломъ α паровозъ, у котораго всѣ оси спарены, долженъ обнаружить силу тяги

$$P(w + 1000 \,.\, Sin\,\alpha) \leq fP \,.\, 1000$$

слѣдовательно при

$$Sin\,\alpha = f — 0{,}001\,\omega$$

паровозъ будетъ въ состояніи тащить лишь себя, т. е. не будетъ уже вовсе пригоденъ для перевозки вагоновъ съ пасажирами и грузами.

Если примемъ $f = \frac{1}{8}$, $\omega = 10$, то

$$Sin\,\alpha = 0{,}115$$

т. е. для подъемовъ $i > 100$ обыкновеннаго сцѣпленія паровоза съ рельсами оказывается уже недостаточно.

Недалеко отъ Цюриха, на небольшой линіи *Uetli* съ подъемами i = 70, танковый паровозъ о трехъ спаренныхъ осяхъ возитъ поѣзда, состояние лишь изъ одного или двухъ вагоновъ.

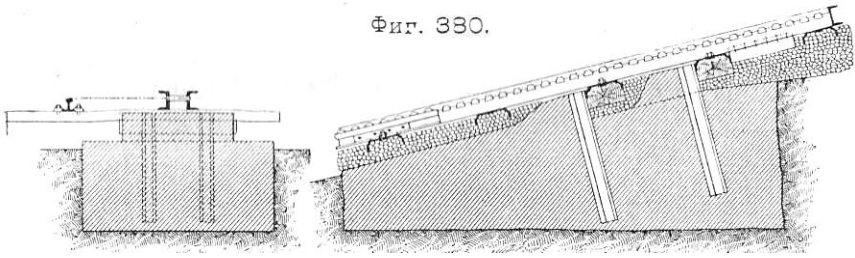
съ которою паровозъ сцѣпляется посредствомъ особыхъ зубчатыхъ колесъ; или между рельсами укладываютъ еще третій, къ которому прижимаются съ боковъ особыя горизонтальныя движущія колеса или передвиженіе вагоновъ между верхней и нижней станціями производятъ помощью проволочнаго каната.

Что касается желѣзныхъ дорогъ съ зубчаткой, то ихъ довольно много въ Швейцаріи *).

Дороги съ зубчаткой представляютъ нѣсколько разновидностей какъ въ отношеніи къ устройству самой зубчатки, такъ и паровозовъ.

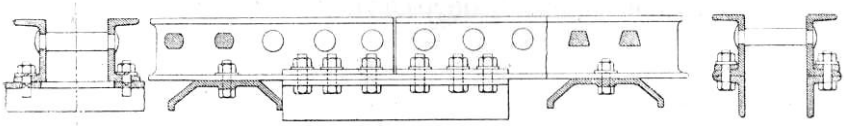
Что касается зубчатки, то въ системѣ *Riggcnbach*`а (фиг. 380) она имѣетъ видъ лѣстницы изъ двухъ корытообразныхъ желѣзныхъ балокъ съ желѣзными

Фиг. 380.



вставными ступеньками (зубцами) трапецоидальнаго сѣченія (фиг. 381).

Фиг. 381.

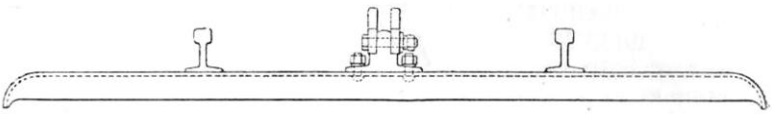


Видоизмѣненіе такого устройства представляетъ

*) *Rigi* съ подъемами до 1/4 (i=250), *Pilatus* до 1/2,08 (i = 480).

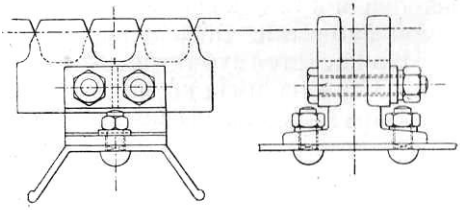
зубчатка *Abt`* а (фиг. 382 и 383), состоящая изъ зубча-

Фиг. 382.



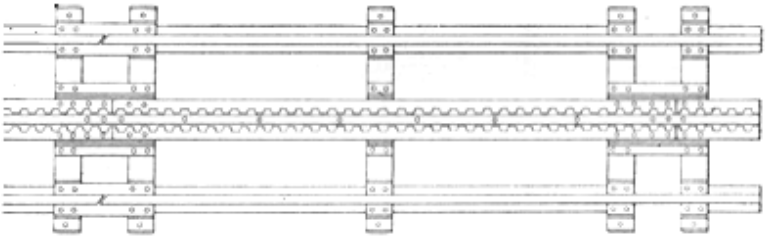
тыхъ полосъ, соединенныхъ такъ между собою чтобы зубцы не приходились одинъ противъ другого.

Фиг. 383.



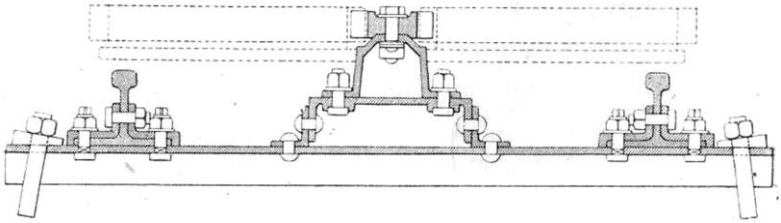
Въ системѣ *Locherz`*а зубчатка имѣетъ зубцы съ двухъ сторонъ (фиг. 384 и 385), и съ ней

Фиг. 384.



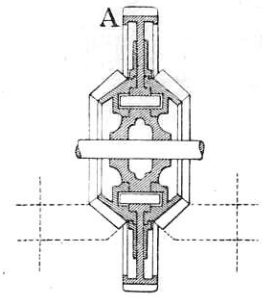
сцѣпляется паровозъ посредствомъ горизонтальныхъ

Фиг. 385.



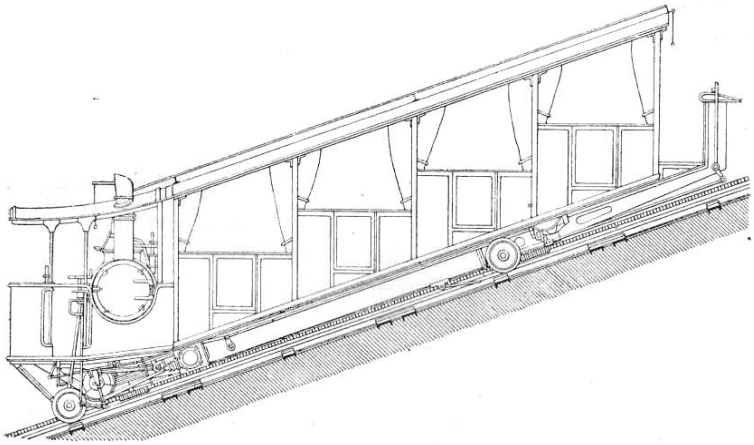
зубчатыхъ колесъ; движеніе этимъ колесамъ передается посредствомъ коническихъ зубчатыхъ колесъ и цилиндрическаго колеса *A* (фиг. 386), которое посредствомъ соотвѣтствующаго зубчатаго колеса приводится во вращеніе паровою машиной (фиг. 387).

Фиг. 386.



Что касается паровозовъ то они устраиваются или такъ, чтобы пользоваться исключительно зубчаткой, или по смѣшанной системѣ, т. е. такимъ образомъ, чтобы и колеса, которыми паровозъ катится но рельсамъ, были также движущими. Такое устройство является необходимымъ, если дорога состоитъ изъ участковъ не только съ очень крутыми подъемами, гдѣ требуется зубчатка, но и

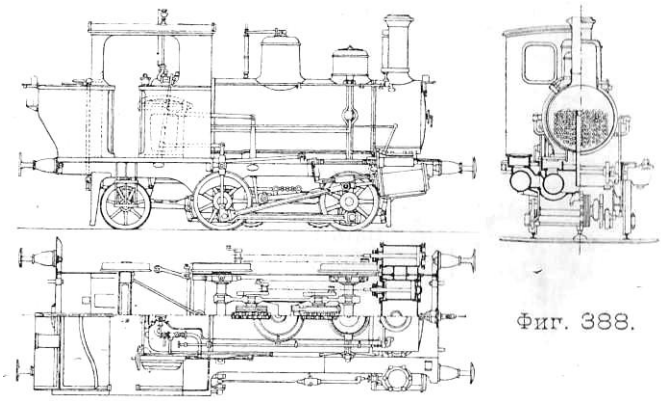
Фиг. 387.



изъ такихъ, гдѣ достаточно простого сцѣпленія колесъ съ рельсами.

Паровозъ такой системы для зубчатой дороги

*Abt'*а представленъ на фиг. 388. Здѣсь имѣется двѣ пары



Фиг. 388.

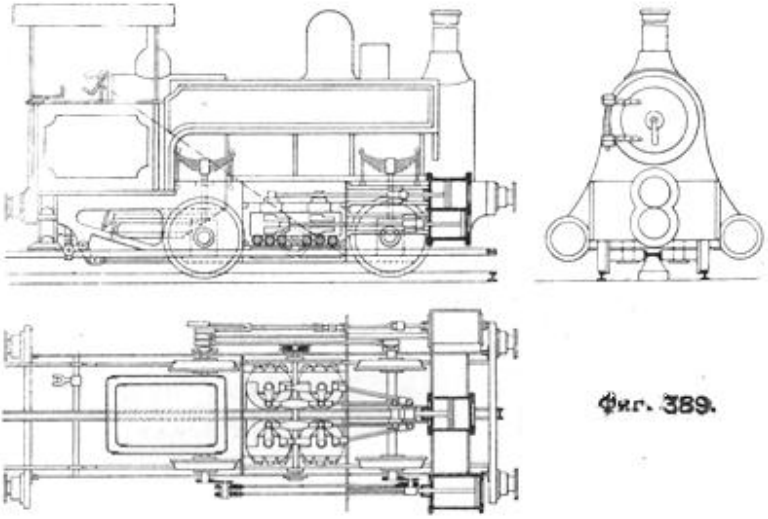
цилиндровъ, и тамъ, гдѣ достаточно простого сцѣпленія, паръ работаетъ только въ крайнихъ цилиндрахъ, какъ въ обыкновенномъ паровозѣ. При входѣ на участокъ съ зубчаткой паръ впускается также и въ средніе цилиндры и приводитъ во вращеніе зубчатыя колеса; оси этихъ колесъ расположены въ особой рамѣ или станинахъ, лежащихъ непосредственно (безъ ресоръ) на осяхъ движущихъ колесъ паровоза; такимъ образомъ обѣ группы осей работаютъ совершенно независимо одна отъ другой.

Паровозы для зубчатыхъ ж. дорогъ снабжаются обыкновенно нѣсколькими различнаго рода тормазными приспособленіями, для большаго обезпеченія безопасности.

На фиг. 388 рядомъ съ зубчатыми колесами показаны тормазные шкивы съ гребенчатыми поверхностями.

Дороги съ среднимъ рельсомъ (система *Fell*`я). — Для увеличенія сцѣпленія, здѣсь между рельсами укладывается

третій горизонтальный рельсъ (фиг. 389), и кромѣ



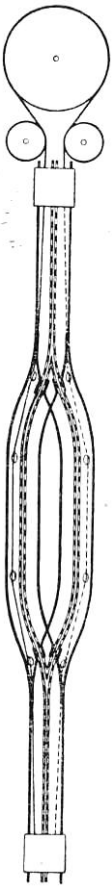
Фиг. 389.

движущихъ вертикальныхъ колесъ паровозъ снабжается еще горизонтальными движущими колесами, прижимаемыми къ среднему рельсу уже не вѣсомъ паровоза, а помощью ресоръ. Колеса эти здѣсь получаютъ движеніе отъ вертикальныхъ колѣнчатыхъ осей и двухъ горизонтальныхъ цилиндровъ, расположенныхъ по оси паровоза одинъ надъ другимъ.

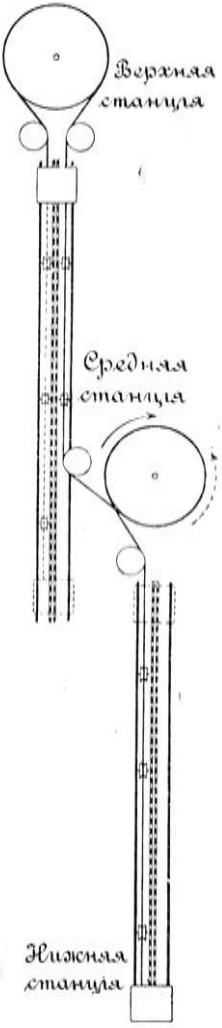
Дороги (наклонныя плоскости) съ канатомъ. — Для тяги по крутымъ подъемамъ, какъ уже упомянуто, примѣняютъ также проволочные канаты, при чемъ для обезпеченія безопасности укладываютъ между рельсами еще зубчику. Къ концамъ каната прикрѣплены вагоны, и въ то время, какъ одинъ спускается

внизъ, другой поднимается (фиг. 390). Движущей силой является или добавочная временная нагрузка спускающагося вагона водой, или же особый движитель того или другого рода (напр. электрическій), сообщающій вращеніе шкиву верхней станціи.

Фиг. 390.



Фиг. 391.

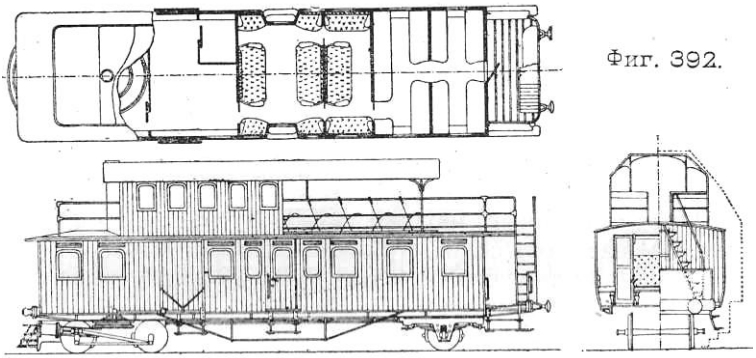


Иногда предпочитаютъ обойтись безъ разъѣзда для вагоновъ (фиг. 391), при чемъ на половинѣ пути должна происходить

пересадка пасажировъ изъ одного вагона въ другой.

Паровозо-вагоны, — представляющіе изъ себя соединеніе паровоза съ вагономъ, — находятъ примѣненіе тамъ, гдѣ движеніе очень слабое, и нѣтъ надобности прибѣгать къ составленію поѣзда изъ ряда вагоновъ.

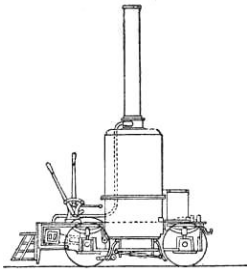
На фиг. 392 представлено подобное устройство



Фиг. 392.

по системѣ *Rowan*`а для мѣстныхъ поѣздовъ. Вагонъ устроенъ въ два этажа, и верхній этажъ превращается только на лѣто въ открытое помѣщеніе. Всего въ вагонѣ можетъ усѣсться 85 пасажировъ. Кромѣ отдѣленій для пасажировъ имѣется помѣщеніе для багажа и почтовое отдѣленіе.

Фиг. 393.

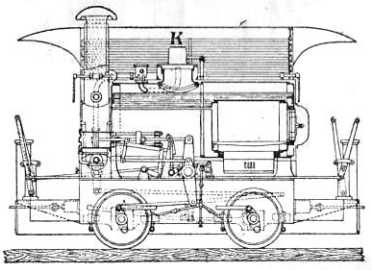


Въ одномъ изъ концовъ вагона расположенъ паровой котелъ съ машиной (фиг. 393). Чтобы лучше использовать и удобнѣе ремонтировать устройство, котелъ съ машиной, т. е. собственно паровозъ, устроенъ какъ самостоятельное цѣлое, сцѣпляемое съ вагономъ, при чемъ часть вѣса вагона передается на раму паровоза и такимъ образомъ является сцѣпнымъ вѣсомъ. Тутъ котелъ вертикальный, — опытъ показалъ однако, что горизон-

тальное расположеніе котла заслуживаете предпочтенія.

Паровозы для городскихъ ж. дорогъ. — На городскихъ ж. дорогахъ и трамахъ употребляютъ также иногда паровозовагоны или особые паровозы, къ которымъ прицѣпляется одинъ или нѣсколько вагоновъ. Паровозы эти устраиваются часто такъ, чтобы наружу не выпускалось ни пару, ни дыму; въ видахъ этого паровозъ снабжается трубчатымъ конденсаторомъ *K* (фиг. 394), куда поступаетъ отработавшій паръ и, охлаждаясь подъ вліяніемъ наружнаго воздуха, осаждается; а чтобы паровозъ не давалъ дыму, вмѣсто угля для отопленія употребляютъ коксъ.

Фиг. 394.

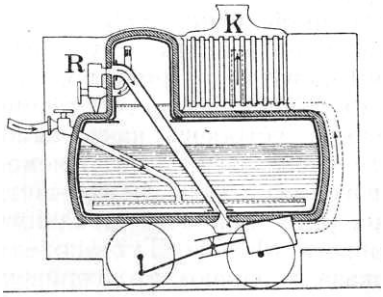


Представленный на фиг. 394 паровозъ снабженъ на обоихъ своихъ концахъ приводами къ парораспредѣлительному механизму и къ тормазу и можетъ двигаться впередъ безразлично тѣмъ или другимъ концомъ, не нуждаясь въ оборачиваніи.

Паровозы безъ топки (система *Lamm-Francq*). — Для пригородныхъ, и городскихъ желѣзныхъ дорогъ были предложены въ Америкѣ Ляммомъ, а въ Европѣ введены въ употребление Франкомъ паровозы вовсе безъ топки.

Паръ высокаго давленія (около 15 атмосферъ) приготовляется постоянными котлами, и въ нихъ это можетъ дѣлаться экономичнѣе, чѣмъ въ паровозныхъ котлахъ, особенно малыхъ размѣровъ.

Фиг. 395.



Приготовленный такимъ образомъ паръ пропускается по особой трубѣ въ котелъ паровоза (фиг. 395), нагрѣ-

ваетъ налитую туда воду и наполняетъ пространство надъ водой.

Заряженный такимъ образомъ паровозъ можетъ двигаться, если черезъ особый расширитель *R* пускать паръ въ цилиндры; расширитель этотъ (или регуляторъ давленія) дѣйствуетъ автоматически, закрывая выходъ пара, какъ только давленіе его въ паропроводной трубѣ дѣлается выше назначеннаго предѣла. Отработавшій паръ поступаетъ для охлажденія въ трубчатый конденсаторъ *K*.

Котелъ паровоза, представленнаго на фиг. 395, сдѣланъ изъ стальныхъ листовъ и снабженъ дурно проводящей тепло оболочкой изъ пробки и тонкаго листового желѣза съ промежуточнымъ слоемъ воздуха, для предупрежденія потерь теплоты наружу *).

Регенеративные паровозы. — По мѣрѣ того, какъ паръ изъ котла безъ топки расходуется, давленіе въ котлѣ и температура все понижаются, и для того чтобы котелъ въ теченіе продолжительнаго времени доставлялъ паръ достаточнаго для работы въ цилиндрахъ давленія, необходимо заряжать паровозъ водой съ паромъ очень высокой температуры, а это сопряжено съ опасностью какъ для паровозныхъ котловъ, такъ и для постоянныхъ, приготовляющихъ паръ требуемой высокой упругости.

Есть однако средства, которыя позволяютъ, не смотря на расходъ пара изъ котла, поддерживать въ немъ температуру и давленіе постоянными, — такими, какія желательны для пара, впускаемаго въ цилиндры.

Подобное средство примѣнено въ котлахъ Гонихмана, а именно — ѣдкій натръ.

Ѣдкій натръ обладаешь свойствомъ поглощать водяной паръ, развивая при этомъ теплоту, и потому его можно употребить для конденсаціи отработавшаго пара, а развивающейся при этомъ теплотой воспользоваться для нагрѣванія котла и повышенія вновь давленія пара.

---

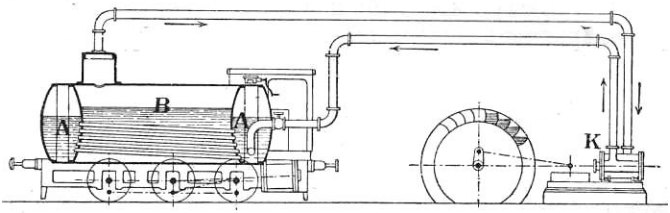
*) Подобныя же оболочки (изъ слоевъ дерева, войлока, воздуха), съ обшивкой листовымъ желѣзомъ дѣлаются и у обыкновенныхъ паровозовъ, хотя и не по всей наружной поверхности котла.

Растворъ ѣдкаго натра будетъ поглощать водяной паръ до тѣхъ поръ, пока при извѣстной степени разбавленія не достигнетъ точки кипѣнія, и эта точка тѣмъ выше, чѣмъ крѣпость раствора больше; такъ что разбавленный растворъ, который при данной температурѣ уже не можетъ больше поглощать водяного пару, будетъ въ состояніи поглотить новыя количества воды, если температура понизится.

Наоборотъ, чтобы изъ даннаго раствора получить болѣе крѣпкій, надо прибѣгнуть къ нагрѣванію его, къ выпариванію.

Представленный на фиг. 396 (слѣва) паровозъ

Фиг. 396.



Honigmann'а имѣетъ котелъ, состоящій изъ трехъ отдѣленій: въ крайнихъ (*A*) находится паръ и вода, нагрѣтая до желаемой температуры пропусканіемъ въ нее пара изъ постояннаго котла, а въ среднемъ отдѣленіи (*B*) — растворъ ѣдкаго натра.

Крайнія отдѣлепія соединены между собою рядомъ трубокъ, и такимъ образомъ получена большая поверхность, омываемая съ одной стороны водой, а съ другой — ѣдкимъ натромъ.

Отработавшій паръ изъ цилиндровъ машины не выпускается вонъ, а идетъ въ натровое отдѣленіе и тамъ поглощается, при чемъ развивается теплота, температура раствора повышается, и часть теплоты переходитъ черезъ стѣнки къ водѣ, пока температура не сдѣлается одинаковою во всѣхъ отдѣленіяхъ котла. При надлежащемъ отношеніи между количествами натра и воды, можно достичь того, что температура воды будетъ оставаться постоянной, не смотря на расходъ пара машиной.

Въ этомъ и заключается сущность устройства и дѣйствія регенеративнаго паровоза.

Когда натровый растворъ сильно разбавится и больше уже не будетъ въ состоянiи поглощать пару, его подвергаюсь выпариванiю въ особыхъ котлахъ, хотя можно было бы дѣлать это и въ самомъ паровозномъ котлѣ, нагнетая получающiйся паръ въ водяное пространство.

Въ простѣйшемъ видѣ подобный процесъ заключается въ слѣдующемъ.

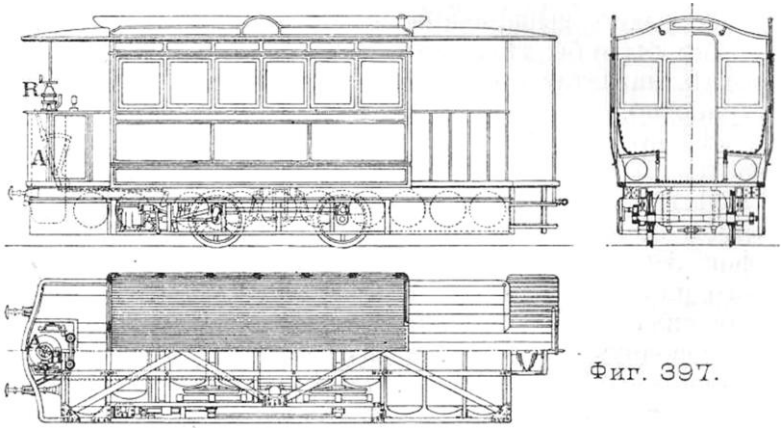
Натровое и водяное пространства посредствомъ трубъ приводятся въ сообщенiе съ компресоромъ *K* (фиг. 396 справа), двигатель у котораго можетъ быть того или другого рода, напр. водяное колесо. Движущая сила водяного колеса заставляетъ компресоръ производить разрѣженiе въ натровомъ отдѣленiи, вслѣдствiе чего изъ раствора выдѣляется часть воды въ видѣ пара и переходитъ въ компресоръ; тамъ паръ подвергается сжатiю, отчего давленiе его увеличивается и температура повышается; отсюда нагрѣтый этотъ водяной паръ перегоняется по трубѣ въ водяное пространство котла, поднимаетъ тамъ температуру и вмѣстѣ съ тѣмъ производитъ нагрѣваниe натроваго раствора, вслѣдствiе чего тотъ выдѣляетъ часть воды въ видѣ пара; паръ этотъ идетъ въ компресоръ, и процесъ продолжается такимъ образомъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнута требуемая крѣпость раствора.

Что касается матерiала для котловъ Гонихмана, то болѣе пригодною для нихъ оказалась мѣдь, а не желѣзо, — желѣзные листы быстро приходили въ негодность отъ разрушительнаго дѣйствiя ѣдкаго натра.

Локомотивы, дѣйствующiе сжатымъ воздухомъ. — Кромѣ паровозовъ безъ топки, для городскихъ трамовъ примѣняются локомотивы, гдѣ вмѣсто пара для работы въ цилиндрахъ служишь или сжатый воздухъ, или какой либо газъ, упругость котораго повышена благодаря нагрѣванiю.

На фиг. 397 представленъ такъ называемый *автомобиль* системы *Мекарскаго* — вагонъ для городскаго трама. Здѣсь колеса приводятся во вращенiе помощью двухъ цилиндровъ, въ которые пускается для работы сжатый воздухъ изъ резервуаровъ, расположенныхъ подъ кузовомъ вагона. Переходя изъ резервуаровъ, гдѣ начальное давленiе воздуха около 30 атмосферъ,

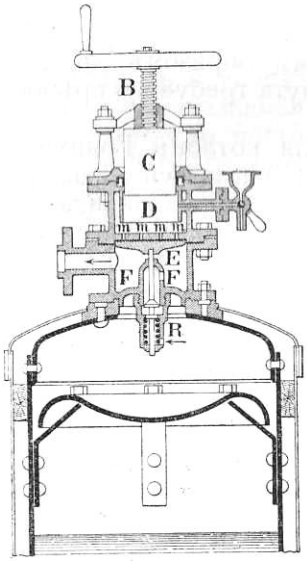
въ цилиндры, гдѣ требуемое для работы давленіе при



Фиг. 397.

впускѣ составляетъ около 12 атмосферъ, воздухъ расширяется и охлаждается. Чтобы предупредить замерзаніе воды, всегда заключающейся въ воздухѣ, автомобиль снабженъ особымъ подогрѣвателемъ *A*, хорошо защищеннымъ отъ охлажденія и наполненнымъ водой, пагретой посредствомъ пара до 160 — 165°Ц, (т. е. до 6 атмосферъ давления сверхъ наружнаго). Воздухъ изъ резервуаровъ на пути къ цилиндрамъ долженъ пройти чрезъ эту воду, причемъ онъ подогрѣвается, насыщается парами и затѣмъ (фиг. 398) черезъ регуляторъ давленія *R* поступаетъ въ трубу, ведущую къ цилиндрамъ машины. Регуляторъ *R* устанавливается на желаемое давленіе посредствомъ винта *B* и ныряла *C*, которое давитъ на жидкость въ полости *D*; давленіе это передается по

Фиг. 398.



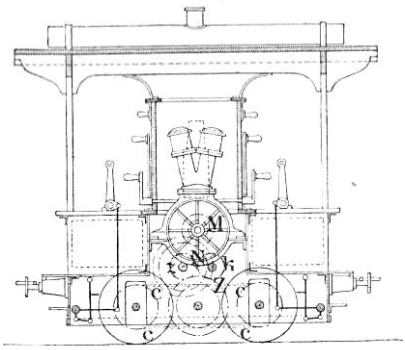
соединительной трубкѣ въ манометръ, а черезъ отверстия *m, m,* также на поршень *E* съ гибкой перепонкой и затѣмъ на стержень регуляторнаго клапана. Клапанъ закрываетъ проходъ воздуху къ цилиндрамъ, какъ только давленіе въ полости *F* станетъ выше назначеннаго предѣла (около 12 атм.).

Для заряжанія подогрѣвателей водой и наполненія резервуаровъ автомобилей сжатымъ воздухомъ, устраивается особая станція съ компресорами и паровыми котлами.

Газовые локомотивы. — Они представляютъ двѣ разновидности: а) газъ требуемаго давленія образуется изъ нефти путемъ ея сожиганія, и б) аміачный газъ доводится до давленія около 10 атм. горячей водою температуры около 27°Ц.

На фиг. 399 представленъ газовый локомотивъ *Daimler'*а, устроенный такъ, что его нѣтъ надобности поворачивать, и машинистъ можешь управлять локомотивомъ съ того или съ другого конца безразлично. Локомотивъ снабженъ особыми резервуарами для запасовъ воды и нефти.

Фиг. 399.

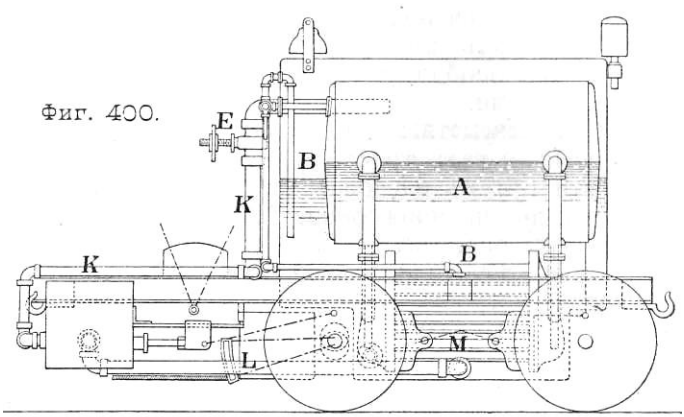


Нефть обращается въ рабочій газъ такимъ образомъ: когда поршень идетъ внизъ, то въ цилиндръ всасывается воздухъ черезъ нефть, находящуюся въ испарительномъ приборѣ; воздухъ насыщается нефтяными испареніями, и эта смѣсь воздуха и горючихъ газовъ въ цилиндрахъ подвергается сжатію, а затѣмъ воспламененію отъ особыхъ зажигательныхъ стерженьковъ, находящихся въ раскаленномъ состояніи. При сожиганіи газовой смѣси развивается много теплоты, давленіе значительно повышается, и поршни цилиндровъ производятъ работу. Работа эта передается на валъ *M,* а отсюда посредствомъ зубчатыхъ колесъ *z, Z* и безконечной цѣпи *c*

на оси локомотива. Передаточное число между валами *M* и *N* можно измѣнять, а кромѣ того съ помощью передвижного промежуточнаго колеса *k* перемѣнять направленіе движенія.

На фиг. 400 представленъ аміачный локомотивъ

Фиг. 400.



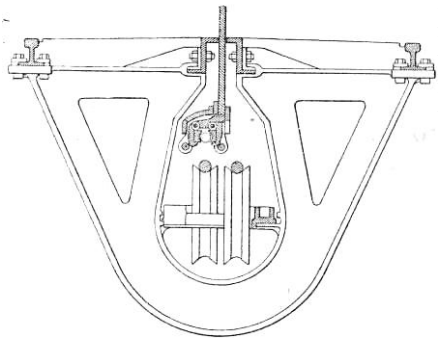
Mc. Makon`а, съ двумя резервуарами, изъ которыхъ одинъ находится внутри другого.

Внутренній резервуаръ *A* служитъ помѣщеніемъ для безводнаго аміака, а наружный *B* - для воды температуры около 27°Ц. При этой температурѣ аміакъ даетъ давленіе около 10 атм. Съ помощью рогуляторнаго клапана *E* можно пускать по трубѣ *K* аміачный газъ для работы въ цилиндры, откуда отработавши газъ не выпускается наружу, а по отводной трубѣ *L* идетъ въ нижнюю часть наружнаго резервуара *B*. Здѣсь расположенъ такъ называемый рисиверъ *M* для внутренняго (аміачнаго) резервуара *A*, съ большимъ числомъ трубокъ. Отработавшій въ цилиндрахъ паръ поглощается здѣсь водою резервуара *B*, при чемъ выдѣляется теплота, и эта теплота черезъ стѣнки трубокъ рисивера *M* передается въ резервуаръ *A* и поддерживаетъ испареніе аміака.

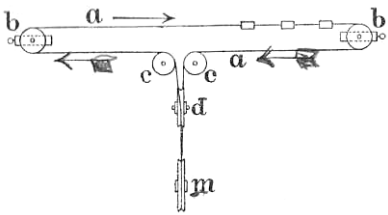
Когда запасъ аміака изъ резервуара *A* израсходованъ, то аміачная вода изъ резервуара *B* выпускается въ особый сосудъ для отдѣленія аміака отъ воды путемъ перегонки.

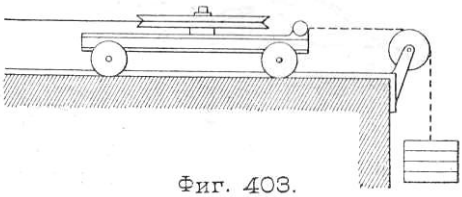
Канатные трамы — устраиваются съ безконечнымъ проволочнымъ канатомъ, помѣщеннымъ подъ поверхностью земли въ особомъ каналѣ; каналъ этотъ расположенъ вдоль рельсоваго пути какъ разъ по срединѣ между рельсами съ узкой щелью на поверхности земли, и для устройства его употребляются особыя металическія рамки (фиг. 401), располагаемыя на извѣстномъ разстояніи другъ отъ друга. Схематическій планъ канатнаго трама представленъ на фиг. 402. Здѣсь *a* — безконечный канатъ, идущій вдоль рельсовыхъ путей; *b, c, d* — направляющіе шкивы; *m* — шкивъ, сообщающій движете канату и приводимый во вращеніе обыкновенно паровой машиной. Канатъ поддерживается постоянно въ натянутомъ состояніи благодаря тому, что нѣкоторые изъ направляющихъ шкивовъ (здѣсъ *b*) укрѣплены на телѣжкахъ съ противовѣсами (фиг. 403).

Фиг. 401.



Фиг. 402.



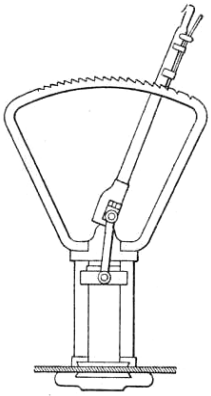


Фиг. 403.

Безконечный канатъ находится въ постоянномъ движеніи, и это движеніе можетъ быть сообщено любому

вагону, снабженному надлежащимъ приспособленіемъ для сцѣпки съ канатомъ, когда это нужно. Приспособленія эти представляютъ родъ щипцовъ (фиг. 404), и кондукторъ съ помощью рычага можетъ во всякое время прекратить или возстановить сцѣпленіе съ канатомъ.

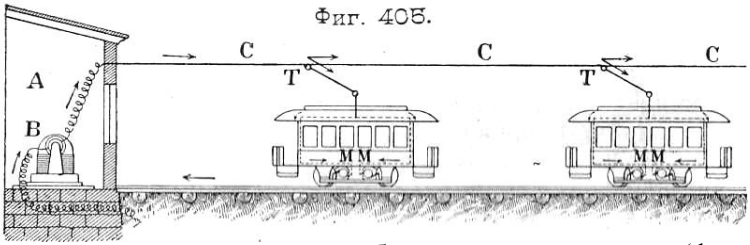
Фиг. 404.



Электрическая тяга — нашла теперь особенно широкое примѣненіе на городскихъ трамахъ.

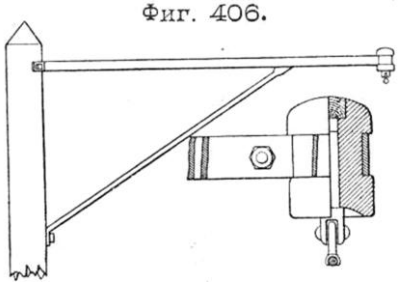
Что касается проводовъ для тока, то въ настоящее время болѣе всего распространено устройство съ надземнымъ проводомъ (фиг. 405). Здѣсь *A* электрическая станція, *B* — динамомашина, посылающая токъ въ проводъ *C*, поддерживаемый черезъ

Фиг. 405.



извѣстные промежутки столбами съ изоляторами (фиг. 406); токъ возвращается на станцію обыкновенно по рельсамъ. Если съ помощью распредѣлительнаго прибора *), имѣющагося въ вагонѣ, установить сообщеніе (фиг. 405) между электрическими двигателями *M* и проводомъ, къ которому прижимается посред-

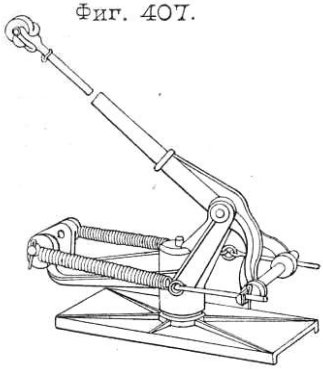
Фиг. 406.



*) Комутатора, называемаго тутъ контролеромъ.

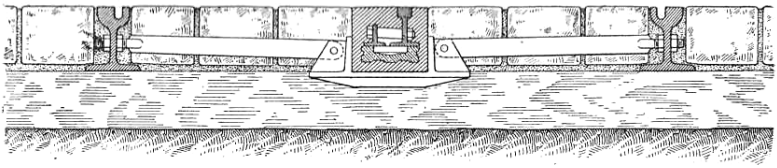
ствомъ длиннаго стержня и пружинъ колесико *T* (катучій контактъ, *trolley* - фиг. 407), то часть электрическаго тока пойдетъ обратно къ станціи черезъ движители вагона и сообщить вращеніе вагоннымъ осямъ.

Фиг. 407.



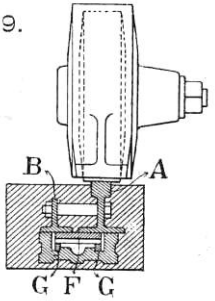
Подземные провода для электрической тяги въ настоящее время устраиваются въ каналахъ, подобныхъ тѣмъ, какіе дѣлаются для канатныхъ трамовъ, только взамѣнъ щипцовъ вагоны снабжаются контактами, соприкасаюіщимися съ

Фиг. 408.



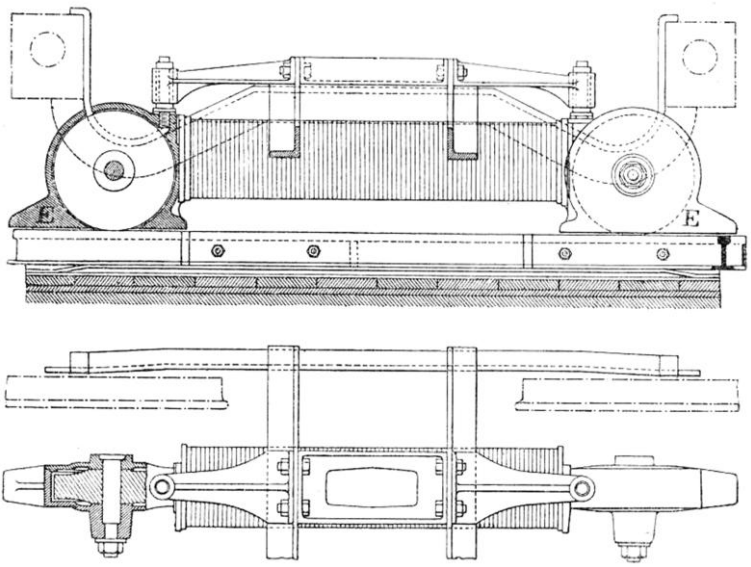
проводами. Были однако попытки такихъ устройствъ, гдѣ подземный проводъ совершенно скрытъ въ землѣ. Такъ въ системѣ *А. Л. Линева* (фиг. 408) мѣдный проводъ *G* помѣщенъ въ изоляціонномъ каналѣ, совершенно закрытомъ (фиг. 409). На проводѣ *G* лежитъ свободно желѣзная лента *F*. Вагонъ движется своими колесами по крайнимъ (боковымъ) рельсамъ, а кромѣ того имѣетъ еще особую телѣжку съ

Фиг. 409.



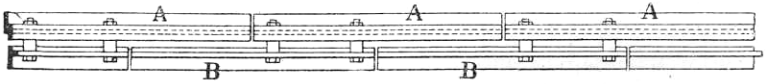
электромагнитомъ (фиг. 410), которая катится по

Фиг. 410.



среднему рельсу. Электромагнитъ своими полюсными башмаками *E* возбуждаетъ магнитизмъ въ среднемъ рельсѣ, который сдѣланъ составнымъ изъ двухъ (фиг. 409 и 411), при чемъ куски второго рельса, совершенно скрытаго въ

Фиг. 411.

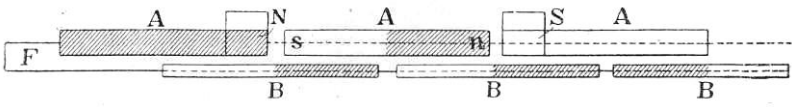


землѣ, соединены съ кусками перваго бронзовыми болтами, и концами своими приходятся противъ серединъ кусковъ перваго рельса. Такимъ образомъ куски *A* съ кусками *B* соединены электрически, но въ магнитномъ отношении разобщены.

Благодаря этому намагничиваніе кусковъ происходитъ

такъ, какъ показано на фиг. 412, гдѣ буквами *N* и *S* обозначены сѣверный и южный полюсы электромагнита,

Фиг. 412.



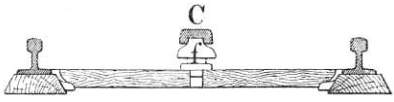
разстояніе между которыми нѣсколько больше длины кусковъ *A* и *B*; заштрихованныя части рельса, или лучше его кусковъ *A* и *B*, обладаютъ сѣвернымъ магнитизмомъ, а незаштрихованныя — южнымъ. Вслѣдствіе этого получается довольно ровное и сильное магнитное поле съ поперечными линіями силъ, и лента *F* притягивается на всемъ протяженіи междуполюснаго промежутка, при чемъ часть тока изъ провода *G* направляется черезъ колеса телѣжки электромагнита (или особыя контактныя щетки) въ движитель вагона.

На станцію токъ возвращается по одному изъ боковыхъ рельсовъ.

Здѣсь совершенно устранена опасность электрическаго удара для людей или животныхъ при переходѣ черезъ путь или при соприкасаніи съ рельсами.

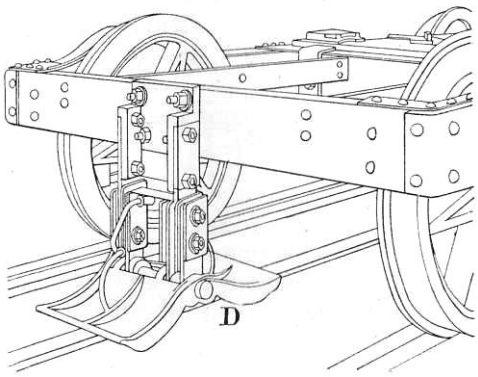
Расположеніе провода на одномъ уровнѣ съ рельсами, мало пригодное для трамовъ, является наилучшимъ и самымъ простымъ для дорогъ подземныхъ, а также и для приподнятыхъ, т. е. расположенныхъ не на поверхности земли, а на нѣкоторой высотѣ, — на балкахъ, поддерживаемыхъ столбами. На фиг. 413 представленъ рельсовый путь подобной дороги, гдѣ на поперечныхъ деревянныхъ брускахъ помѣщены фарфоровые изоляторы *f*, поддерживающіе стальной полосовой проводъ *C*. По этому проводу можетъ скользить контактъ *D*, которым

Фиг. 413.

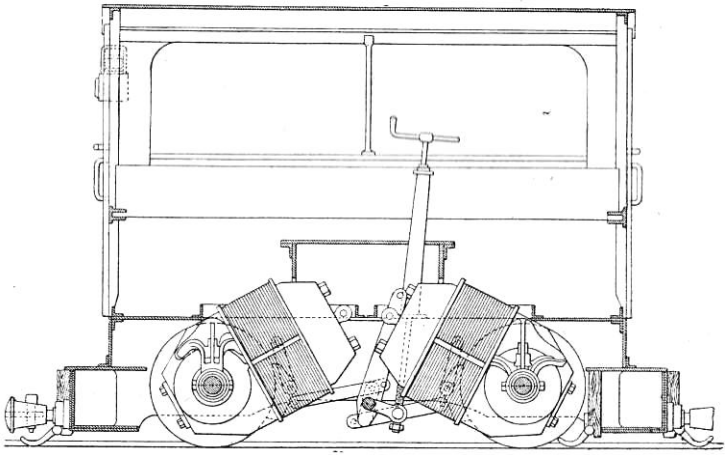


снабжена телѣжка вагона (фиг, 414). Пройдя черезъ электрическіе движители вагона токъ возвращается на станцію по рельсамъ. На фиг. 415 представленъ электрически локомотивъ для подобной дороги. Здѣсь якоря движителей надѣты прямо на оси локомотива и при 240 оборотахъ въ минуту сообщаютъ локомотиву скорость въ 32 килом. въ часъ.

Фиг. 414.



Фиг. 415.



Для городскихъ трамовъ, гдѣ скорость движенія незначительная, часто прибѣгаютъ къ промежуточнымъ передачамъ между якоремъ движителя и осью вагона, большею частью посредствомъ зубчатыхъ колесъ.

Электричествомъ для тяги по трамамъ пользуются еще такъ, что вагонъ или локомотивъ несетъ самъ на себѣ запасъ энергіи въ электрическихъ акумуляторахъ. Акумуляторы заряжаются на электрической станціи и ставятся въ требуемомъ количествѣ на локомотивъ или въ вагонъ; для этой цѣли боковым стѣнки вагона въ нижней части устраиваются такъ, что акумуляторы можно снаружи вставлять въ вагонъ подъ сидѣнья.

Токъ изъ акумуляторовъ посылается, когда нужно, въ электрическіе движители вагона или локомотива, и такимъ образомъ сообщается вращеніе осямъ съ колесами.

Въ заключеніе упомянемъ о попыткѣ *Heilmann*`а построить электровозъ, снабжающій самъ себя токомъ, — это паровозъ, котелъ котораго работаетъ не прямо для тяги поѣзда, а даетъ движущую силу для динамомашинъ и электромоторовъ, насаженныхъ на осяхъ. Цѣль, которая при этомъ преследовалась, — избавиться отъ машины паровоза съ присущими ей неуравновѣшенными массами и возмущеніями движенія и такимъ образомъ обезпечить большую безопасность при высокихъ скоростяхъ поѣздовъ. Комбинация эта очень сложна, сопряжена съ различными потерями полезнаго дѣйствія при преобразованіи одного вида энергіи въ другой и не оправдывается опасеніями относительно удовлетворительности хода паровоза при большихъ скоростяхъ: въ настоящее время имѣются такіе паровозы, что поѣзда часто мчатся со скоростями 120—160 километровъ въ часъ, не подвергаясь крушеніямъ.

РАЗНЫЕ ВОПРОСЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ДВИЖЕНІЯ ПАРОВОЗА СЪ ПОѢЗДОМЪ.

УСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНІЕ ПОѢЗДА.

Уравненіе движенія поѣзда въ обоихъ своихъ видахъ

$$M\frac{d\upsilon}{dt} = F - W$$

и

$$M\upsilon d\upsilon = ds$$

можетъ служить для рѣщенія различныхъ вопросовъ, относящихся къ движенію паровоза съ поѣздомъ.

Чтобы интегрировать эти уравненія, нужно знать зависимость величинъ F (силы тяги) и W (сопротивленія всего поѣзда движенію) въ функціи отъ скорости υ, и мы примемъ, что какъ та, такъ и другая величина могутъ быть представлены въ видѣ цѣлыхъ раціональныхъ функций второй степени отъ υ или V (υ скорость въ метрахъ въ секунду, а V въ километрахъ въ часъ *).

Въ такомъ случаѣ можно положить

$$F — W = A + 2BV + CV^2$$

---

*) $\upsilon = \frac{V}{3,6}$

гдѣ коэфиціенты A, B, C опредѣляются въ каждомъ частномъ случаѣ по коэфиціентамъ выраженій

$$F = \alpha + \beta V + \gamma V^2$$

$$W = a + bV + cV^2$$

Чтобы найти время, протекшее между мгновеніемъ, когда скорость была V_1, и тѣмъ мгновеніемъ, когда она стала V_2, интегрируемъ уравненіе

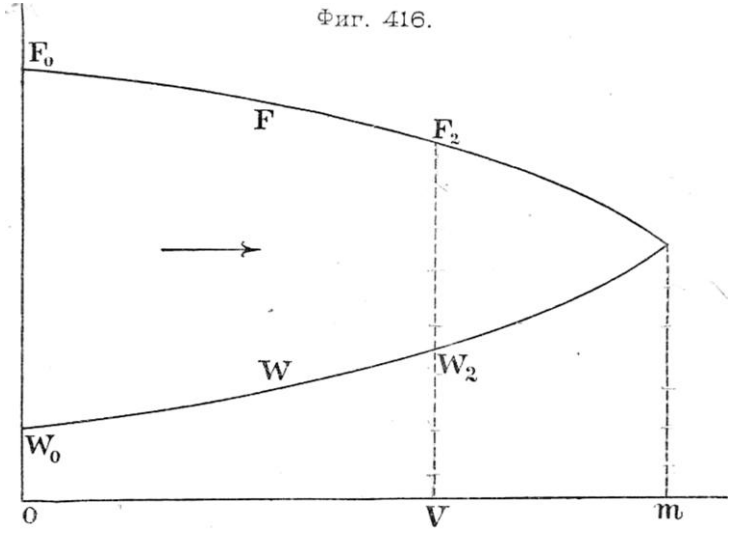
$$M\frac{dv}{F-W} = dt$$

между указанными предѣлами, для чего сперва находимъ корни m и n уравненія

$$A + 2BV + CV^2 = 0.$$

Такъ какъ при ускоренномъ движеніи W съ увеличеніемъ скорости возрастаетъ, а F наоборотъ убываетъ (фиг. 416), то

Фиг. 416.



коэфиціенты этого уравненія будутъ удовлетворять условію

$$B^2 - AC > 0$$

и оба корня будутъ вещественные, но одинъ изъ нихъ положительный, а другой отрицательный:

$$m > 0\ ,\ n < 0.$$

По существу задачи для насъ имѣетъ реальное значеніе только положительный корень, который укажетъ намъ ту скорость, которую паровозъ можетъ поддерживать на данномъ пути (т. е. при извѣстномъ уклонѣ и опредѣленномъ радіусѣ закругленія), такъ какъ, разъ достигши ея, онъ будетъ двигаться съ этой скоростью равномѣрно.

Стало быть задаваемое намизначеніе скорости V_2, если она проявляется благодаря избытку тяги F надъ сопротавленіемъ поѣзда W, не можетъ быть болѣе m.

Имѣя все это въ виду, представимъ интегралъ нашего диференціальнаго уравненія такъ:

$$t = -\frac{M}{3{,}6\ .\ C(m-n)}\,\mathrm{loghyp}\left(\frac{m}{m-V}.\frac{V-n}{-n}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(I)}$$

считая, что при $t = 0$ и $V = 0$; слѣдовательно время, потребное для перехода отъ скорости V_1 къ скорости V_2, будетъ (въ секундахъ):

$$t_2 - t_1 = -\frac{M}{3{,}6\ C(m-n)}\ \mathrm{loghyp.}\left(\frac{m-V_1}{m-V_2}\cdot\frac{V_2-n}{V_1-n}\right).$$

Обратно, скорость, которую паровозъ разовьетъ въ теченіе времени t (считая отъ нуля), будетъ

$$V = -m\ .\ n\frac{e^{Nt}-1}{m-ne^{Nt}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(II)}$$

гдѣ

$$N = -\frac{3{,}6\ .\ C(m-n)}{M}$$

e основаніе гиперболическихъ (натуральныхъ, Неперовыхъ) логариѳмовъ,

Слѣдовательно, если даны два мгновенія t_1 и t_2, то за этотъ промежутокъ времени (t_2—t_1) скорость

изъ V_1 обратится въ V_2, которая опредѣлится уравненіемъ:

$$V_2 - V_1 = -m \,.\, n\left(\frac{e^{Nt_2}-1}{m-ne^{Nt_2}} - \frac{e^{Nt_1}-1}{m-ne^{Nt_1}}\right)$$

Далѣе, чтобы найти длину пути, пройденнаго поѣздомъ въ этотъ промежутокъ времени (t_2 — интегрируемъ уравненіе (II) и по заданному времени t (въ секундахъ) находимъ (въ метрахъ):

$$s = \frac{1}{3{,}6}\left[-\frac{M}{3{,}6\,.\,C}\,\text{loghyp}\,.\left(\frac{m-ne^{Nt}}{m-n}\right) + nt\right] \ \ldots\ldots\ldots\text{(III)}$$

и слѣдовательно

$$s_2 - s_1 = \frac{1}{3{,}6}\left[-\frac{M}{3{,}6\,.\,C}\,\text{loghyp}\,.\left(\frac{m-ne^{Nt_2}}{m-ne^{Nt_1}}\right) + n(t_2-t_1)\right]$$

Интегрируя же уравненіе

$$M\frac{\upsilon d\upsilon}{F-W} = ds$$

найдем по заданной скорости путь

$$s = -\frac{M}{(3{,}6)^2.C.(m-n)}\left[m\,\text{logh.}\left(\frac{m}{m-V}\right) - n\,\text{logh.}\left(\frac{-n}{V-n}\right)\right] . \text{(IV)}$$

слѣдовательно при переходѣ отъ V_1 къ V_2

$$s_2 - s_1 = -\frac{M}{(3{,}6)^2.C\,.\,(m-n)}\left[m\,\text{logh.}\left(\frac{m-V_1}{m-V_2}\right) - n\,\text{logh.}\left(\frac{V_1-n}{V_2-n}\right)\right]$$

Иначе еще можно выразить эту зависимость такъ:

$$s = \frac{1}{3{,}6\,.\,C}\left[\frac{M}{2\,.\,3{,}6}\,\text{loghyp.}\left(\frac{A+2BV+CV^2}{A}\right) - Bt\right] . . \text{(V)}$$

куда вмѣсто t надо подставить его выраженіе въ зависимости отъ V по формулѣ (I).

Следовательно при переходѣ отъ V_1 къ V_2 поѣздъ пройдетъ путь

$$s_2 - s_1 = \frac{1}{3{,}6 \cdot C}\left[\frac{M}{2 \cdot 3{,}6}\log\text{h.}\left(\frac{A+2BV_2+CV_2^2}{A+2BV_1+CV_1^2}\right) - B\,(t_2 - t_1)\right].$$

Таковы формулы, выражающія связь между величинам t_1, s_1, V_1 и t_2, s_2, V_2 при ускоренномъ движеніи поѣзда подъ вліяніемъ измѣняющихся непрерывно силъ F и W.

РАЗГОНЪ ПРИ ОТХОДѢ СО СТАНЦІИ.

Остановимся прежде всего на разгонѣ, т. е. на развитіи паровозомъ требуемой скорости при отходѣ со станціи отправленія или остановки поѣзда.

Въ этомъ случаѣ величины t_1, s_1, V_1 равны нулю, и формулы (I)-(V) дадутъ намъ возможность найти двѣ изъ величиинъ t_2, s_2, V_2, если одною изъ нихъ зададимся.

Предварительно однако надо найти коэфиціенты выраженія

$$F - W = A + 2BV + CV^2$$

при чемъ, какъ сказано выше, положительный корень уравненія

$$A + 2BV + CV^2 = 0$$

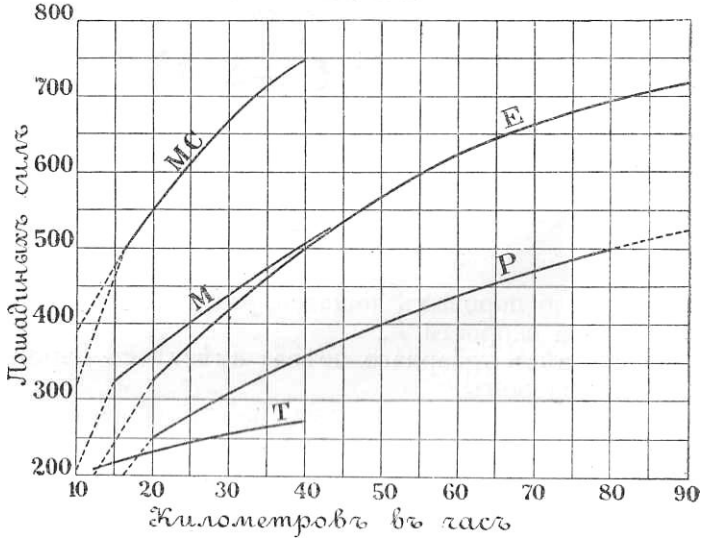
будетъ представлять значеніе скорости, которую паровозъ съ даннымъ поѣздомъ въ состояніи поддерживать на прямомъ и горизонтальномъ пути.

Для даннаго паровоза, напр. одного изъ тѣхъ, о которыхъ говорилось на стран. 183, можетъ на основаніи

опыта быть извѣстно, какое число паровыхъ лошадей онъ въ состоянiи развивать при той или другой скорости (фиг. 417).

Основываясь на этихъ данныхъ, мы въ правѣ напр.

Фиг. 417.



сказать, что товарный трехосный паровозъ *M* при скоростяхъ около 40 килом. въ часъ можетъ дать около 500 паровыхъ лошадей *), и число 525 принять за предѣльное, такъ какъ неизвѣстно, можетъ ли онъ развить больше. Точно также относительно скораго пасажирскаго паровоза *E* можно сказать, что при скорости 90 килом. въ часъ онъ въ состоянiи развить 720 паровыхъ лошадей, но можетъ ли онъ дать болѣе, неизвестно.

Оставаясь въ предѣлахъ того, что извѣстно изъ опыта, можно найти значенiе силы тяги *F* при двухъ различныхъ скоростяхъ и кромѣ того при трогани

*) Если работу паровоза опредѣлять по сопротивленiю поѣзда, выражаемому формулой

$$\omega = 2{,}4 + 0{,}001\ V^2$$

съ мѣста, а затѣмъ по этимъ тремъ величинамъ опредѣлить коэфиціенты F; найдя также коэфиціенты выраженія W для даннаго поѣзда, получимъ наконецъ искомые коэфиціенты A, B, C выраженія $(F–W)$.

При данномъ составѣ поѣзда сопротивленіе движенію на прямомъ и горизонтальномъ пути выразиться такъ *):

$$W = (P + q + Q).(2{,}4 + 0{,}001\ V^2).$$

а сила тяги, на которую можно расчитывать при скорости V:

$$F = 270\ \frac{N}{V},$$

гдѣ N число паровыхъ лошадей, развиваемыхъ паровозомъ при скорости V.

Пусть вѣсъ товарнаго поѣзда вмѣстѣ съ паровозомъ и тендеромъ

$$P + q + Q = 500 \text{ тоннъ}.$$

Тогда при скорости 40 килом, въ часъ получаемъ

$$W'' = 2000 \text{ килогр.}$$

а

$$F'' = 3375 \text{ килогр.}$$

Слѣдовательно паровозъ съ такимъ поѣздомъ можетъ поддерживать на прямомъ и горизонтальномъ пути, а также на скатахъ скорость болѣе 40 килом. въ часъ.

Подобнымъ образомъ при скорости 20 килом. въ часъ найдемъ

$$F' = 270\,.\ \frac{370}{20} = 5000 \text{ килогр.}$$

---

*) Беремъ эту формулу потому, что данный діаграмъ на фиг. 417 опредѣлены съ помощью этой именно формулы.

При трогани съ мѣста сила тяги можетъ быть найдена по формулѣ

$$F_0 = 0{,}65\, p \frac{d^2 l}{D}$$

и если

p = 10 атм., d = 45 цм., l = 63 цм,, D = 133 цм., то

$$F_0 = 6225 \text{ килогр.}$$

Эти три значенія F_0, F', F'' для тяги даютъ возможность опредѣлить коэфиціенты выраженія

$$F = \alpha + \beta V + \gamma V^2$$

и мы получаемъ:

$$F = 6225 - 51{,}25\, V - 0{,}5\, V^2.$$

А такъ какъ при вѣсѣ поѣзда въ 500 тоннъ

$$W = 1200 + 0{,}5\, V^2$$

то слѣдовательно уравненіе движенія поѣзда будетъ

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = 5025 - 51{,}25\, V - V^2.$$

Уравненіе

$$5025 - 51{,}25V - V^2 = 0$$

имѣетъ два корня

$$m = 49{,}752$$
$$n = -101{,}002.$$

Пусть отъ паровоза требуется развить скорость въ 40 километровъ въ часъ и спрашивается: *на какомъ разстояніи и черезъ сколько времени разовьешь онъ съ поѣздомъ эту скорость?*

По формулѣ (I) находимъ время

$$t = 197 \text{ секундъ}$$

а по формулѣ (IV) пройденный путь

$$s = 1322 \text{ метра } *).$$

Отсюда видно, что если горизонтальная площадка (считая отъ средины платформы) значительно короче $1^1/_3$ версты, а далѣе начинается подъемъ, то разсматриваемый паровозъ съ даннымъ поѣздомъ не будетъ въ состоянiи развить при отходѣ скорость въ 40 километровъ въ часъ.

ПОТЕРЯ ВРЕМЕНИ НА РАЗГОНЪ ПОСЛѢ ОСТАНОВКИ ПОѢЗДА.

Вопросъ этотъ имѣетъ значенiе для скорыхъ поѣздовъ въ случаѣ частыхъ ихъ остановокъ на станцiяхъ, такъ какъ остановки эти даже при самыхъ непродолжительныхъ, стоянкахъ могутъ сильно понижать среднюю комерческую скорость движеиія.

Возьмемъ скорый пасажирскiй паровозъ *E*, для котораго (стран. 183):

$p = 11$ атм., $d = 43$ цм., $l = 60$ цм., $D = 198$ цм., и слѣдовательно

$$F_0 = 0{,}65p\frac{d^2 l}{D} = 4370 \text{ килогр.}$$

Затм согласно данным опыта (фиг. 417, стр. 397) при $V' = 50$ килом. въ часъ:

$$F' = 270 \,.\, \frac{570}{50} = 3078 \text{ килогр.}$$

---

*) Чтобы провѣрить, не вкралось ли грубой ошибки въ вычисленiя, произведемъ еще такой подсчетъ.

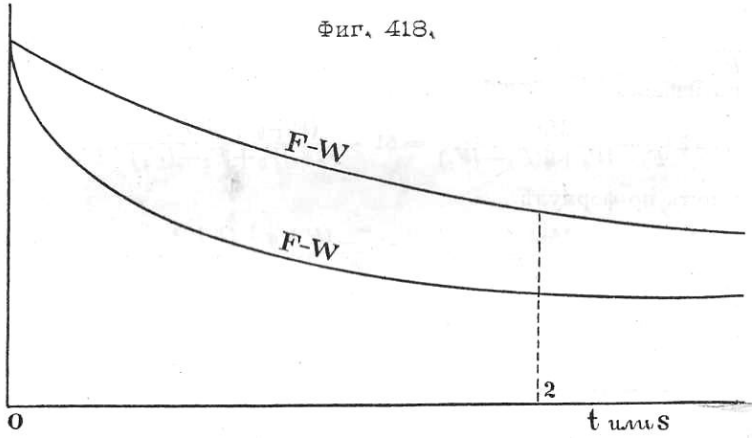
Не зная въ точности, какова именно зависимость постепенно убывающей силы (*F*—*W*) отъ времени *t* и отъ пути *s*,

а при V'' = 90 килом. въ часъ

$$F'' = 270.\frac{720}{90} = 2160 \text{ килогр.}$$

сдѣлаемъ два простѣйшихъ предположенія: 1) что зависимость эта линейная, т. е. измѣненіе ($F—W$) выражается кривою, близкою къ прямой линіи, и 2) что зависимость эта параболическая, при чемъ вершина параболы лежитъ на ординатѣ, соотвѣтствующей абсцисѣ = 0 (фиг. 418).

Фиг. 418.



Тогда между пунктами 0 и 2 среднее значеніе разности ($F—W$) будетъ въ первомъ случаѣ равно

$$\frac{1}{2}(F_0 - W_0 + F_2 - W_2)$$

а во второмъ

$$\frac{1}{3}(F_0 - W_0) + \frac{2}{3}(F_2 - W_2)$$

Теперь изъ формулъ

$$M\frac{v_2^2}{2} = (F-W)_m \cdot s_2$$

$$Mv_2 = (F-W)_m \cdot t_2$$

Опредѣляемъ коэфиціенты α, β, γ въ выраженіи

$$F = \alpha + \beta V + \gamma V^2$$

найдемъ величины s_2 и t_2:

1) при зависимости, близкой къ прямолинейной:

s_2 = 3800 метр.

t_2 = 191 сек.

2) при зависимости параболической:

s_2 = 1297 метр.

t_2 = 234 сек.

Сравнивая эти результаты съ полученными раньше, видимъ, что оказывается довольно близкое согласіе, если при V^2, не привышающемъ 40 килом. въ часъ, время опредѣлять въ нашемъ случаѣ по формулѣ

$$t = 2\frac{M\upsilon_2}{F_0 - W_0 + 2(F_2 - W_2)} = 61\ \frac{(P+q+Q)V_2}{F_0 - W_0 + (F_2 - W_2)} \quad \text{..... (VI)}$$

а путь по формулѣ

$$s = \frac{3}{2} \cdot \frac{M\upsilon_2^2}{F_0 - W_0 + 2(F_2 - W_2)} = 12{,}6\frac{(P+q+Q)\upsilon_2^2}{F_0 - W_0 + (F_2 - W_2)} \quad \text{..... (VII)}$$

при разгонѣ, когда требуется достичь скорости V_2 (при чемъ V_2 не должно быть болѣе 40 килом. въ часъ).

Такимъ образомъ получимъ:

V_2	$F-W$	s	t	Средняя скорость отъ начала движенія	Средняя скорость промежуточная	Δ
0	5025	0	0	0		
					5,1	4,9
10	4413	45	32	5,1		
					15,1	4,9
20	3600	206	71	10,5		
					25,7	4,3
30	2588	556	120	16,7		
					37,6	2,4
40	1375	1297	191	24,4		

Изъ послѣдняго столбца (гдѣ приведена разность Δ между средней промежуточной и конечной скоростью V_2) видно, что скорость съ теченіемъ времени возрастаетъ все медленнѣе и медленнѣе (промежуточная средняя скорость становится все ближе и ближе къ конечной).

и находимъ

$$F = 4370 — 28\ V + 0{,}036\ V^2$$

Предположимъ, что полный вѣсъ всего поѣзда 300 тоннъ; тогда

$$W = 720 + 0{,}3\ V^2$$

и слѣдовательно

$$F — W = 3650 — 28V — 0{,}264\ V^2.$$

Уравненіе

$$3650 — 28\ V — \ 0{,}264\ V^2 = 0$$

имѣетъ корни

$$m = 76{,}136$$

$$n = - 182{,}197.$$

Отсюда видимъ, что паровозъ съ даннымъ поѣздомъ въ состояніи поддерживать на прямомъ горизонтальномъ пути скорость въ 76 килом. слишкомъ но при отходѣ со станціи, если не будетъ за горизонтальной площадкой достаточно длиннаго ската такой скорости онъ не разовьетъ (при V=76,136 наши формулы для t и s даютъ безконечно большія ве личины).

Возьмемъ поѣздъ полегче, напр $P + q + Q = 200$ тоннъ.

Тогда

$$W = 480 + 0{,}2\ V^2$$

$$F – W = 3890 – 28V – 0{,}164\ V^2$$

а приравнявъ это выраженіе нулю, найдемъ корни:

$$m = 84{,}756$$

$$n = 255{,}49.$$

Пусть требуемая нами отъ поѣзда скорость движенія на прямомъ и горизонтальномъ пути $V = 70$ килом. въ часъ.

Опредѣлимъ, черезъ сколько времени и на какомъ протяженіи разовьетъ паровозъ эту скорость.

По формулѣ (I) получаемъ;

$$t = 216 \text{ сек.},$$

а по формулѣ (IV):

$$s = 2603 \text{ метр. } *)$$

Еслибы поѣздъ шелъ со скоростью 70 килом. въ часъ не останавливаясь, то на путь въ 2603 метра онъ потратилъ бы 134 секунды; слѣдовательно потеря времени на разгонъ, вызванная остановкой поѣзда, составляешь 82 секунды ($1^1/_3$ минуты).

Чѣмъ выше скорость, которую нужно паровозу развить, тѣмъ значительнѣе потеря времени на разгонъ.

СОСТАВЪ ПОѢЗДА.

Требуется опредѣлить, какого вѣса поѣздъ можно везти даннымъ паровозомъ съ извѣстной скоростью на данномъ участкѣ пути.

Для рѣшенія этого вопроса нѣтъ надобности интегрировать уравненіе движенія поѣзда, потому что движеніе предполагается равномѣрное съ назначенной постоянной скоростью, и нужно знать, какую силу тяги можетъ поддерживать паровозъ при этой скорости на заданномъ участкѣ пути,

---

*) Для провѣрки, не сдѣлано ли грубой ошибки въ вычисленіяхъ, находимъ по формуламъ (VI) и (VII):

$$t = 210 \text{ сек.}$$

$$s = 2600 \text{ метр.}$$

Пусть участокъ этотъ представляетъ подъемъ i (въ тысячныхъ), совпадающій съ кривою радиуса R метровъ; тогда сопротивленіе отъ кривой

$$k_1 = \frac{n}{R}$$

или по какой либо изъ эмпирическихъ формулъ иного вида) дастъ воображаемый или расчетный подъемъ

$$i = i_1 + k_1$$

и сопротивление паровоза съ тендеромъ (не дѣйствительное, а расчетное) будетъ

$$W_1 = (P + q)\,(2{,}4 + 0{,}001\,V^2 + i)$$

сопротивление же всего поѣзда будетъ

$$W = W_1 + Q\,(2{,}4 + 0{,}001V^2 + i),$$

гдѣ Q — неизвѣстный вѣсъ вагоновъ (груженыхъ).

Сила тяги, которую паровозъ въ состояніи поддерживать продолжительное время при скорости будетъ

$$F = 270\frac{N}{V}$$

гдѣ N — число паровыхъ лошадей, доставляемое паровозомъ при заданной скорости (фиг. 417).

Слѣдовательно вѣсъ вагоновъ поѣзда опредѣлится изъ уравненія:

$$W_1 + Q(2{,}4 + 0{,}001V^2 + i) = 270\,\frac{N}{V}$$

Опредѣленный расчетомъ составъ поѣзда можетъ однако иногда далеко превышать то, что примѣнимо въ дѣйствительности, а именно если сила тяги паровоза превосходитъ то усиліе, которое могутъ безопасно выдерживать сцѣпные (тяговые) приборы подвижного состава.

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНІЯ ПОѢЗДА НА ДАННОМЪ УЧАСТКѢ ПУТИ.

Требуется опредѣлить, съ какою скоростью можетъ паровозъ везти данный поѣздъ на опредѣленномъ участкѣ пути.

Движеніе предполагается равномѣрное съ постоянной скоростью V, и потому можно написать

$$(P + q + Q) \cdot (2{,}4 + 0{,}001\ V^2 + i) = 270\ \frac{N}{V}.$$

Если N, число паровыхъ лошадей, для различныхъ скоростей извѣстно, то задаемся различными значеніями V (напр. для товарнаго паровоза послѣдовательно беремъ V = 10, 20, 30, 40, 50, а для пасажирскаго V = 20, 40, 60, 80, 100 килом. въ часъ), и изъ написаннаго только что уравненія опредѣляемъ соотвѣтствующія значения i. Затѣмъ строимъ кривую, выражающую зависимость между i и V, и по этой кривой находимъ значеніе соотвѣтствующее заданному i *).

---

*) Если паровозъ при найденной скорости V расходуетъ S/N килограмовъ пару (воды) на паровую лошадь въ часъ, то расходъ воды на протяженіи L метровъ будетъ

$$\frac{S}{N} \cdot \frac{L}{1000.\ V}$$

а расходъ топлива опредѣлится по его паропроизводительности.

ДЛИНА ПОДЪЕМА, ПРЕОДОЛѢВАЕМАГО ЖИВОЮ СИЛОЮ ПОѢЗДА.

Предположимъ, что по горизонтальному пути движется поѣздъ равномѣрно со скоростью V_1, а затѣмъ вступаетъ на подъемъ i; скорость будетъ постепенно понижаться и, послѣ того какъ поѣздъ пройдетъ по подъему путь s, упадетъ до нѣкоторой V_2.

Можно наоборотъ — назначить скорость V_1, ниже которой не желательно спускать скорость, и опредѣлить соотвѣтствующій путь s; подъемы i такой длины (или короче) можно не принимать въ расчетъ при опредѣленіи наибольшей силы тяги паровоза или наибольшаго вѣса поѣзда.

Мы разсмотримъ: 1) болѣе точное рѣшеніе вопроса и 2) приближенное, но для практическихъ цѣлей иногда достаточное.

1) Въ разсматриваемомъ теперь вопросѣ въ уравненіи движенія поѣзда

$$M\upsilon d\upsilon = -(W - F)\,ds$$

слѣдуетъ задаться наибольшимъ вѣсомъ поѣзда, какой только будетъ въ движеніи *).

---

*) Предположимъ, что извѣстно среднее значеніе разности (W—F) тогда уравненіе движенія даетъ

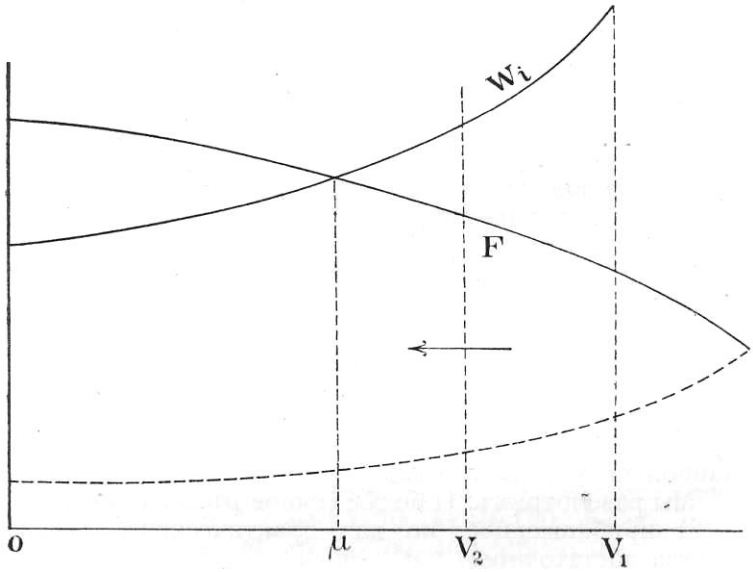
$$s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2\left(\frac{g \cdot w}{1000 \cdot 1{,}07} - \frac{F}{M}\right)}$$

и длина s будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше M, т. е. чѣмъ тяжеле поѣздъ.

Такъ какъ при $V = 0$ разность $W — F < 0$, а при V_1 (фиг. 419) $W — F > 0$, то уравненіе

$$W — F = a + 2bV + c V^2 = 0$$

Фиг. 419.



будетъ имѣть два вещественныхъ корня, одинъ положительный μ, а другой отрицательный λ, и еслибы задаваемая скорость V_2 была μ, то какая бы ни была длина подъема, скорость на немъ никогда не упадетъ до V_2, потому что какъ только она дошла бы до μ, движеніе продолжалось бы далѣе съ этою скоростью равномѣрно (дойти однако до μ у насъ скорость не можетъ, потому что это случится только при $s = \infty$). Если же V_2 значительно больше μ, то можно будетъ найти протяженіе s и время t, послѣ которыхъ скорость понизится до V_2:

$$s = \frac{M}{(3{,}6)^2 \cdot c \cdot (\mu - \lambda)} \left[\mu \log h. \left(\frac{V_1 - \mu}{V_2 - \mu} \right) - \lambda \log h. \left(\frac{V_1 - \lambda}{V_2 - \lambda} \right) \right]. \quad \text{(VIII)}$$

$$t = \frac{M}{3{,}6 \cdot c \cdot (\mu - \lambda)} \log hyp. \left(\frac{V_1 - \mu}{V_2 - \mu} \cdot \frac{V_2 - \lambda}{V_1 - \lambda} \right) \quad \ldots \quad \text{(IX)}$$

Для примѣра возьмемъ товарный паровозъ *M* (табл. на стран. 183 и фиг. 417 на стран. 397); для него мы уже нашли

$$F = 6225 - 51{,}25\,V - 0{,}5\,V^2$$

а при вѣсѣ поѣзда въ 500 тоннъ на подъемѣ 0,009 ($i = 9$) найдемъ

$$W = 5700 + 0{,}5\,V_2$$

Слѣдовательно

$$W - F = -525 + 51{,}25\,V + V^2$$

$$a = -525, \quad b = 25{,}625, \quad c = 1$$

и такъ какъ при $V = 0$ разность $(W—F) < 0$, то уравненіе $W—F = 0$ будетъ имѣть вещественные корни:

$$\mu = +8{,}745$$

$$\lambda = -60.$$

По формулѣ (VIII), полагая $V_1 = 40$, $V_2 = 14$ килом. въ часъ, находимъ

$$s = \frac{500 \cdot 1000 \cdot 1{,}07}{(3{,}6)^2 \cdot 9{,}81 \cdot 68{,}745}\left[8{,}745 \log\frac{31{,}255}{5{,}255} + 60 \log\frac{100}{74}\right] =$$

$$= 2060 \text{ метр.}$$

а время на проходъ этого пути по формулѣ (IX) будетъ

$$t = 375 \text{ сек.}$$

что соотвѣтствуетъ средней скорости 19,8 килом. въ часъ (скорость падаетъ сначала быстро, а потомъ все медленнѣе).

Еслибы скорость при проход къ подъему 0,009 была V_1=30, то получили бы по формулѣ (VIII)

$$s = 1467 \text{ метр. *).}$$

---

*) Употребляя такой же пріемъ провѣрки, какъ при разгонѣ, получаемъ:

Такимъ образомъ подъемы въ 0,009 и длиною не болѣе 2060 метровъ можно въ нашемъ случаѣ не принимать въ расчетъ при опредѣленіи наибольшего состава товарнаго поѣзда, если при подходѣ къ такимъ подъемом

---

1) при зависимости (W— F) отъ t и s, близкой къ прямолинейной:

$t = 239$ сек., $s = 1777$ метр. } при $V_1 = 40$, $V_2 = 14$ килом. въ часъ

$t = 60$ сек., $s = 582$ метр. } „ $V_1 = 40$, $V_2 = 30$ „ „

$t = 131$ сек., $s = 1400$ метр. } „ $V_1 = 30$, $V_2 = 14$ „ „

2) при зависимости (W— F) отъ t и s параболической:

$t = 336$ сек., $s = 2513$ метр. } при $V_1 = 40$, $V_2 = 14$ килом. въ часъ

$t = 65$ сек., $s = 634$ метр. } „ $V_1 = 40$, $V_2 = 30$ „ „

$t = 315$ сек., $s = 1922$ метр. } „ $V_1 = 30$, $V_2 = 14$ „ „

Здѣсь далеко нѣтъ той близости результатовъ, какая получалась при разгонѣ, но ближе всего къ величинамъ, найденнымъ по формуламъ (VIII) и (IX), являются числа, напечатанныя жирнымъ шрифтомъ и полученный здѣсь по формуламъ:

$$t = 3\frac{M(v_1 - v_2)}{W_1 - F_1 + 2(W_2 - F_2)} = 91\frac{(P + q + Q)(V_1 - V_2)}{W_1 - F_1 + 2(W_2 - F_2)} \quad \text{(X)}$$

$$s = \frac{M(v_1 - v_2)(v_1 + v_2)}{W_1 - F_1 + W_2 - F_2} = 8{,}4\frac{(P + q + Q)(V_1 - V_2)(V_1 + V_2)}{W_1 - F_1 + W_2 - F_2} \quad \text{(XI)}.$$

Ожидать результатовъ вполнѣ вѣрныхъ тутъ нельзя, такъ какъ предположенія относительно вида зависимости (W—F) отъ s и отъ t могутъ быть далеки отъ дѣйствительности, и потому ничего нѣтъ удивительнаго, что результаты формулъ (X) и (XI), полученные для трехъ промежутковъ (40-14, 40-30, 30-14 килом. въ часъ), не согласуются между собою.

Однако и здѣсь можно получить большее согласіе съ результатами формулъ (VIII) и (IX), если промежутокъ отъ 40 до 14 килом. разсматривать какъ сумму болѣе мелкихъ: 40-30 и 30-14.

Тогда по формулѣ (X) получаемъ

$$t = 65 + 315 = 380 \text{ сек.},$$

а по формулѣ (XI)

$$s = 582 + 1400 - 1982 \text{ метр.}$$

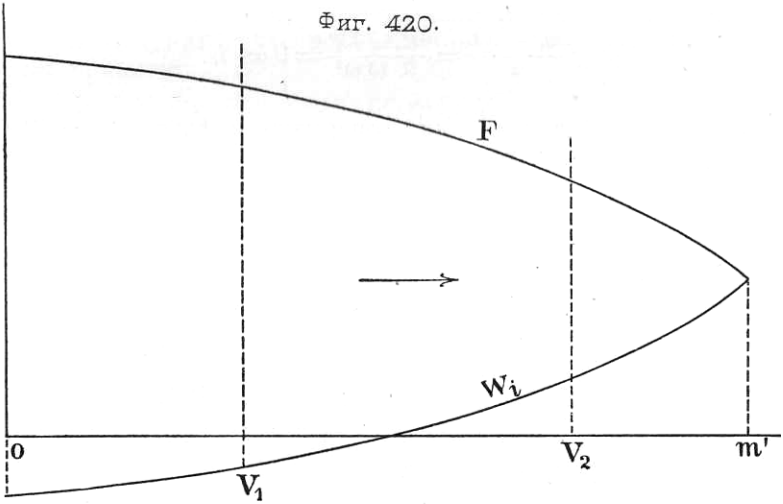
можно расчитывать на скорость движенія въ 40 килом. въ часъ; при скорости же въ началѣ подъема 30 килом. въ часъ, предѣлъ длины подъема 1467 метровъ *).

*) Замѣтимъ попутно, что съ помощью формулы (VIII) можно рѣшать и такой вопросъ: *при данной длинѣ s подъема i*/1000 *и при скорости* V_1 *въ началѣ подъема, съ какою скоростью придетъ поѣздъ къ концу подъема?*

Рѣшать однако этотъ вопросъ придется не прямо, а надо будетъ, подставляя въ формулу (VIII) или (XI) рядъ значеній для скорости V_2, опредѣлить рядъ соотвѣтствующихъ величинъ *s*, построить кривую (*s*, V_2) и по заданному *s* найти на этой кривой соотвѣтствующее значеніе V_2.

Подобнымъ же образомъ рѣшается вопросъ относительно той скорости V_2, которую будетъ имѣть поѣздъ, пройдя путь *s* по скату *i*/1000 (фиг. 420). Изъ формулъ (I) и (IV) въ этомъ случаѣ получаемъ

Фиг. 420.



$$s = -\frac{M}{(3,6)^2 C.(m' - n')}\left[m'.\log h.\left(\frac{m' - V_1}{m' - V_2}\right) - n'.\log h.\left(\frac{V_1 - n'}{V_1 - n'}\right)\right]. \quad \text{(XII)}$$

$$t = -\frac{M}{3,6.\ C.(m' - n')}\ \text{loghyp.}\left(\frac{m' - V_1}{m' - V_2}.\frac{V_2 - n'}{V_1 - n'}\right)\Bigg]. \quad . \quad . \quad . \quad \text{(XIII)}$$

Здѣсь m' положительный, а n' отрицательный корень уравненія

$$F - (P + q + Q).(2,4 + 0,001\ V^2 - i) = 0$$

и величина V_2 не можетъ быть больше m' (если $V_2 - m'$, то

2) Для приближеннаго, довольно грубаго рѣшенія предложеннаго вопроса предположимъ, что вся сила тяги паровоза при движеніи по подъему тратится на преодолѣніе сопротивленій, соотвѣтствующихъ прямому и горизонтальному пути.

Тогда на преодолѣніе сопротивление отъ подъема въ i тысячныхъ будетъ расходоваться только живая сила (кинетическая энергія) поѣзда, и уравненіе движенія будетъ:

$$M\upsilon d\upsilon = -(P + q + Q)\, i.\, ds.$$

А такъ какъ можно положить

$$M = \frac{P+q+Q}{g}\ 1{,}09.1000 = \frac{P+q+Q}{0{,}009}$$

то

$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2.\ (3{,}6)^2} = 0{,}009\ is.$$

Если зададимъ для товарнаго поѣзда V_1= 40, V_2= 14 килом. въ часъ, то

$$is = 6000.$$

Слѣдовательно для разныхъ i длина s будетъ такова (i въ. тысячныхъ, s въ метрахъ):

i	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s	1200	1000	857	750	667	600	545	500	462	429	400	375

такой скорости поѣздъ никогда не достигнетъ, потому что въ этомъ случаѣ $s = \infty$ и $t = \infty$).

Въ случаѣ движенія по скату съ закрытымъ регуляторомъ

$$F = 0$$

и корни m' и n' будутъ

$$m' = +\sqrt{1000(i-2{,}4)}\ ,\quad n' = -\sqrt{1000(i-2{,}4)}$$

гдѣ i абсолютная величина ската въ тысячныхъ.

Еслибы скорость V_1 при подходѣ къ подъему была 30 килом. въ часъ, то для s получились бы величины вдвое меньше согласно уравнению

$$is = 3000.$$

Если разсматриваемому подъему предшествуетъ не горизонтальная площадка, а подъемъ же, то необходимо взвѣсить, съ какою скоростью можетъ поѣздъ переходить съ одного подъема на другой, и достаточна ли будетъ живая сила поѣзда для того, чтобы къ концу второго подъема онъ пришелъ со скоростью не менѣе той, ниже которой не жалательно давать скорости падать.

Сравнивая результаты последней таблички съ тѣмъ, что получено было въ примѣрѣ болѣе точнаго подсчета, находимъ, что разница очень большая, и можно думать, что всѣ величины s, опредѣленныя изъ уравненія

$$is = \text{const}$$

значительно меньше тѣхъ, которыя могли бы быть найдены болѣе точномъ подсчетомъ, а потому остановиться на нихъ можно безъ всякаго риска.

ДВИЖЕНИЕ ПОѢЗДА ПРИ ТОРМАЖЕНІИ.

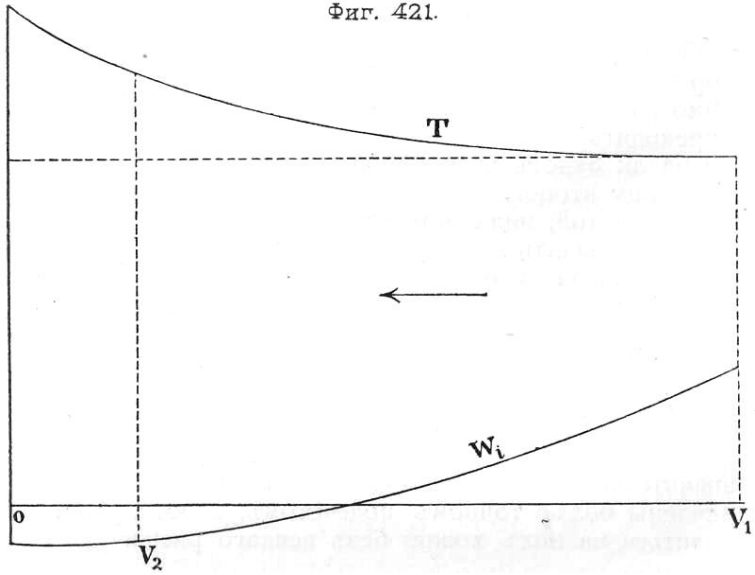
Что касается тормаженія (фиг. 421), то при постоянной силѣ нажатія колодокъ сила тормаженія T по мѣрѣ замедленія движенія все растетъ и растетъ и тѣмъ быстрѣе, чѣмъ скорость ближе къ нулю, достигая наибольшей величины передъ самой остановкой поѣзда.

Если примемъ для T параболическую зависимость отъ V:

$$T = a' + b'V + c'V^2,$$

то для опредѣленія коэфиціентовъ a', b', c' надо задаться тремя значеніями для V (напр. O, V', V'') затѣмъ опредѣлить для этихъ скоростей соотвѣтствующіе тренія колодокъ о

Фиг. 421.



шины (напр. на основаніи опытныхъ данныхъ *Galton*'а) и наконецъ по данному нажатію D колодокъ на колеса найти три величины T_0, T', T''.

Интегрируя уравненія движенія поѣзда между предѣлами $V = V_1$ и $V = V_2$, найдемъ соотвѣтствующія значенія пройденнаго поѣздомъ пути s или времени t.

Въ случаѣ остановки затормаженнаго поѣзда надо положить $V_2 = 0$.

ОСТАНОВКА ЗАТОРМАЖЕННАГО ПОѢЗДА.

Въ этомъ вопросѣ играетъ главную роль протяженіе, которое пройдетъ поѣздъ послѣ того, какъ поданъ сигналъ къ тормаженію.

Въ уравненіи движенія поѣзда

$$M\upsilon d\upsilon = (F — W)\ ds$$

слѣдуетъ положить

$$F = 0 \text{ (регуляторъ закрыть)}$$

$$W = (P + q + Q)\ (2{,}4 + 0{,}001\ V^2 + i) + T$$

гдѣ T — сила тормаженія.

Ограничиваясь тормазами съ колодками и предполагая, что онѣ прижимаются къ колесамъ постояннымъ давленіемъ D, имѣемъ

$$T = \mu D$$

гдѣ примемъ на основаніи опытовъ *Galton'*а и въ предположены, что скорость V меньше 70-ти килом. въ часъ *)

$$\mu = 0{,}29\, e^{-\frac{v}{25}} = 0{,}29\ \left(1 - \frac{v}{25} + \frac{v^2}{2{,}25^2}\right)$$

а

$$D = 0{,}8\ .\ 1000.\ \frac{P + q + Q}{\tau}$$

если τ означаетъ, какая для всего въса поѣзда приходится на тормазныя оси.

---

*) Если скорость V какая угодно, то при i около 6-10 тысячныхъ, какъ это и бываетъ въ большинствѣ случаевъ, можно для упрощенія задачи предположить, что $W = T$ и такимъ образомъ свести вопросъ къ очень простымъ квадратурамъ. При i болѣе значительныхъ рѣшеніе такъ же просто, если въ выраженіи для W откинуть членъ $0{,}001V^2$.

Интегрируя уравненіе движенія поѣзда, найдемъ

$$s = \frac{1{,}07.1000}{(3{,}6)^2.9{,}81}\int_0^V \frac{V\,dV}{a + 2bV + cV^2}$$

гдѣ

$$a = \frac{232}{\tau} + i + 2{,}4$$

$$2b = -\frac{232}{90\tau}$$

$$c = 0{,}001 + \frac{232}{2\,.\,90^2\tau}$$

Эти величины удовлетворяютъ условію

$$ac - b^2 > 0$$

и потому

$$s = \frac{1{,}97.1000}{2.(3{,}6)^2\,9{,}81.\,c}\log\text{hyp}\,\frac{a + 2bV + cV^2}{a} - \frac{b}{3{,}6\,.\,c}\,t \quad . \quad . \quad \text{(XIV)}$$

гдѣ

$$t = \frac{1{,}07.1000}{3{,}6.9{,}81\,.\,\sqrt{ac - b^2}}\left(\operatorname{arctg}\frac{b + cV}{\sqrt{ac - b^2}} - \operatorname{arctg}\frac{b}{\sqrt{ac - b^2}}\right) \quad . \quad . \quad \text{(XV)}$$

Такимъ образомъ получимъ зависимость

$$s = \varphi\,(V, i, \tau)$$

между величинами s, V, i, τ, т. е. между длиною пути, скоростью, уклономъ и тормазнымъ вѣсомъ поѣзда (или правильнѣе — отношеніемъ полнаго вѣса къ тормазному).

Задаваясь опредѣленными значеніями для i, τ, V и находя s, получимъ численное рѣшеніе соотвѣтствующаго вопроса.

Не слѣдуетъ забывать, что при ручныхъ тормазахъ надо къ найденнымъ такимъ образомъ величинамъ s прибавить еще ту длину пути, которую поѣздъ

проходитъ отъ времени подачи сигнала до начала дѣйствія тормазовъ. Промежутокъ этотъ можно считать около 15 секундъ, и соотвѣтствующая длина пути будетъ

$$15 \,.\frac{V}{3{,}6} \text{ метровъ.}$$

ПРЕДѢЛЬНАЯ СКОРОСТЬ НА СКАТАХЪ.

Вліяніе пологихъ скатовъ (до 0,006) очень незначительно въ сравненіи съ силой тормаженія, и потому при опредѣленіи числа тормазныхъ осей въ поѣздѣ слѣдуетъ прямо взять $i = 6$ при наибольшей допускаемой для паровоза скорости и при томъ протяженіи s_0, на которомъ желательно тормазами остановить поѣздъ.

Чтобы безопасность движенія на крутыхъ скатахъ была такая же, какъ и на горизонтальномъ пути, нужно изъ уравненія движенія поѣзда

$$M\upsilon_i \, d\upsilon_i = - [(P + q + Q) \,.\, (2{,}4 + 0{,}001 \, V_i^2 + i) + T] \, ds$$

найти

$$s = \varphi \, (V_i)$$

а затѣмъ, задаваясь наудачу разными значеніями V_i, опредѣлить два значенія для пройденнаго пути такихъ, что

$$s' < s_0 \text{ (при } V_i')$$

$$s'' > s_0 \text{ (при } V_i'')$$

и по нимъ интерполяціей отыскать скорость V_i, соотвѣтствующую протяженію s_0.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ ГЛАВНѢЙШИХЪ РАЗМѢРОВЪ ПАРОВОЗА.

Главнѣйшіе размѣры паровоза опредѣляются въ зависимости отъ тѣхъ условій, которымъ онъ долженъ удовлетворять по отношенію къ требуемой работѣ.

Работа, развиваемая машиной въ данный промежутокъ времени, зависитъ не только отъ усилія, получаемаго на поршняхъ вслѣдствіе давленія пара, но и отъ скорости движенія.

Если требуется, чтобы паровозъ былъ въ состояніи везти поѣздъ вѣсомъ Q тоннъ (вѣсъ вагоновъ съ нагрузкой) съ равномѣрной скоростью V килом. въ часъ по подъему i тысячныхъ *), совпадающему съ кривой радіуса R метровъ, то сообразно съ существующими конструкцями можно задаться гадательно вѣсомъ P паровоза (положимъ, 40-50 тоннъ) и вѣсомъ q тендера (30-40 тоннъ) и затѣмъ найти сопротивленіе, преодолѣваемое паровозомъ на окружности движущихъ колесъ:

$$W' = \varphi\ (P, Q, q, V, i, k)$$

напр. при скорости менѣе 40 километровъ въ часъ по формулѣ:

$$W' = 0{,}8\,(P + q + Q)\,.\,(2{,}4 + 0{,}001\,V^2 + i + k)$$

принявъ напр.

$$k = \frac{760}{R}.$$

---

*) Подъемъ этотъ предполагается длиннѣе того протяженія, которое можетъ быть пройдено благодаря живой силѣ поѣзда (см. выше стран. 407).

Зная W' и принимая его равнымъ силѣ тяги F', можно опредѣлить необходимый для сцѣпленія вѣсъ P' (сцѣпной вѣсъ паровоза) на основаніи соотношенія:

$$F' \leqq f P' . 1000$$

гдѣ f коэфиціентъ сцѣпленія.

Такимъ образомъ, задаваясь тѣмъ или другимъ значеніемъ для f (напр. $f = {}^1/_6$), найдемъ

$$P' = \frac{W'}{f . 1000}$$

Вмѣсто W' можно ввести здѣсь полное сопротивленіе движенію поѣзда W, соотвѣтствующее индикаторному усилію тяги F, и взять для коэфиціента сцѣпленія f величину соотвѣтственно больше (напр. ${}^1/_5$), или, не увеличивая коэфиціента сцѣпленія, определить сцѣпной вѣсъ какъ бы съ запасомъ.

Въ зависимости отъ устройства верхняго строенія пути должно быть назначено то или другое предѣльное давленіе на рельсы отъ оси паровоза.

При 24 фунтовыхъ рельсахъ давленіе это у насъ принимается въ 12,5 и до 14-15 тоннъ.

Сравнивая величину необходимаго сцѣпного вѣса съ допускаемымъ давленіемъ отъ оси на рельсы, увидимъ, сколько спаренныхъ осей должно быть у паровоза.

Общее же число осей паровоза будетъ зависѣть отъ его полнаго вѣса P (въ рабочемъ состояніи), и вѣсъ этотъ приблизительно можно найти по сравненію съ подобными же существующими паровозами, опредѣливъ сперва поверхность нагрѣва H паровознаго котла и діаметръ движущихъ колесъ D.

Діаметръ движущихъ колесъ находится въ зависимости отъ предѣльной скорости движенія, которую желаютъ допускать, и эта зависимость у насъ указывается Министерскими Правилами *).

*) Согласно § 65 Правилъ Технической Эксплоатаціи желѣзныхъ дорогъ 1898 года, у насъ допускается для движущихъ колесъ пасажирскихъ паровозовъ не болѣе 260 оборотовъ

Такимъ образомъ, назначая наибольшую скорость движенія, которой паровозъ не долженъ превышать (около 40-45 килом. въ часъ для товарнаго движенія, около 60-70 для обыкновенная пасажирскаго и около 80-100 километровъ для скораго пасажирскаго движенія), опредѣлимъ размѣръ, менѣе котораго не долженъ быть діаметръ движущихъ колесъ паровоза.

Что касается поверхности нагрѣва, то, предполагая обыкновенное устройство топки (съ колосниковой рѣшеткою между колесами), можемъ найти поверхность нагрѣва *H* по наибольшему значенію числа *N*, требуемыхъ отъ паровоза лошадиныхъ силъ, принявъ, что 1 кв. м. ея даетъ то или другое число *a* паровыхъ лошадей (руководствуясь напр. результатами опытовъ на прусскихъ ж. дорогахъ — таблица на стран. 184).

А именно, если паровозъ долженъ будетъ везти поѣздъ по горизонтальному пути со скоростью *V* килом. въ часъ, то при конструкции, аналогичной съ той, какая придана прусскимъ паровозамъ, можно принять

$$\frac{N}{H} = a$$

и затѣмъ, найдя

$$N = \frac{W.N}{75\,.\,3{,}6}$$

въ минуту, для товарныхъ не болѣе 225.

Въ Германіи Technische Vereinbarungen 1897 года назначаютъ:

при числѣ движущихъ осей	1 или 2	3	4
наибольшее число оборотовъ въ минуту .	300	250	180

Въ дѣйствительности однако встрѣчаются значительныя отступленія отъ указанныхъ нормъ. Паровозы съ одинаковьшъ числомъ движущихъ колесъ и съ тѣмъ же ихъ діаметромъ могутъ, въ зависимости отъ конструкціи, при одной и той же скорости оказывать на рельсовый путь различное дѣйствіе.

Поэтому въ каждомъ частномъ случаѣ назначеніе предѣльной скорости движенія и слѣдовательно числа оборотовъ движущихъ колесъ будетъ находиться въ зависимости отъ конструкціи не только паровоза, но и пути. Окончательное рѣшеніе вопроса даетъ только непосредственный опытъ.

получимъ

$$H = \frac{N}{a}.$$

Для той же цѣли можно было бы воспользоваться и формулой въ родѣ формулы *Marié*

$$S = b\sqrt{GH}$$

задавшись размѣрами рѣшетки и опредѣливъ требуемую паропроизводительность по расходу пара на 1 лошадиную силу (пользуясь напр. числами *Grove* для S/N).

Размѣры рѣшетки можно опредѣлить, принявъ, что на 1 кв. м. площади ея можно сжигать въ часъ извѣстное количество топлива (напр. 400-500 килогр. угля), при чемъ на 1 паровую лошадь работы будетъ расходоваться то или другое количество топлива (напр. 1,5-2 килогр. угля).

Что касается машины, то дня опредѣленія размѣровъ цилиндровъ, въ случаѣ двухцилиндроваго паровоза обыкновеннаго дѣйствія (не компаундъ), обращаемся къ формулѣ для силы тяги паровоза:

$$F' = \alpha\, p \frac{d^2 l}{D}$$

при чемъ задаемся давленіемъ пара въ котлѣ p (сверхъ наружнаго) и величиною коэфиціента α (при троганіи съ мѣста принимаютъ обыкновенно α = 0,65; при движеніи же, на тѣхъ участкахъ пути, гдѣ требуется работа при наименьшей скорости, *Borries* на основаніи многолѣтняго опыта совѣтуетъ брать α = 0,50 для товарныхъ и α = 0,60 для пасажирскихъ паровозовъ).

Подставляя въ это уравненіе наибольшую силу тяги, которая требуется отъ паровоза въ пути*), получимъ

---

*) Для скораго движенія паровозъ долженъ давать при троганіи съ мѣста такую силу тяги, чтобы въ определенное время поѣздъ развилъ требуемую скорость. Опредѣлить эту силу тяги можно, какъ указано было выше (стран. 401), задавая извѣстную потерю времени на разгонъ, и затѣмъ

уравненіе, въ которомъ неизвѣстными будутъ только размѣры цилиндровъ:

d діаметръ цилиндровъ,
l ходъ поршней.

Увеличивать *d* можно лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ

по формулѣ $F' = 0{,}65\ p\ \frac{d^2 l}{D}$ провѣрить размѣры цилиндров.

Что касается паровозовъ компаундъ, то можно разсматривать только дѣйствіе пара въ цилиндрахъ низкаго давленія, предполагая, что туда поступаетъ прямо то количество пара, какое впускается въ цилиндры высокаго давленія, и въ зависимости отъ числа цилиндровъ сила тяги будетъ:

$$F_1 = \alpha_1 p \frac{d_1^2 l}{2D}$$

если у паровоза одинъ цилиндръ низкаго давлеиія съ діаметромъ d_1, или

$$F_2 = \alpha_2 p \frac{d_2^2 l}{2D}$$

при двухъ цилиндрахъ низкаго давленія съ діаметромъ d_2.

Величины α_1 и α_2 будутъ зависѣть отъ отношенія между объемами большихъ и малыхъ цилиндровъ.

Если это отношеніе составляетъ отъ 2 до $2^1/_4$, какъ это большею частію практикуется въ двухцилиндровыхъ паровозахъ компаундъ, то для величины α_1 на основаніи индикаторныхъ діаграмъ, снимавшихся при различныхъ скоростяхъ движенія и при разныхъ отсѣчкахъ пара, *Bruckmann* даетъ слѣдующую таблицу:

Скорость V кил. въ час	Степень наполненія малаго цилиндра					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	А. Товарные паровозы					
10	—	—	—	0,450	0,520	0,543
20	0,265	0,325	0,400	0,465	0,490	0,530
30	0,258	0,303	0,367	0,421	0,460	0,502
40	0,228	0,260	0,305	0,344	0,416	0,483
	В. Пассажирскіе паровозы					
30	0,265	0,325	0,385	0,440	0,488	0,503
40	0,260	0,310	0,365	0,421	0,449	—
50	0,250	0,290	0,350	0,410	—	—
60	0,240	0,280	0,335	0,405	—	—
70	0,230	0,260	0,320	0,390	—	—
80	0,220	0,235	0,305	0,355	—	—
90	0,205	0,215	0,240	0,265	—	—

(при внутреннихъ цилиндрахъ — въ зависимости отъ

а для опредѣленія наибольшей силы тяги, потребной въ пути, *Borries* совѣтуетъ брать для α_1 слѣдующія величины, соотвѣтствующія однако не наибольшей степени впуска (а около 60% для скорыхъ и пасажирскихъ паровозовъ и около 70% для товарныхъ):

Паровозы	Отношеніе объемовъ большаго и малаго цилиндровъ		
	2 до 2,2	2,4 до 2,5	2,9 до 3
скорые и пасажирскіе	0,42	0,38	0,33
товарные	0,50	0,45	0,38

предполагая, что наибольшей степенью впуска пользуются только при трогании съ мѣста.

Что касается соотвѣтствія между степенями впуска въ цилиндры низкаго давленія и высокаго, то въ этомъ отношеніи непосредственные опыты (напр. *Lochner*. Versuche zur Feststellung der zweckmässigsten Füllungsverhältnisse bei Verbundlocomotiven mit zwei und vier Dampfcylindern. - Organ für die Fortsenritte des Eisenbahnwesens, 1899, стр. 12) приводятъ къ тому заключенію, что въ отношеніи расхода пара всего выгоднѣе при перемѣнныхъ отсѣчкахъ въ цилиндрѣ высокаго давленія оставлять степень впуска въ цилиндръ низкаго давленія почти постоянною, а именно близкой къ наибольшей (въ скорыхъ пасажирскихъ паровозахъ компаундъ французской ж. дороги *Paris-Lyon-Méditerranée* впускъ въ цилиндры низкаго давленія почти не измѣняется — около 0,70).

Замѣтимъ еще, что если въ паровозахъ съ обыкновеннымъ, независимымъ дѣйствіемъ пара въ цилиндрахъ дѣлаютъ иногда внутреннюю перекрышу у золотниковъ равной нулю, то въ паровозахъ компаундъ золотники у цилиндровъ высокаго давленія всегда дѣлаютъ съ отрицательной перекрышей (недокрышей), довольно значительной (иногда и у цилиндровъ низкаго давленія золотники дѣлаются еъ небольшой недокрышей).

Какъ бы ни были спроектированы элементы парораспредѣленія — по формуламъ и діаграмамъ, но чертежамъ (эпюрамъ въ большомъ масштабѣ (и даже въ натуральную величину) или по такъ называемымъ скелетамъ (кинематическимъ моделямъ, дающимъ возможность измѣнять длину тѣхъ или другихъ частей механизма), — судить объ удовлетворительности построеннаго парораспредѣлительнаго механизма можно только на основаніи опыта, и для надлежащей вывѣрки и регулировки необходимо обращаться къ индикаторнымъ діаграмамъ, снимаемымъ при различныхъ скоростяхъ движенія и разныхъ степеняхъ впуска.

разстоянія между рамами паровоза, при наружныхъ цилиндрахъ — въ зависимости отъ габарита); точно также и l не можетъ быть какъ угодно велико: у товарныхъ паровозовъ, имѣющихъ движущія колеса небольшого діаметра, длина мотылей, равная $^1/_2 l$, должна быть такова, чтобы головы шатуновъ могли безпрепятственно двигаться; а у паровозовъ скорыхъ, съ большимъ числомъ оборотовъ движущихъ колесъ, длина хода поршней не должна быть слишкомъ велика, во избѣжаніе чрезмѣрнаго нагрѣва и заѣданій отъ слишкомъ быстраго движенія трущихся частей.

Поэтому, обращаясь къ существующимъ паровозамъ такого же типа, какъ и проектируемый, задаемся величиною l или отношеніемъ l/d, и затѣмъ изъ приведенной выше формулы находимъ d.

При опредѣленіи размѣровъ цилиндровъ можно кромѣ того еще принять въ соображеніе, какого характера по преимуществу будетъ работа паровоза, и опредѣливъ силу тяги, которая чаще всего будетъ отъ паровоза требоваться, выбрать размѣры цилиндровъ такъ, чтобы паровозъ давалъ эту силу тяги при степени впуска около 0,2-0,3. На размѣрахъ цилиндровъ, опредѣленныхъ такимъ образомъ, можно, конечно, остановиться лишь въ томъ случаѣ, если при болѣе значительныхъ степеняхъ впуска паровозъ будетъ въ состояніи давать силу тяги, достаточную для преодолѣванія наибольшаго сопротивленія.

Такимъ образомъ могутъ быть опредѣлены для проектируемаго паровоза величины:

d — діаметръ цилиндровъ,
l — ходъ поршней,
D — діаметръ движущихъ колесъ,
H — поверхность нагрѣва,
G — площадь рѣшетки,
P' — сцѣпной вѣсъ паровоза,
P — полный вѣсъ паровоза въ рабочемъ состояніи (лишь приблизительно).

ПРИЛОЖЕНІЯ.

		стран.
I.	Историческій очеркъ развитія паровоза . . .	426
II.	Главнѣйшіе размѣры паровозовъ (таблицы) . .	455
III.	Расчетъ времени движенія паровоза съ поѣздомъ.	504
IV.	Выводъ формулъ для повѣрки размѣровъ шатуновъ	513
V.	Выводъ формулъ, относящихся къ расчету листовыхъ ресоръ	522
VI.	Устройство и оборудованіе лабораторіи для опытовъ надъ паровозами въ университетѣ Пардью.	529
VII.	W. F. M. GOSS. Индикаторныя діаграмы съ паровоза Скенектади	544
VIII.	Правительственныя распоряженія, касающіяся устройства паровозовъ (извлеченія) . . .	563
IX.	Нѣсколько терминовъ англійскихъ, французскихъ и нѣмецкихъ, относящихся къ паровозамъ.	615
X.	Литература	620

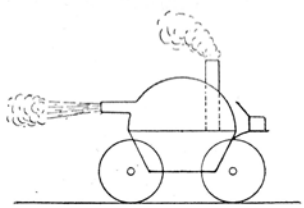
Приложеніе I.

ИСТОРИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ РАЗВИТІЯ ПАРОВОЗА.

Примѣненіе пара къ движенію по обыкновеннымъ дорогамъ.

Мысль о такомъ примѣненіи пара явилась уже давно, и *Newton*'у приписываютъ предложеніе (1680 г.) воспользоваться для этой цѣли реакціей пара, вытекающаго въ атмосферу (фиг. 422).

Фиг. 422.



Въ 1759 г. *Robison*, когда онъ еще учился въ Glasgow College, въ разговорѣ съ *James Watt*'омъ предложилъ ему заняться вопросомъ о примѣненіи силы пара къ передвиженію по дорогамъ; но *Watt* въ то время былъ еще очень мало свѣдущъ въ устройствѣ паровой машины.

Въ 1765 году *E. Darwin* побуждалъ *Boulton*'а (въ то время бывшаго въ перепискѣ съ *Franklin*'омъ по вопросу объ употребленіи пара, а впослѣдствіи ставшаго компаньономъ *Watt*'а) построить повозку, движимую силою огня, т. е. пара.

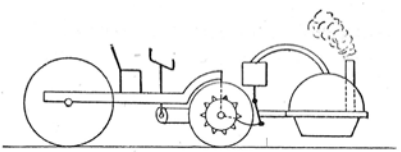
Вопросомъ этимъ заинтересовался одинъ молодой еще человѣкъ, *Edgworth*, и въ 1768 г. напечаталъ записку, за которую англійское Общество Искусствъ

(Society of Arts) присудило ему золотую медаль. Въ запискѣ этой онъ предлагалъ строить рельсовые пути, по которымъ повозки передвигались бы лошадьми или канатомъ, навиваемымъ на кабестанъ силою пара.

Первый, кому пришлось попытаться на дѣлѣ примѣнить силу пара къ передвиженію,—былъ французскій офицеръ *Cugnot*. На средства маршала Саксонскаго онъ въ 1769 г. построилъ паровую повозку, которая была испробована въ присутствіи тогдашняго военнаго министра, герцога *Choiseul*. Пользуясь покровительствомъ этого послѣдняго, *Cugnot* въ 1770 году построилъ вторую паровую повозку, сохраняемую и понынѣ въ Conservatoire des arts et métiers, въ Парижѣ.

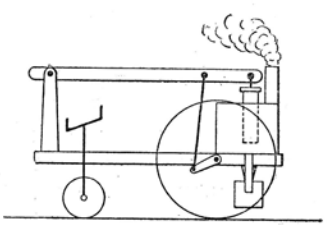
Эта повозка (фиг. 423), предназначавшаяся для перевозки артилерійскихъ орудій, была снабжена тремя колесами: двумя сзади — поддерживающими — и однимъ спереди — движущимъ. Движеніе этому колесу сообщалось отъ двухъ вертикальныхъ цилиндровъ, куда впускался паръ изъ котла, помѣщеннаго впереди повозки. Во время пробной поѣздки, повозка эта при поворотѣ на одной изъ улицъ Парижа опрокинулась; обращеніе съ нею было признано опаснымъ, и такимъ образомъ неудача эта положила конецъ дальнѣйшимъ опытамъ съ паровой повозкой *Cugnot*.

Фиг. 423.



Watt въ своемъ патентѣ 1784 года ясно выразилъ намѣреніе устроить паровозную машину; для этой цѣли онъ думалъ употребить или машину безъ охлажденія, или же поверхностный холодильникъ, охлаждаемый просто воздухомъ.

Фиг. 424.



Въ томъ же 1784 г. одинъ изъ его помощниковъ, *Murdock*, устроилъ модель паровоза (фиг. 424), которая могла двигаться съ большой скоростью.

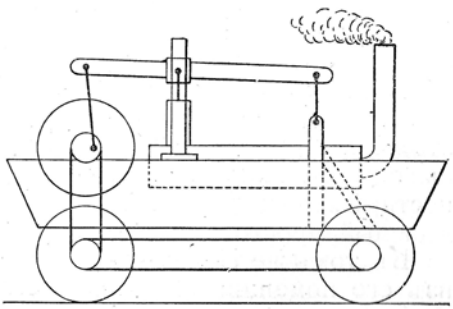
Въ бо́льшихъ размѣрахъ однако ничего не было сдѣлано ни *Watt*'омъ, ни *Murdock*'омъ, такъ какъ вниманіе ихъ было поглощено всецѣло постройкой и усовершенствованіемъ другихъ машинъ.

Съ 1784 по 1786 г. *Symington* въ Шотландіи пытался устроить паровую повозку для обыкновеннаго пути, но дурное состояніе шотландскихъ дорогъ въ то время не позволило ему достичь практическихъ результатовъ.

Въ 1786 г. *Evans* обратился къ Правительству штата Пенсильваніи съ просьбою о выдачѣ ему патента на примѣненіе паровой машины къ движенію мельницъ и повозокъ, но получилъ патентъ лишь на примѣненіе паровой машины къ мельницамъ. Въ 1787 году *Evans* получилъ отъ штата Maryland исключительное право строить и употреблять паровыя повозки,—этимъ правомъ ему однако не привелось воспользоваться.

Въ 1801 году, заручившись отзывомъ професора пенсильванскаго университета *Patterson*'а, который одобрилъ его планы, *Evans* началъ строить паровую повозку, которая должна была получать движеніе отъ паровой машины безъ охлажденія, но затѣмъ онъ передумалъ и употребилъ построенную имъ машину для мельницы. Въ 1804 г. однако *Evans* примѣнилъ одну изъ своихъ машинъ для перемѣщенія большаго плоскодоннаго судна, построеннаго Санитарнымъ Управленіемъ Филадельфіи для чистки дна вдоль городскихъ набережныхъ. *Evans* поставилъ судно на колеса, помѣстилъ въ немъ пятисильную паровую машину, и въ присутствіи многотысячной толпы заставилъ эту странную землечерпательницу, названную имъ *Oruktor Amphibolis* (фиг.

Фиг. 425.



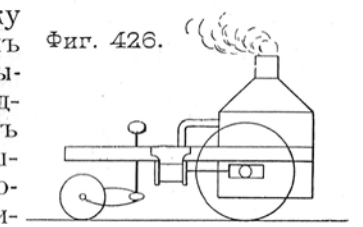
425), проѣхать по улицамъ города къ рѣкѣ, гдѣ и спустилъ ее на воду.

Evans твердо вѣрилъ въ успѣхъ своего изобрѣтенія, хотя ему и не удалось самому осуществить его,—вотъ его слова:

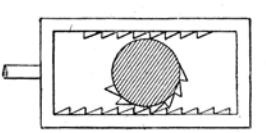
„Придетъ время, когда будутъ переѣзжать изъ одного города въ другой въ паровыхъ повозкахъ почти съ такой же скоростью, съ какой летаютъ птицы, 15 или 20 миль въ часъ *). Утромъ повозка выѣдетъ изъ Вашингтона, пасажиры будутъ завтракать въ Балтиморѣ, обѣдать въ Филадельфіи и ужинать въ Нью-Іоркѣ".

Въ одно время съ *Evans*'омъ работалъ надъ этимъ же вопросомъ другой американецъ, *Read*, который въ 1790 году получилъ патентъ на паровую повозку (фиг. 426) съ трубчатымъ котломъ, съ двумя паровыми горизонтальными цилиндрами высокаго давленія и съ зубчатыми рамками на поршневыхъ стержняхъ для сообщенія вращательнаго движенія колесамъ (фиг. 427). *Read* построилъ модель своей повозки, и она была выставлена для осмотра публикой, чтобы привлечь средства, необходимыя для осуществленія изобрѣтенія, но потомъ *Read* занялся примѣненіемъ пара къ судоходству, и паровая повозка была имъ оставлена въ сторонѣ.

Фиг. 426.



Фиг. 427.



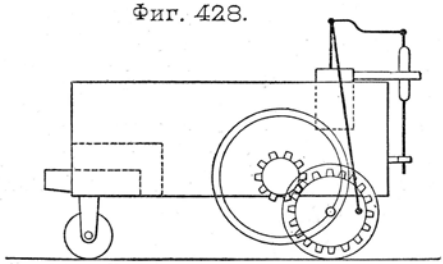
Попытки примѣнить паръ къ движенію по дорогамъ болѣе успѣха нашли въ Англіи.

Въ началѣ текущаго столѣтія занялся этимъ одинъ инженеръ въ Корнвалисѣ, *Trevithick*, и вмѣстѣ съ нѣкіимъ *Vivian*'омъ въ 1802 году получилъ патентъ

*) 22—30 верстъ въ часъ.

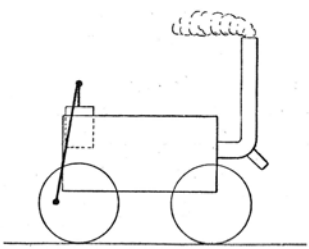
на паровыя машины для движенія повозокъ. Въ томъ же 1802 году *Trevithick* построилъ модель (фиг. 428), а затѣмъ и самую паровую повозку (фиг. 429) съ машиной высокаго давленія и двойнаго дѣйствія, съ однимъ вертикальнымъ цилиндромъ.

Фиг. 428.



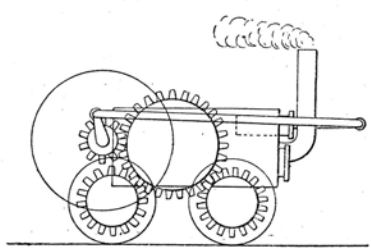
Эта паровая повозка обратила на себя такое вниманіе, что изъ Корнвалиса ее отправили въ Лондонъ, и тутъ представители науки, въ числѣ ихъ *H. Davy*, съ большимъ интересомъ отнеслись къ ней. *Davy*, вскорѣ по прибытіи этой повозки въ столицу, писалъ одному изъ своихъ знакомыхъ въ Корнвалисѣ, выражая надежду видѣть скоро „драконовъ Тревитика“ снующими по дорогамъ Англіи. Повозка была не только выставлена для осмотра публикой, но съ ней дѣлались поѣздки, при чемъ машина везла за собой экипажъ, переполненный пасажирами. На другой день однако *Trevithick* прекратилъ доступъ публики къ машинѣ, а вскорѣ затѣмъ и убралъ ее. Можно думать, что изобрѣтатель пришелъ къ заключенію о невозможности практическаго примѣненія подобной машины къ передвиженію экипажей по обыкновеннымъ дорогамъ, въ виду тогдашняго ихъ состоянія.

Фиг. 429.



Въ 1803 году *Trevithick* построилъ вторую своюмашину (фиг. 430), но не для обыкновенной

Фиг. 430.



дороги, а для рельсоваго пути (трама) на одномъ изъ заводовъ въ Южномъ Валисѣ. Машина оказалась однако слишкомъ тяжелой для этого трама, ломала его бруски и ихъ скрѣпленія, и такъ какъ владѣльцы завода не захотѣли дѣлать большихъ издержекъ, съ которыми была бы связана перестройка трама, то машина была снята съ колесъ и употреблена въ дѣло какъ насосъ для выкачиванія воды.

Эта попытка, хотя и кончившаяся неудачно, была первымъ шагомъ въ надлежащемъ направленіи — а именно въ дѣлѣ примѣненія паровой машины къ движенію не по обыкновеннымъ дорогамъ, а по особымъ рельсовымъ путямъ.

Рельсовые пути.

Еще древніе прибѣгали къ мощенію камнемъ тѣхъ дорогъ, по которымъ двигались тяжело нагруженныя повозки.

Точно также и вскорѣ послѣ возникновенія горнаго дѣла въ Великобританіи,—когда, вмѣсто того чтобы навьючивать лошадей рудой или углемъ, стали нагружать телѣжки или возы, запряженные лошадьми, —колеи дорогъ вымащивались камнемъ.

Затѣмъ, около 1630 года, камень на такихъ дорогахъ стали замѣнять толстыми досками или деревянными брусьями, врытыми въ землю. Впервые это было сдѣлано на сѣверѣ Англіи нѣкіимъ *Beaumont*'омъ, горнопромышленникомъ, переселившимся туда съ юга и вскорѣ раззорившимся; пріемъ его однако нашелъ послѣдователей, и черезъ полвѣка былъ уже въ общемъ употребленіи.

Къ концу XVIII вѣка была окончательно сознана экономичность перевозки по дорогамъ съ пологими и ровными уклонами, и при постройкѣ трамовъ не останавливались передъ значительными расходами на необходимыя выемки и насыпи. Колеса повозокъ дѣлались изъ чугуна, съ желобкомъ, по своему очертанію подходившимъ къ выпуклости на верхней закругленной грани деревянныхъ рельсовъ.

Эти деревянные рельсовые пути—зародышъ позднѣйшихъ желѣзныхъ дорогъ.

Первымъ важнымъ улучшеніемъ такихъ деревянныхъ рельсовъ была обивка ихъ сверху желѣзными полосами, такъ какъ дерево быстро изнашивалось.

Около 1738 года впервые появились чугунные рельсы, въ видѣ пластинокъ, и быстро вошли въ широкое употребленіе.

Въ 1789 году *W. Jessop* въ Leicestershire'ѣ построилъ рельсовый путь съ чугунными рельсами особой формы, при чемъ колеса были снабжены закраинами, какъ это практикуется нынѣ.

Въ 1800 году *B. Outram* *) вмѣсто дерева для подкладки подъ концы или стыки рельсовъ употребилъ каменныя подушки.

Такимъ образомъ въ началѣ XIX вѣка были на лицо два основныхъ элемента нынѣшнихъ желѣзныхъ дорогъ: рельсовый путь и паровой движитель,— все дѣло было въ томъ, чтобы слить ихъ въ одно цѣлое.

Паровозъ для желѣзной дороги.

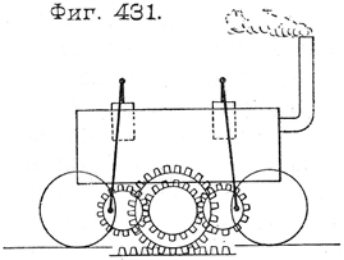
Въ машинахъ *Trevithick*'а имѣлось уже два существенныхъ элемента паровоза — выпускъ отработавшаго пара въ дымовую трубу и гладкія движущія колеса. На эти обстоятельства не было однако обращено должнаго вниманія, такъ какъ попытки *Trevithick*'а примѣнить свои машины къ движенію повозокъ окончились неудачей, и потому для тяги въ трубу и для сцѣпленія колесъ съ рельсами предлагались затѣмъ иныя средства.

Въ 1811 году *Blenkinsop* взялъ патентъ на зубчатый рельсъ, съ которымъ паровозъ долженъ былъ

*) Съ именемъ его связываютъ возникновеніе самого термина *tramway*, *tramroad*. Однако слово *tram* употреблялось будто бы уже раньше какъ названіе для угольныхъ повозокъ, а затѣмъ для искусственныхъ колей, по которымъ онѣ двигались.

сцѣпляться посредствомъ зубчатаго колеса. Паровозы *Blenkinsop*'а (фиг. 431), построенные по указаніямъ *M. Murray*, были снабжены парой цилиндровъ и въ теченіе многихъ лѣтъ несли правильную службу по вывозкѣ каменнаго угля.

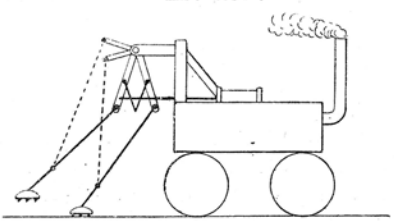
Фиг. 431.



Въ 1812 году братья *Chapman* взяли патентъ на паровозъ, который долженъ былъ работать съ помощью цѣпи, проложенной вдоль рельсоваго пути. Цѣпь дѣлала одинъ оборотъ около желобчатаго шкива на паровозѣ и замѣняла собою зубчатку. Такой паровозъ былъ испробованъ на Heaton'ской ж. дорогѣ близь Ньюкастля, но работа его оказалась очень невыгодной, и онъ былъ вскорѣ оставленъ.

Въ 1813 году *Brunton* предложилъ свою машину, снабженную ногами (фиг. 432) и названную имъ *Mechanical Traveller*. Такая машина была построена, но въ самомъ началѣ опытовъ съ нею машинистъ перегрузилъ предохранительный клапанъ, послѣдовалъ взрывъ котла, и многіе изъ присутствовавшихъ были убиты и ранены.

Фиг. 432.



Приведенные примѣры показываютъ, какъ дѣятельно въ разсматриваемое время заняты были изобрѣтатели задачею о паровозной тягѣ по рельсовымъ путямъ.

Особенный интересъ и настойчивость проявилъ въ этомъ направленіи одинъ изъ владѣльцевъ каменноугольныхъ копей близъ Ньюкастля, *Blackett*, имѣвшій случай познакомиться съ *Trevithick*'омъ и съ дѣйствіемъ его машины. Въ 1804 году, получивъ отъ *Trevithick*'а необходимые планы, *Blackett* заказалъ паровозъ съ гладкими колесами; опыты, произведен-

ные съ этимъ паровозомъ на самомъ заводѣ, показали, что онъ недостаточно силенъ для тяги угольныхъ поѣздовъ; поэтому машина была снята съ колесъ и употреблена для нуждъ завода. Неудача *Trevithick*'а съ его паровозомъ на заводѣ въ Южномъ Валисѣ, вѣроятно, была причиной, что въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ *Blackett* ничего не предпринималъ для осуществленія паровозной тяги. Но въ 1808 году онъ замѣнилъ деревянный свой трамъ чугуннымъ, который оказался настолько ровнѣе деревяннаго, что вмѣсто одной груженой повозки лошадь могла везти двѣ и даже три. Ободренный успѣхомъ *Blenkinsop*'а, *Blackett* рѣшился послѣдовать его примѣру и въ 1812 году заказалъ вторую машину на другомъ изъ ближайшихъ заводовъ. Паровозъ, построенный подъ наблюденіемъ механика *J. Foster*'а, бывшаго на службѣ у *Blackett*'а, представлялъ собою сочетаніе машинъ *Trevithick*'а и *Blenkinsop*'а, но по устройству своему былъ несуразнѣе ихъ обѣихъ. Доставленная въ *Wylam*, гдѣ находились копи *Blackett*'а, и собранная здѣсь, машина эта оказалась рѣшительно непригодной, и *J. Foster*, главный механикъ *Blackett*'а, удивлялся потомъ, какъ ее при пробѣ не взорвало вмѣстѣ со всѣми присутствовавшими.

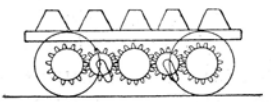
Неудача эта не остановила *Blackett*'а, и онъ распорядился, чтобы главный механикъ его занялся постройкой третьяго паровоза въ мастерскихъ, въ Wylam'ѣ. Этотъ паровозъ оказался удачнѣе предыдущаго: онъ снабженъ былъ зубчатымъ колесомъ, сцѣплявшимся съ зубчаткой, уложенной рядомъ съ однимъ изъ рельсовъ, и могъ тащить восемь или девять повозокъ съ углемъ отъ копи къ набережной, со скоростью правда только немного болѣе $1^1/_2$ верстъ въ часъ. Но по своему вѣсу паровозъ этотъ былъ слишкомъ тяжелъ для пути, и чугунные рельсы постоянно ломались. Кромѣ того онъ очень часто сходилъ съ рельсовъ, и тутъ лошадьми приходилось отвозить не только каменный уголь къ рѣкѣ, но и самое машину въ мастерскія. То и дѣло машина приходила въ разстройство, и рабочіе проклинали ее.

Не смотря на постоянныя неудачи, *Blackett* настойчиво продолжалъ свои попытки, при чемъ ревност-

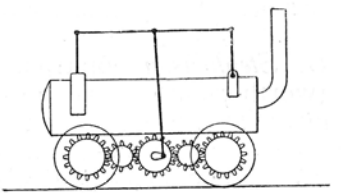
ными его помощниками оказались механикъ *J. Foster* и завѣдывающій Wylam'скими копями *W. Hedley*.

Такъ какъ неудача паровоза главнымъ образомъ обусловливалась зубчаткой, то *Hedley*, знакомый съ машинами *Trevithick*'а, рѣшилъ выяснить, нельзя ли будетъ обезпечить достаточное сцѣпленіе между колесами и рельсами просто вѣсомъ машины, и для рѣшенія этого вопроса онъ приступилъ къ ряду опытовъ. Для этого на четыре колеса была поставлена рама, снабженная лебедками, которыя сцѣплялись съ отдѣльными колесами. На раму накладывались тяжести (фиг. 433), и для сообщенія движенія колесамъ было приставлено къ лебедкамъ шестеро рабочихъ. Такимъ образомъ *Hedley* рядомъ опытовъ доказалъ, что вѣсъ паровоза можетъ быть достаточенъ для передвиженія не только самого себя по гладкимъ рельсамъ, но и извѣстнаго еще числа вагоновъ. Чтобы обезпечить за собой право на это изобрѣтеніе (сдѣланное, какъ и множество другихъ, далеко не въ первый разъ) *Hedley* взялъ въ 1813 году патентъ, и съ этого времени для движенія по рельсовымъ путямъ съ небольшими уклонами уже не было нужды думать о зубчаткахъ, цѣпяхъ или ногахъ. На фиг. 434 представленъ паровозъ *Hedley* („Puffing Billy"); отработавшій паръ первоначально выпускался здѣсь въ дымовую трубу, но такъ какъ шумъ, производимый при этомъ, пугалъ лошадей, то на паровозѣ былъ устроенъ особый резервуаръ, куда поступалъ мятый паръ и откуда онъ уже безъ шума выходилъ наружу.

Фиг 433.



Фиг. 434.



Въ то время какъ *Blackett* въ Wylam'ѣ строилъ и пробовалъ паровозы, въ мѣстечкѣ Killingworth, по сосѣдству съ Wylam, тѣмъ же самымъ предметомъ ревностно занимался *George Stephenson*, сдѣлавшійся механикомъ изъ простого рабочаго. *G. Stephenson*, на-

значенный машинистомъ при копяхъ въ Killingworth'ѣ обратилъ особенное свое вниманіе на удешевленіе способовъ доставки угля изъ шахтъ на поверхность земли и, затѣмъ къ пристанямъ.

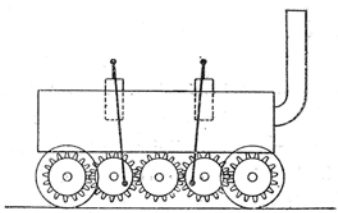
Въ видахъ этого *Stephenson* устроилъ наклонныя плоскости тамъ, гдѣ позволялъ характеръ мѣстности, и въ то время какъ груженые вагоны съ одной стороны спускались, съ другой стороны посредствомъ каната поднимались на верхъ силою тяжести порожніе вагоны. Но такой способъ могъ быть примѣняемъ лишь мѣстами, большею же частью приходилось прибѣгать къ конной тягѣ, которая въ то время была особенно дорога вслѣдствіе дороговизны зерновыхъ хлѣбовъ, и мыслью о замѣнѣ конной тяги машинною были заняты тогда умы многихъ практиковъ, работавшихъ при копяхъ.

G. Stephenson рѣшилъ прежде всего ознакомиться хорошенько съ тѣмъ, что уже было сдѣлано. Онъ часто ходилъ въ Wylam и слѣдилъ за усовершенствованіями, дѣлавшимися отъ времени до времени *Blackett*'омъ въ паровозѣ и въ рельсовомъ пути, на которомъ машина работала. *Stephenson* въ одно изъ такихъ посѣщеній выразилъ *Foster*'у убѣжденіе, что можно построить машину, которая будетъ работать производительнѣе и надежнѣе. Около того же времени, въ 1813 году, *Stephenson*'у привелось видѣть одинъ изъ паровозовъ *Blenkinsop*'а; работа этой машины оказалась очень ненадежной и дорогой; кромѣ того машина сильно разстраивала рельсовый путь, а вскорѣ ей пришелъ и конецъ, такъ какъ у нея взорвало котелъ.

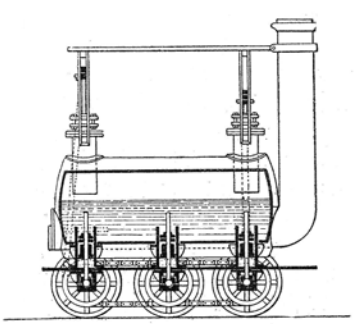
Въ томъ же 1813 году *G. Stephenson* обратился къ владѣльцамъ копей Killingworth съ предложеніемъ построить паровозную машину (Travelling Engine), и средства для этого обезпечилъ ему главный изъ участниковъ, лордъ *Ravensworth*. Наибольшее затрудненіе состояло въ томъ, чтобы найти рабочихъ, достаточно искусныхъ для осуществленія того, что имѣлъ въ виду *Stephenson*. Часто ему самому приходилось работать съ мастеровыми на заводѣ, какъ будто бы они были въ его распоряженіи, и лично ими руководить. Въ 1814 году былъ такимъ образомъ построенъ первый паровозъ *Stephenson*'а въ

Killingworth'ѣ, „Blücher“ (фиг. 435). Онъ былъ сдѣланъ до нѣкоторой степени по образцу машины *Blenkinsop*'а, но съ гладкими движущими колесами. Вообще паровозъ этотъ вышелъ довольно громоздкимъ и неуклюжимъ; особенно серьезно давало себя знать отсутствіе ресоръ, а когда зубчатыя колеса, посредствомъ которыхъ производилась передача движенія, поизносились, то движеніе машины стало сопровождаться дребезжащимъ стукомъ. Самымъ важнымъ при испытаніи паровоза былъ вопросъ о томъ, насколько работа его выгоднѣе конной тяги, и въ этомъ отношеніи результаты сперва были мало утѣшительны; къ концу года оказалось, что паровозъ въ экономическомъ отношеніи былъ едва только наравнѣ съ конной тягой. Скорость паровоза была не больше лошадиной, такъ какъ незначительная поверхность нагрѣва позволяла развивать лишь столько пару, что его хватало въ среднемъ на движеніе съ скоростью 6-ти верстъ въ часъ. Послѣдствіемъ такого результата могло быть признаніе паровоза безполезнымъ, еслибы въ это время *Stephenson* не примѣнилъ выпуска отработавшаго пара въ дымовую трубу для усиленія тяги и паропроизводительности котла. Рабочая производительность паровоза удвоилась, и успѣхъ за паровозомъ былъ обезпеченъ.

Фиг. 435.



Фиг. 436.



Въ слѣдующемъ 1815 году *Stephenson* въ товариществѣ съ *Dodds*'омъ взялъ патентъ на паровозъ, въ которомъ введены были разныя упрощенія и усовершенствованія. Паровозъ, построенный *Stephenson*'омъ въ 1815 году (фиг. 436) от-

личался тѣмъ, что давленія отъ поршней двухъ цилиндровъ передавались прямо на движущія оси, безъ зубчатыхъ передаточныхъ колесъ; мотыли этихъ осей расположены были подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, и для обезпеченія такого относительнаго расположенія мотылей употреблена была безконечная цѣпь, замѣненная впослѣдствіи наружными спарниками; для умѣренія толчковъ и ударовъ, испытываемыхъ колесами, на осевыя коробки упирались стержни особыхъ поршней, которые могли двигаться въ цилиндрахъ, сообщавшихся съ внутренностью пароваго котла. Это устройство однако оказалось мало практичнымъ и впослѣдствіи (1825 г.) по предложенію *N. Wood*'а замѣнено было листовыми стальными ресорами. Котелъ паровоза былъ съ внутренней топкой, расположенной въ цилиндрической жаровой трубѣ. Отработавшій паръ выпускался въ дымовую трубу, что усиливало тягу воздуха и паропроизводительность котла.

Въ этомъ паровозѣ *Stephenson*'а имѣлись налицо всѣ существенные элементы, необходимые для обезпеченія успѣха паровозу на желѣзныхъ дорогахъ по перевозкѣ грузовъ съ небольшими скоростями. Пять подобныхъ паровозовъ, прозванныхъ народомъ *iron horses* (желѣзныя лошади), было поставлено *Stephenson*'омъ въ 1822 году на ж. дорогу Hetton'скихъ копей, гдѣ *Stephenson* устроилъ кромѣ того пять самодѣйствующихъ наклонныхъ плоскостей и двѣ наклонныя плоскости съ постоянными паровыми машинами.

Въ 1822 году была сдѣлана закладка ж. дороги *Stockton-Darlington*, а въ 1823 году *G. Stephenson* былъ назначенъ инженеромъ по ея постройкѣ, благодаря знакомству съ однимъ изъ главныхъ предпринимателей, *Pease*'омъ.

Въ то же время *Pease* и его другъ *Richardson* оказали денежное содѣйствіе *Stephenson*'у, задумавшему завести собственную мастерскую для постройки паровозовъ, и въ 1824 году въ Ньюкастлѣ былъ пущенъ въ ходъ *Stephenson*'омъ первый паровозостроительный заводъ.

Многіе уже раньше *Stephenson*'а ясно сознавали важность желѣзныхъ дорогъ и полную возможность практическаго разрѣшенія вопроса. Въ 1812 году въ

Нью-Іоркѣ *Stevens* напечаталъ записку съ доводами въ пользу преимущества желѣзныхъ дорогъ и паровыхъ повозокъ надъ судоходствомъ по каналамъ. Въ этой запискѣ *Stevens* говоритъ: „Я не вижу ничего, что могло бы помѣшать паровой повозкѣ двигаться по рельсамъ со скоростью 100 миль въ часъ,“ *) и въ примѣчаніи прибавляетъ: „Эта поразительная скорость приводится здѣсь единственно какъ возможная. Вѣроятно, на практикѣ будетъ болѣе подходящимъ не превышать 20—30 миль **). Вопросъ этотъ можно рѣшить только опытомъ, и я не удивился бы, еслибы увидалъ паровыя повозки, ходящія со скоростью отъ 40 до 50 миль въ часъ ***)“. Еще ранѣе онъ обращался къ властямъ и предлагалъ свои проекты желѣзныхъ дорогъ, но предложеніе не было принято.

Въ Англіи, въ 1813 году, упомянутый уже прежде *Edgworth,* ратовавшій въ продолженіе пятидесяти лѣтъ за превосходство рельсовыхъ путей надъ обыкновенными дорогами, писалъ къ *Watt*'у: „Я всегда думалъ, что паръ станетъ повсюду господствовать, и что мы со временемъ будемъ невысокаго мнѣнія о почтовыхъ лошадяхъ; желѣзная дорога будетъ дешевле, чѣмъ дорога обыкновеннаго устройства“

Другимъ борцомъ за желѣзныя дороги явился нѣкто *Th. Gray*; онъ не былъ ни механикомъ, ни изобрѣтателемъ, но твердо, пламенно вѣрилъ въ могущество желѣзнодорожной системы. Въ 1816 году, живя въ Брюселѣ, онъ въ разговорѣ съ *J. Cockerill*'емъ и другими, по поводу постройки канала для соединенія Голандіи съ горнопромышленными округами Бельгіи, выступилъ ярымъ защитникомъ превосходства желѣзной дороги. Въ 1820 году *Gray* издалъ результаты своихъ изслѣдованій и соображеній въ „Замѣткахъ объ общемъ желѣзномъ рельсовомъ пути“, ****) гдѣ онъ съ большой убѣдительностью

*) 150 верстъ въ часъ.

**) 30—45 верстъ въ часъ.

***) 60—75 верстъ.

****) *Th. Gray*. Observations on a General Iron Railway (with Plates and Map illustrative of the plan); showing its great superiority, by the general introduction of mechanic power, over all the present methods of conveyance by turnpike-roads and canals and claiming the particular attention of merchants and manufacturers, farmers and indeed every class of society. London. 1820.

настаивалъ на превосходствѣ паровозной желѣзной дороги надъ обыкновенными дорогами и каналами и выставлялъ на видъ выгоды для всѣхъ класовъ общества отъ такого способа перевозки грузовъ и людей. Въ этой книгѣ *Gray* указывалъ на то, что слѣдовало бы устроить желѣзную дорогу между Ливерпулемъ и Манчестеромъ. Книга нашла большой спросъ, какъ это видно изъ того, что два года спустя она уже явилась четвертымъ изданіемъ.

Отъ общихъ взглядовъ и разсужденій до практическаго осуществленія было однако еще довольно далеко, и самый вопросъ о желѣзныхъ дорогахъ встрѣчалъ очень часто не только насмѣшки и равнодушіе, но часто сильное, ожесточенное противодѣйствіе.

G. Stephenson'у пришлось первому преодолѣвать разнаго рода затрудненія и разрабатывать вопросы, связанные съ постройкою желѣзныхъ дорогъ. Такъ, работы на *Stockton-Darlington*'ской дорогѣ значительно уже подвинулись впередъ, а между тѣмъ много еще существенныхъ вопросовъ оставалось нерѣшенными, какъ то: 1) сравнительное достоинство желѣзныхъ и чугунныхъ рельсовъ; 2) ширина пути (колея); 3) какую тягу употребить, когда дорога будетъ готова—конную или машинную.

Хотя *Stephenson* вмѣстѣ съ *Losh*'емъ въ 1816 году взялъ патентъ на чугунные рельсы, но въ данномъ случаѣ онъ совѣтовалъ директорамъ уложить желѣзные рельсы, потому что чугунные будутъ ломаться и вызовутъ большіе расходы по смѣнѣ ихъ и содержанію пути въ исправности; но такъ какъ цѣна желѣзныхъ рельсовъ въ то время была вдвое больше, чѣмъ чугунныхъ, то *Stephenson*'у разрѣшено было желѣзныхъ рельсовъ включить въ смѣту только на половину всего необходимаго количества рельсовъ.

Что касается колеи, то *Stephenson* принялъ для ширины пути разстояніе между колесами обыкновенныхъ повозокъ—$4'\,8'''/_2$.

Передъ самымъ уже открытіемъ дороги занялись обсужденіемъ вопроса о способахъ тяги; на одномъ уклонѣ рѣшено было устроить постоянныя машины для тяги канатомъ; вообще же предполагалось производить движеніе лошадьми, для закупки которыхъ

были сдѣланы надлежащія распоряженія. Благодаря только вліянію *Pease*'а, рѣшено было также заказать три паровоза заводу *Stephenson & C°* въ *Newcastle*'ѣ, чтобы выяснить ихъ достоинства сравнительно съ конной тягой. Эти паровозы были доставлены на дорогу еще до открытія ея, и скорость, съ которой они могли ходить, достигала 12—16 миль въ часъ (18—24 верстъ); они были болѣе пригодны для тяжелой работы по возкѣ угольныхъ поѣздовъ, и для этой цѣли собственно они и были построены. Да и директора дороги вовсе не думали о возможности примѣнять паровозы для перевозки пасажировъ, тѣмъ болѣе, что дорога *Stockton-Darlington* проходила по мѣстности, гдѣ не ожидалось значительнаго пасажирскаго движенія.

Желѣзная дорога *Stockton-Darlington* была открыта 27 сентября 1825 года, и результаты эксплоатаціи превзошли всякія ожиданія и расчеты ея предпринимателей. Они расчитывали главнымъ образомъ на перевозку угля между отдѣльными станціями, а на дѣлѣ первое мѣсто заняла доставка угля къ пристанямъ въ Stockton'ѣ и Middlesborough для вывоза въ Лондонъ. Точно также и пасажирское движеніе приняло такіе размѣры, какихъ предприниматели вовсе не имѣли въ виду.

Хотя паровозы, поставленные *Stephenson*'омъ, съ самаго начала правильно несли службу по тягѣ угольныхъ поѣздовъ, но въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ все-таки движеніе главнымъ образомъ производилось лошадьми. Пока размѣры движенія были невелики, этотъ способъ тяги, быть можетъ, былъ самымъ дешевымъ, такъ какъ движеніе грузовъ происходило по направленію скатовъ къ морю. Финансовые результаты этой желѣзной дороги, какими они являлись въ годовыхъ дивидендахъ, должны были не мало поощрять торговыхъ людей Ливерпуля и Манчестера, въ ихъ тогдашнихъ хлопотахъ объ устройствѣ желѣзной дороги между названными городами.

Одинъ изъ этихъ купцовъ посѣтилъ *G. Stephenson*'а въ Killingworth'ѣ, когда постройка Stockton-Darlington'ской ж. дороги приближалась уже къ концу, и по возвращеніи въ Ливерпуль рекомендовалъ комитету директоровъ пригласить *Stephenson*'а въ каче-

ствѣ инженера предположенной дороги между Ливерпулемъ и Манчестеромъ.

Въ 1824 году *G. Stephenson* былъ назначенъ инженеромъ по постройкѣ Ливерпуль-Манчестерской ж. дороги, которая по заявленію предпринимателей должна была служить дешевымъ и надежнымъ путемъ для перевозки товаровъ, а также и пасажировъ. *G. Stephenson*'у пришлось прежде всего заняться изысканіями, а выборные отъ предпринимателей тѣмъ временемъ въ теченіе 1824 и 1825 годовъ три раза ѣздили въ Killingworth, чтобы ознакомиться съ работою паровозовъ, которыми *Stephenson* предлагалъ воспользоваться для движенія по будущей дорогѣ. Паровозы эти были построены для тяжелой товарной службы, и потому не могли служить подтвержденіемъ тѣмъ обѣщаніямъ и надеждамъ, которыя выражались *Stephenson*'омъ относительно возможности движенія со скоростью, вдвое большею сравнительно съ самыми скорыми почтовыми каретами. Такіе взгляды не находили поддержки нигдѣ и считались нелѣпыми.

Въ 1825 году комитетъ директоровъ внесъ въ Парламентъ биль о разрѣшеніи постройки ж. дороги между Ливерпулемъ и Манчестеромъ, но большинство Парламентской Комисіи оказалось противъ, и представитель предпринимателей взялъ биль обратно. Такъ какъ въ изысканіяхъ *Stephenson*'а оказались нѣкоторыя ошибки, то для производства новыхъ изысканій приглашены были другіе инженеры; новыя изысканія были произведены въ нѣкоторыхъ мѣстахъ по иному направленію, а когда они были закончены, биль вторично былъ внесенъ въ Парламентъ въ 1826 году, и на этотъ разъ прошелъ черезъ обѣ палаты, при требующемся большинствѣ голосовъ въ свою пользу.

Теперь для производства работъ нужно было пригласить инженера, и выборъ директоровъ окончательно остановился опять на *G. Stephenson*'ѣ. Онъ немедленно переселился въ Ливерпуль и приступилъ къ работамъ, которыя по своей грандіозности и затруднительности не имѣли ничего подобнаго въ прошломъ. Не смотря на зловѣщія предсказанія людей, знакомыхъ съ мѣстными условіями, а также представителей инженернаго искусства, *G. Stephenson* не терялъ мужества, но твердо, неуклонно шелъ къ

своей цѣли *). Въ 1829 году, благодаря усиленію денежныхъ средствъ, во многихъ мѣстахъ линіи употреблены были двойныя смѣны рабочихъ (дневныя и ночныя), и дѣло постройки стало подходить къ концу.

Вопросъ о томъ, какимъ способомъ производить движеніе, оставался однако все еще не рѣшеннымъ, и въ пользу паровозной тяги не оказывалось голосовъ, такъ что *Stephenson*'у приходилось одному отстаивать паровозъ. Но *Stephenson* такъ серьезно и часто указывалъ на необходимость испытать этотъ способъ тяги, прежде чѣмъ придти къ рѣшенію противъ него, что директора въ 1828 г. уполномочили его построить одну изъ его машинъ въ видѣ опыта. Заказанный такимъ образомъ паровозъ былъ поставленъ на линію въ 1829 г. и оказался очень полезнымъ при вывозкѣ грунта изъ двухъ большихъ выемокъ.

Теперь выступилъ на сцену вопросъ о томъ, какимъ способомъ производить движеніе при правильномъ, постоянномъ дѣйствіи дороги, и директора очутились заваленными всякаго рода предложеніями. Тутъ были проекты двигать вагоны силою воды, водородомъ, углекислымъ газомъ, атмосфернымъ давленіемъ; предлагались разнаго рода постоянныя машины и паровозы. *Th. Gray* навязывалъ свой планъ смазываемой дороги съ зубчатыми рельсами, *Vignolles* и *Ericsson* рекомендовали принять средній фрикціонный рельсъ, который долженъ былъ служить для обезпеченія необходимаго сцѣпленія съ двумя горизонтальными колесами подъ паровозомъ при движеніи по подъемамъ. Такъ какъ *Stephenson* рѣшительно высказывался въ пользу гладкихъ рельсовъ и паровозовъ, какъ наиболѣе удобнаго и экономичнаго способа тяги, то директора отправили еще депутацію на желѣзныя дороги Stockton-Darlington, Hetton и Killingworth. Она вернулась, хорошо ознакомившись съ механическою тягой на этихъ дорогахъ, но заявленія ея объ относительныхъ достоинствахъ двухъ родовъ движителей были такъ противорѣчивы, что ди-

*) Девизъ его былъ: „*Persevere!*“ Онъ часто говорилъ близкимъ къ нему молодымъ людямъ: „*Do as I have done —persevere!*“

ректора не были въ состояніи рѣшить вопроса. Тогда они положили обратиться къ помощи двухъ пользовавшихся извѣстностью инженеровъ, которые должны были посѣтить упомянутыя выше дороги на сѣверѣ Англіи, тщательно изслѣдовать оба способа движенія [посредствомъ постоянныхъ машинъ и помощью паровозовъ] и представить полный докладъ объ этомъ. Докладъ инженеровъ *Walker*'а и *Rastrick*'а, тщательно ознакомившихся съ указаннымъ вопросомъ, представленъ былъ директорамъ весною 1829 года, и заключеніе, къ какому пришли эти инженеры, сводилось къ тому, что постоянныя машины заслуживаютъ предпочтенія, и что для осуществленія этой системы въ данномъ случаѣ слѣдуетъ раздѣлить все разстояніе между Ливерпулемъ и Манчестеромъ на 19 участковъ (длиной около $1^1/_2$ мили каждый) съ 21 постоянными машинами для движенія поѣздовъ. Таково было заключеніе двухъ лучшихъ инженеровъ того времени.

И не смотря на это, *G. Stephenson* продолжалъ настаивать на томъ, что паровозъ можетъ быть значительно еще усовершенствованъ, если къ этому привлечь инженеровъ и механиковъ; онъ говорилъ директорамъ, что еслибы ему было дано время, то онъ самъ взялся бы построить машину, которая отвѣчала бы ихъ требованіямъ. Наконецъ, уступая его настойчивымъ доводамъ и убѣжденіямъ, директора рѣшили предложить премію въ 500 фунт. стерлинговъ (около 5000 руб. по теперешнему курсу) за лучшій паровозъ, который къ извѣстному дню будетъ доставленъ на дорогу и выполнитъ наиболѣе удовлетворительно нѣкоторыя опредѣленныя условія *).

---

*) Условія эти были такія: Машина должна совершенно сожигать свой дымъ.—При вѣсѣ въ 6 тоннъ она должна изо дня въ день возить 20 тоннъ (включая тендеръ и водяной танкъ) со скоростью 10 миль въ часъ, при давленіи пара въ котлѣ не выше 50 фунтовъ на кв. д.—Котелъ долженъ быть снабженъ двумя предохранительными клапанами, изъ которыхъ одинъ долженъ быть недоступенъ машинисту.—Машина и котелъ должны поддерживаться ресорами и покоиться на 6 колесахъ, и высота паровоза не должна быть болѣе 15 футовъ (до верхушки дымовой трубы).—Машина съ водой должна вѣсить не болѣе 6 тоннъ; но машинѣ меньшаго вѣса отдано будетъ пред-

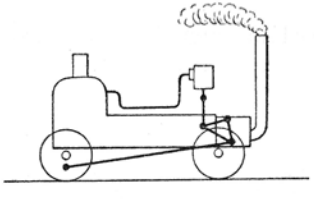
Отъ исхода этого конкурса зависѣла въ значительной степени судьба паровозныхъ дорогъ.

На станцію *Rainhill* въ $13^1/_2$ верстахъ отъ Ливерпуля были доставлены 6 октября 1829 года четыре

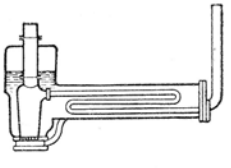
паровоза	строителями
„Novelty“	*Braithwaite* и *Ericsson*
„Sans pareil“	*Hackworth*
„Perseverance“	*Burstall*
„Rocket“	*Stephenson & C°*

„Novelty“ (фиг. 437) не имѣла отдѣльнаго тендера для запасовъ воды и топлива, а несла ихъ на себѣ (первый образчикъ танковаго паровоза); для доставки

Фиг. 437.



Фиг. 438.

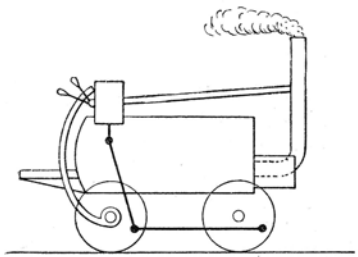


въ топку необходимаго воздуха имѣлся воздуходувный приборъ, а котелъ (фиг. 438) снабженъ былъ изогнутою жаровою трубою, такъ что продукты горѣнія два раза должны измѣнить свое направленіе, пока не достигнутъ дымовой трубы.

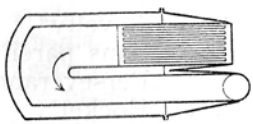
почтеніе, если она будетъ тянуть за собою пропорціональный грузъ; если вѣсъ машины будетъ $4^1/_2$ тонны, то она можетъ быть на четырехъ только колесахъ.—Компанія имѣетъ право подвергнуть котелъ испытанію давленіемъ въ 150 фунт. на кв. д.—Машина должна имѣть ртутный манометръ, указывающій давленіе пара свыше 45 фунтовъ на кв. д.—Машина должна быть доставлена вполнѣ готовою къ испытанію на Ливерпульскій конецъ ж. дороги не позже 1 октября 1829 года.—Цѣна машины не должна быть выше 550 фунт. стерлинговъ.

„Sans pareil“ (фиг. 439) отличалась суживающейся конической выпускной трубой для отработавшаго

Фиг. 439.



Фиг. 440.

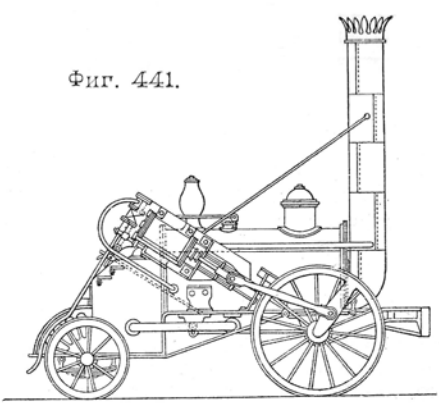


пара (конусъ) и котломъ подковообразной формы (фиг. 440) съ оборотомъ пламени.

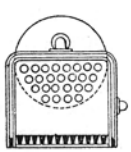
„Perseverance“ не удовлетворяла многимъ условіямъ програмы и кромѣ того прибыла на мѣсто въ такомъ разстроенномъ состояніи, что вовсе не была допущена къ состязанію.

„Rocket“ (фиг. 441) имѣла два паровыпускныхъ отверстія, съ выпускомъ пара въ дымовую трубу, и трубчатый котелъ (фиг. 442).

Фиг. 441.



Фиг. 442.



При пробныхъ поѣздкахъ „Novelty“ и „Sans pareil“ вслѣдствіе разныхъ поврежденій должны были сойти со сцены, и одна лишь „Ракета“ Стефенсона не только удовлетворила всѣмъ требованіямъ про-

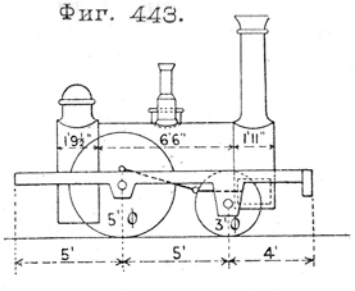
грамы, но дала гораздо бо́льшіе результаты, а именно при собственномъ вѣсѣ въ $4^1/_4$ тонны она везла поѣздъ въ 13 тоннъ со средней скоростью 15 миль въ часъ; при этомъ она развивала скорость до $29^1/_2$ миль, а безъ поѣзда до 35 миль (53 верстъ въ часъ).

Успѣхъ „Ракеты“ зависѣлъ въ значительной степени отъ трубчатаго котла, устроеннаго по предложенію секретаря Ливерпуль-Манчестерской ж. дороги *H. Booth*'а, и премія была присуждена *Stephenson*'у вмѣстѣ съ *Booth*'омъ *).

Заводу, во главѣ котораго стоялъ тогда сынъ *G. Stephenson*'а, *Robert Stephenson,* былъ сдѣланъ заказъ паровозовъ для Ливерпуль-Манчестерской ж. дороги, и ко дню торжественнаго открытія ея (15 сентября 1830 года) имѣлось на ней подъ парами 8 паровозовъ, построенныхъ *Stephenson*'ами.

Въ томъ же 1830 году поступилъ на дорогу паровозъ „Planet“ (фиг. 443), построенный *Robert Stephenson*'омъ и служившій въ теченіе многихъ лѣтъ образцомъ англійскихъ паровозовъ **). Съ теченіемъ времени, по мѣрѣ возрастанія требованій къ паровозамъ, пришлось увеличивать размѣры и вѣсъ ихъ и перейти вмѣсто двухъ осей къ тремъ.

Фиг. 443.



Заводъ *Stephenson*'овъ изготовлялъ паровозы и для заграничныхъ дорогъ, европейскихъ и американ-

*) Трубчатый котелъ былъ примѣненъ уже ранѣе къ пароходамъ (1825—26 гг.) и къ паровозамъ (1827 г.) во Франціи *M. Séguin*'омъ (въ 1828 г. былъ взятъ имъ патентъ).

**) Вотъ главные размѣры паровоза „Planet“:

діаметръ цилиндровъ	279	мм.
ходъ поршней	406	мм.
діаметръ движущихъ колесъ	1524	мм.
—·— поддерживающихъ колесъ	1067	мм.
давленіе пара	3,5	атм.
площадь рѣшетки	0,60	кв. м.
поверхность нагрѣва	29,0	кв. м.
полный вѣсъ въ рабочемъ состояніи	9	тон.
Вѣсъ тендера въ рабочемъ состояніи	4	тон.

скихъ. У одного изъ такихъ паровозовъ, типа „Планета“, на американской ж. дорогѣ Mohawk-Hudson, взамѣнъ передней вольной оси, *J. B. Jervis* поставилъ въ 1832 году двухосную телѣжку (*bogie*), и такія телѣжки нашли широкое примѣненіе въ американскихъ паровозахъ, а въ послѣднее время и въ европейскихъ.

Къ 1834 году относятся опыты графа *Pambour*'а на Ливерпуль-Манчестерской ж. дорогѣ надъ паропроизводительностью и работою паровозовъ; результатомъ изслѣдованій и опытовъ *Pambour*'а было его сочиненіе: Traité théorique et pratique des machines locomotives (изданное въ 1835 году, второе изданіе въ 1840 году), гдѣ основательно была разработана теорія паровоза.

Выше было упомянуто, что для желѣзныхъ дорогъ *G. Stephenson* принялъ ширину колеи, существовавшую уже на трамахъ, и ясно сознавалъ всю важность одинаковости ея на всѣхъ дорогахъ, даже такихъ, которыя не примыкали къ другимъ ж. дорогамъ *).

Въ концѣ 30-хъ годовъ была построена ж. дорога Great Western съ шириною колеи въ 7 футъ (въ отличіе отъ этой широкой колеи колея въ $4'8^{1}/_{2}''$, принятая *Stephenson*'омъ, называлась узкою). Эта широкая колея была назначена однимъ изъ лучшихъ инженеровъ того времени, *I. K. Brunel*'емъ, который часто являлся противникомъ и соперникомъ *Stephenson*'амъ. *Brunel* хотѣлъ создать исполинскую дорогу, движеніе по которой производилось бы съ удвоенной скоростью; онъ хотѣлъ соорудить самую лучшую дорогу, какую только могло создать воображеніе **). Въ финансовомъ отношеніи постройка эта оказалась неудачей, но честолюбивые замыслы *Brunel*'я при-

---

*) Когда къ нему обратились за совѣтомъ относительно ширины колеи для двухъ такихъ дорогъ, не имѣвшихъ связи между собою, то онъ сказалъ: „Сдѣлайте ихъ одинаковой ширины; хотя теперь онѣ и далеко другъ отъ друга, будьте увѣрены, когда нибудь онѣ соединятся между собою“.

**) Широкая колея въ 7′ на линіяхъ ж. дороги Great Western исчезла окончательно въ 1892 году, и подвижной составъ, работавшій на ней, исключенъ изъ службы (въ 1850 году были построены *Gooch*'емъ очень сильные паровозы съ одной парой движущихъ колесъ діаметромъ 2440 мм.).

несли пользу развитію техники. Инженеры дорогъ съ узкой колеей напрягли всѣ усилія, чтобы довести скорость своихъ паровозовъ до послѣдней возможности; паровозы подвергались улучшеніямъ и передѣлкамъ; въ механизмѣ ихъ дѣлались упрощенія и усовершенствованія, и въ нѣсколько лѣтъ наибольшая скорость на дорогахъ съ нормальной колеей съ 45 верстъ поднялась до 75 верстъ въ часъ. Быстрота, съ которой шло совершенствованіе паровозныхъ желѣзныхъ дорогъ, въ значительной степени зависѣла отъ того вліянія, которое оказывала смѣлая, предпріимчивая дѣятельность *Brunel*'я на другихъ инженеровъ.

Отличительною чертою этой дѣятельности было то, что *Brunel* твердо вѣрилъ въ успѣхъ плановъ, гдѣ онъ являлся въ качествѣ инженера,—онъ въ широкихъ размѣрахъ вкладывалъ свои сбереженія въ такія дѣла, какъ ж. дорога Great Western, атмосферическая дорога въ Южномъ Девонѣ и пароходъ Great Eastern,—предпріятія, оказавшіяся неудачными въ финансовомъ отношеніи.

Въ половинѣ 40-ыхъ годовъ *Brunel* выступилъ соперникомъ *Stephenson*'овъ по постройкѣ одной изъ желѣзныхъ дорогъ на сѣверѣ Англіи; вмѣсто паровозной ж. дороги онъ предлагалъ атмосферическую, съ трубой вдоль рельсоваго пути, уложенной какъ разъ по срединѣ между рельсами и снабженной прорѣзомъ или щелью по верхней производящей; щель эта закрывалась кожаной полосой, и изъ трубы насосами выкачивался воздухъ съ одной стороны поршня, плотно входившаго въ трубу и прикрѣпленнаго посредствомъ стержня къ рамѣ вагона; этотъ стержень, проходя черезъ верхній прорѣзъ или щель трубы, открывалъ доступъ наружному воздуху въ трубу по другую сторону поршня, и давленіе атмосферы сообщало движеніе поршню и вагонамъ.

Brunel говорилъ, что послѣ многочисленныхъ опытовъ онъ пришелъ къ убѣжденію въ полной примѣнимости атмосферической системы, и что по его мнѣнію она въ большинствѣ случаевъ будетъ экономичнѣе паровозной. „Однимъ словомъ“, говорилъ онъ: „быстрота, удобство, надежность и экономичность, вотъ ея достоинства“.

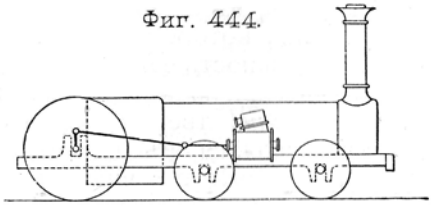
G. Stephenson еще ранѣе имѣлъ случай познако-

миться съ устройствомъ и работой атмосферической дороги и тогда же высказалъ, что изъ этого ничего не выдетъ,—мнѣніе, подтвердившееся затѣмъ на дѣлѣ.

Къ счастію для Атмосферической Компаніи побѣда въ Парламентской борьбѣ осталась за *Stephenson*'ами, и такимъ образомъ была предотвращена огромная непроизводительная затрата капитала.

Стремленіе къ достиженію большой скорости, съ обезпеченіемъ устойчивости паровоза, послужило къ выработкѣ новаго типа паровоза (фиг. 444), на который былъ взятъ патентъ *Crampton*'омъ въ 1846 г.

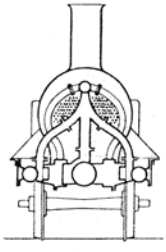
Фиг. 444.



Здѣсь движущія колеса очень большого діаметра, движущая ось расположена позади топки, а цилиндры помѣщены близко къ срединѣ паровоза. Паровозы эти вслѣдствіе малаго сцѣпного вѣса должны были впослѣдствіи (въ 70 годахъ) уступить мѣсто скорымъ паровозамъ другого типа — съ двумя спаренными осями.

Въ томъ же 1846 году *G. Stephenson* и *W. Howe* взяли патентъ на трехцилиндровый паровозъ (фиг. 445); устройство это имѣло цѣлью обезпечить устойчивость паровоза, но вслѣдствіе бо́льшей сложности сравнительно съ двухцилиндровыми машинами успѣха не имѣло.

Фиг. 445.



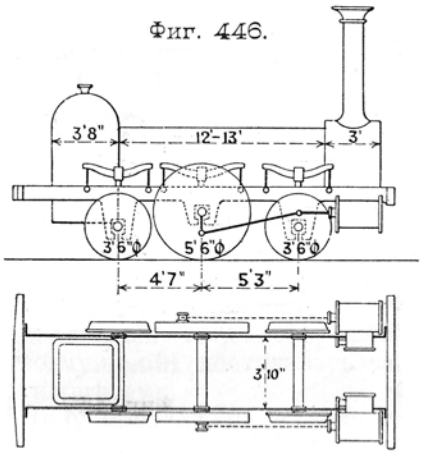
На пароораспредѣленіе въ паровозахъ было обращено особенное вниманіе во Франціи, гдѣ *Clapeyron* въ 1839 году ввелъ въ употребленіе забѣгъ и перекрышу золотника, а *Meyer* въ 1842 году двойной золотникъ.

Въ 1843 году *W. Howe* устроилъ на паровозахъ *Stephenson*'а пароораспредѣлительный приборъ, сдѣлавшійся извѣстнымъ подъ именемъ кулисы *Stephenson*'а и донынѣ примѣняющійся въ широкихъ размѣрахъ. Къ тому же году относится видоизмѣненіе этой кулисы *Gooch*'емъ; въ 1844 году

Walschaert взялъ патентъ на свой парораспредѣлительный механизмъ; въ 1856 году появилась кулиса *Allan*'а, а въ 70-ыхъ годахъ парораспредѣлительный механизмъ *Joy*'я.

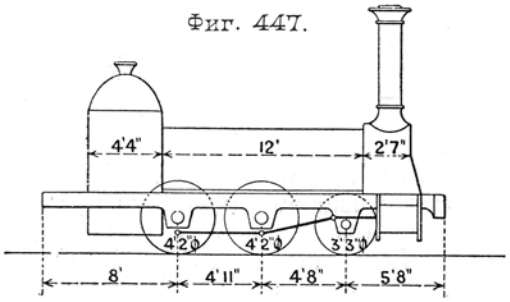
Фигура 446 представляетъ пасажирскій паровозъ

Фиг. 446.



Stephenson'а, относящійся къ 1845 г., съ одной движущей осью; на фигурѣ 447 паровозъ *Stephenson*'а съ

Фиг. 447.

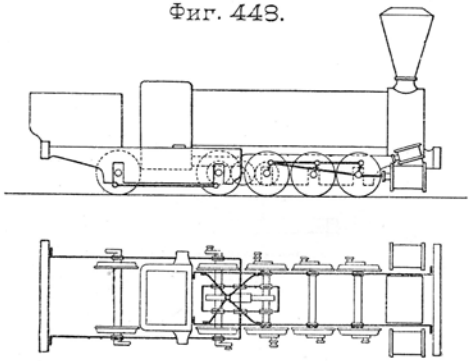


двумя спаренными осями и колесами меньшаго діаметра для товарныхъ и смѣшанныхъ поѣздовъ.

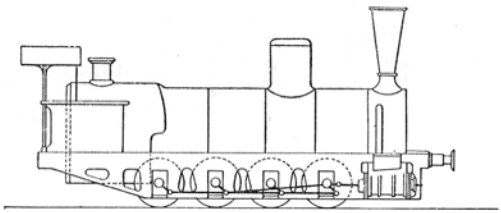
Въ 1850 году постройка горной *Semmering*'ской жел. дороги (наибольшій подъемъ 0,025 на протяженіи 8 верстъ) вызвала конкурсъ на постройку паровозовъ тяжелаго типа, для крутыхъ подъемовъ.

Паровозъ *Engerth*'а (фиг. 448), построенный для *Semmering*'ской желѣзной дороги вскорѣ послѣ этого конкурса, является прототипомъ тяжелыхъ паровозовъ, которые затѣмъ подъ видомъ паровозовъ съ четырьмя спаренными осями (фиг. 449) нашли широкое распространеніе на желѣзныхъ дорогахъ для тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ.

Фиг. 448.



Фиг. 449



Въ 1855 году изобрѣтенъ *Trick*'омъ, инженеромъ на паровозостроительномъ заводѣ *Kessler*'а въ *Esslingen*, золотникъ съ каналомъ.

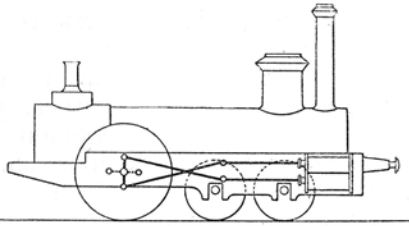
Въ 1857 году американецъ *L. Bissell* усовершенствовалъ поддерживающія поворотныя телѣжки паровозовъ, расположивъ ось вращенія (шкворень) позади, что обезпечило лучшій проходъ паровоза по кривымъ.

Въ 1858 году *Giffard* изобрѣлъ инжекторъ, вытѣснившій почти совершенно питательные насосы при паровозныхъ котлахъ.

Въ 1861 г. построилъ *Haswell* свой скорый паровозъ „Duplex“, обратившій на себя большое вниманіе во время Лондонской всемірной выставки 1862 года

(фиг. 450). Чтобы ослабить нарушенія правильности движенія паровоза, *Haswell* устроилъ четыре цилиндра, мотыли которыхъ были расположены на каждой сторонѣ прямо противоположно другъ другу, а относительно мотылей другой стороны паровоза подъ прямымъ угломъ. Кромѣ того въ этомъ паровозѣ рамы были наружныя съ кривошипными ступицами по системѣ *Hall*'а. Не смотря на вполнѣ удовлетворительные результаты опытныхъ поѣздокъ, паровозъ этотъ не нашелъ распространенія, такъ какъ при практиковавшихся тогда скоростяхъ таже цѣль (ослабленіе возмущеній) достигалась въ достаточной степени противовѣсами.

Фиг. 450.



Въ 1865 году предложенъ *Lechatelier* и устроенъ *Ricour*'омъ паровой тормазъ, дѣйствующій противопаромъ при впрыскиваніи смѣси пара и воды въ паровыпускную полость.

Въ половинѣ 60-хъ годовъ произведены были многочисленные опыты надъ сопротивленіемъ поѣздовъ движенію инженерами Восточной французской ж. дороги (*Vuillemin, Guébhard* et *Dieudonné*, De la résistance des trains et de la puissance des machines, Paris, 1868). Первые опыты по опредѣленію сопротивленія вагоновъ движенію относятся къ 1818 году (*G. Stephenson* и *N. Wood* на Killingworth'ской дорогѣ).

Въ 1870 году съ большимъ успѣхомъ былъ примѣненъ на единственной въ то время въ Англіи узкоколейной Festiniog'ской ж. дорогѣ (съ колеей 2′) восьмиколесный паровозъ *Fairlie* съ двумя отдѣльными механизмами на двухъ поворотныхъ телѣжкахъ (double bogie tank locomotive).

Въ 1876 году построенъ былъ для ж. дороги Bayonne-Biarritz по проекту *A. Mallet* первый паровозъ системы *compound*, и въ настоящее время система эта все болѣе и болѣе распространяется.

Если *Robert Stephenson* говорилъ уже, что паровозъ изобрѣтенъ не однимъ человѣкомъ, а цѣлымъ поколѣніемъ инженеръ-механиковъ *), то теперешніе паровозы являются результатомъ труда и изобрѣтательности многочисленныхъ техническихъ силъ разныхъ странъ и народовъ.

Изъ рукъ *Stephenson*'овъ паровозъ вышелъ вполнѣ разработаннымъ въ основныхъ, существенныхъ своихъ чертахъ; позднѣйшія усовершенствованія касались уже деталей, при чемъ особенное вниманіе обращено было на усиленіе паропроизводительности въ связи съ увеличеніемъ скорости движенія и силы тяги, на улучшеніе сожиганія топлива, на увеличеніе работы (утилизацію) пара, на плавность хода, на легкость прохожденія по кривымъ.

За послѣднее время все болѣе и болѣе распространяется желаніе повысить скорость движенія по желѣзнымъ дорогамъ и возить поѣзда болѣе тяжелаго состава. Это заставляетъ строить паровозы болѣе мощные, для чего прибѣгаютъ къ повышенію рабочаго давленія пара въ котлѣ и къ увеличенію поверхности нагрѣва; вслѣдствіе этого паровозы становятся все тяжеле и тяжеле.

---

*) „*The locomotive is not the invention of one man, but of a nation of mechanical engineers*“.

Приложеніе II.

ГЛАВНѢЙШІЕ РАЗМѢРЫ ПАРОВОЗОВЪ

(ТАБЛИЦЫ).

Въ этихъ таблицахъ приняты слѣдующія обозначенія:

m/n—означаетъ, что изъ всѣхъ n осей паровоза m осей движущихъ;

d—діаметръ цилиндровъ (въ милиметрахъ);

l—ходъ поршней (мм.);

D - діаметръ движущихъ колесъ (мм.);

B—полная колесная база, т. е. разстояніе между крайними осями (мм.);

b—жесткая колесная база, т. е. разстояніе между осями, остающимися постоянно паралельными между собою (мм.);

p—давленіе пара въ котлѣ, дѣйствительное, за вычетомъ наружнаго (въ атмосферахъ);

G—площадь колосниковой рѣшетки (кв. м.);

H_1—поверхность нагрѣва трубокъ (въ кв. м.), опредѣленная по наружному ихъ діаметру (цыфры съ чертой внизу означаютъ, что поверхность нагрѣва опредѣлена по внутреннему очертанію трубокъ);

H—полная поверхность нагрѣва (въ кв. м.), включая топку (цыфры подчеркнутыя означаютъ поверхность соприкасанія съ горячими газами, а не съ водой);

P_0—вѣсъ порожняго паровоза (въ тоннахъ по 1000 килограм.);

P—полный вѣсъ паровоза въ рабочемъ состояніи (или въ службѣ);

P'—сцѣпной вѣсъ (тон.).

Всѣ почти паровозы, относительно которыхъ приведены здѣсь свѣдѣнія, построены въ 90-ыхъ годахъ (съ 1890 по 1899 годъ включительно).

Тамъ, гдѣ это особо не оговорено, подразумѣвается нормальная ширина колеи (у насъ въ Россіи 5′=1524 мм., за границей 1435 мм.=4′8″½).

На схематическихъ фигурахъ вездѣ предполагается, паровозъ повернутъ трубою *вправо*.

ПАРОВОЗЫ СЪ ОТДѢЛЬНЫМИ ТЕНДЕРАМИ

(ДЛЯ ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ НОРМАЛЬНОЙ КОЛЕИ).

---

1. Скорый *) пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *Midland Ry*, очень хорошо разработанный; построенъ въ значительномъ числѣ экземпляровъ. Цилиндры внутренніе, какъ вообще у англійскихъ паровозовъ (за рѣдкими исключеніями). Кулиса *Stephenson*'а.

Въ 1896 году размѣры нѣсколько увеличены діаметръ цилиндровъ 495 мм., діаметръ движущихъ колесъ 2362 мм., площадь рѣшетки 1,98 кв. м., вѣсъ въ рабочемъ состояніи 48,5 тон. Наибольшая скорость, наблюдавшаяся во время движенія,—144,8 килом. въ часъ, что соотвѣтствуетъ 326 оборотамъ движущихъ колесъ въ минуту.

---

*) Быстроходный, курьерскій, *express*.

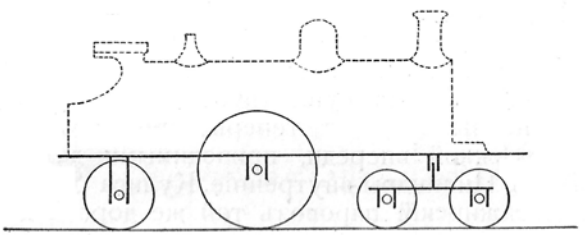
2. Скорый пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *Great Northern Ry,* очень удачной и простой конструкціи. Цилиндры наружные. Кулиса *Stephenson*'а.

Въ послѣднее время размѣры нѣсколько увеличены: діаметръ цилиндровъ 495 мм., діаметръ движущихъ колесъ 2490 мм.

Фиг. 451:

m/n ——— 1/4

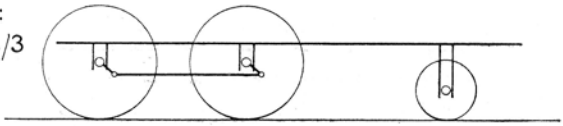
№ 1—3.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
1	470	660	2286	6642	2667	11,3	1,82	104,5	115,4	41,0	44,4	17,8
2	460	710	2477	6984	2641	12,3	1,67	96,0	105,5	42,3	45,5	17,3
3	483	610	2340	7160	2740	11,3	1,93	124,6	136,1	45,9	49,5	18,2

3. Скорый паровозъ Англійской ж. дороги *Great Western Ry*. Цилиндры внутренніе. Ось котла на высотѣ 2320 мм. надъ рельсами (въ подобномъ же паровозѣ Англійской ж. дороги *North Eastern Ry* на 2415 мм., а въ паровозѣ американской ж. дороги *Philadelphia & Reading RR* на 2670 мм. надъ рельсами). Кулиса *Stephenson*'а.

Фиг. 452:
m/n ——— 2/3
№ 4—7.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
4	457	610	2134	5029	2667	12,3	1,67	103,7	113,1	39,5	42,7	28,0
5	444	610	1727	5029	2667	12,3	1,67	102,9	112,3	37,7	41,0	26,6
6	400	560	1730	4500	2500	12,0	1,80	—	103,0	33,0	37,0	25,3
7	440 630	580	1730	5000	2300	12,0	1,80	—	103,0	35,0	39,0	26,7

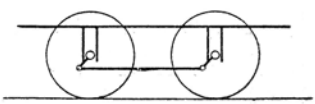
4. Скорый паровозъ Англійской ж. дороги *Great Eastern*—типъ этотъ существуетъ и на другихъ дорогахъ, но вытѣсняется теперь паровозами съ двухосной телѣжкой впереди, приводимыми далѣе (фиг. 454 и 457). Цилиндры внутренніе. Кулиса *Stephenson*'а.

5. Пасажирскій паровозъ той же дороги для участковъ съ болѣе крутыми подъемами. Отъ предыдущаго паровоза главнымъ образомъ отличается тѣмъ, что движущія колеса меньше.

6. Пасажирскій паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Цилиндры наружные. Парораспредѣленіе *Allan*'а.

7. Паровозъ тѣхъ же Прусскихъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Heusinger von Waldegg* (то же, что *Walschaert*'а).

Фиг. 453:
m/n ——— 2/2
№ 8.



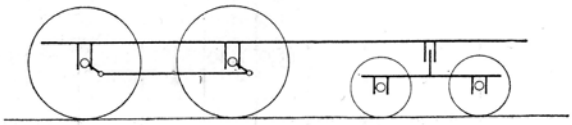
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	F_0	P	P'
8	365	560	1540	2680	2680	12,0	1,00	—	93,0	22,3	25,5	25,5

8. Товаропасажирскій паровозъ Ольденбургскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Типъ мало употребительный.

Фиг. 454.

m/n ——— 2/4

№ 9—33.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
9	432	610	1829	7239	2743	12,7	1,71	116,9	131,3	—	47,4	29,5
10	483	610	2184	7290	2591	13,4	2,86	157,7	179,3	—	56,2	38,0
11	462	660	2032	6944	2362	13,0	3,13	164,1	180,5	—	60,7	41,2
12	483	660	2032	7518	2591	13,4	2,82	201,0	218,6	—	60,7	38,9
13	496	660	1905	7518	2591	13,4	2,82	214,9	233,0	—	62,1	39,5
14	508	660	1981	—	—	13,4	2,77	191,9	208,2	—	60,0	38,9
15	463	660	1980	6730	2730	11,7	1,92	119,4	130,4	—	47,8	31,7
16	483	660	1980	—	—	12,3	1,92	128,4	139,4	—	49,8	32,7
17	4.381	660	2007	—	—	12,3	2,55	121,4	158,0	—	55,4	38,3
18	508	660	2321	7239	2900	12,3	1,86	101,2	113,0	—	51,6	34,9
19	2.318 2.368	610 660	2070	6680	2667	11,6	1,67	101,6	111,9	—	49,5	32,2
20	2.338 2.500	600	2000	6600	2600	12,0	1,87	111,7	121,7	40,0	43,9	26,6
21	2.365 2.547	610	2000	7500	3000	12,0	2,60	135,0	149,0	50,9	56,0	29,7
22	460 670	650	1980	7595	3000	11,0	2,46	133,5	146,0	46,6	51,6	26,5

№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
23	460 680	600	1960	7400	2600	12,0	2,21	110,0	118,8	44,7	50,1	30,0
24	455 670	610	1860	—	—	13,0	2,20	—	119,6	—	52,8	28,3
25	2.340 2.530	640	2130	7330	3000	15,0	2,30	164,2	175,6	46,2	50,9	31,4
26	2.340 2.530	640	2040	7400	2900	14,0	2,40	122,6	133,7	42,4	52,0	33,0
27	470	660	2090	7450	3000	12,0	2,42	146,7	160,3	50,9	56,8	33,4
28	2.340 2.540	620	2000	7250	3000	15,0	2,48	177.0	189,5	51,7	55,7	33,7
29	2.350 2.550	640	2130	7500	3000	14,0	2,46	160,7	175,4	48,9	54,0	32,8
30	2.350 2.550	640 660	2050	7250	3050	15,0	2,52	194,9	207,5	53,0	58,0	34,0
31	440	650	2030	7250	2700	14,0	2,01	147,0	158,1	46,2	50,7	29,8
32	500 740	680	2120	7300	2800	13,0	2,90	144,5	155,5	49,6	56,0	28,8
33	2.340 2.480	650	2000	6300	2400	13,0	3,00	122,9	134,9	50,0	54,4	27,9

9. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Lake Shore & Michigan Southern* (Соединенные Штаты), самый легкій изъ всѣхъ новѣйшихъ американскихъ паровозовъ этого типа, возникшаго въ Соединенныхъ Штатахъ и извѣстнаго тамъ подъ именемъ *American* (или *Eight-wheeler*—восьмиколесный). Паровозъ очень простой конструкціи, движущія колеса чугунныя, поддерживающія — стальныя (соединены въ двухосную

телѣжку — *bogie*). Цилиндры наружные, а кулиса *Stephenson*'а (какъ и вообще у американскихъ паровозовъ).

10. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *New York Central & Hudson River RR.* Цилиндры наружные. Ось котла на 2730 мм. надъ рельсами. Число трубокъ 268 (въ паровозахъ этого типа, построенныхъ въ 1896 году, увеличено до 288). Кулиса *Stephenson*'а.—Наблюдавшаяся наибольшая скорость движенія превышала 160 килом. въ часъ (390 оборотовъ въ минуту для движущихъ колесъ).

11. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Pennsylvania RR.* Цилиндры наружные. Котелъ и топка изъ мягкой стали (какъ и вообще въ американскихъ паровозахъ). Ось котла на 2730 мм. надъ рельсами. Число трубокъ 310. Кулиса *Stephenson*'а.

12. Паровозъ для почтовыхъ поѣздовъ ж. дороги *Chicago & North Western Ry.*

13. Паровозъ для тяжелыхъ пасажирскихъ поѣздовъ той же дороги *C. & N. W.*

14. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Vandalia* (пенсильванской сѣти).

15. Скорый пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *Caledonian Ry*, извѣстный подъ именемъ типа *Dunalastair*. Цилиндры внутренніе. Ось котла на 2360 мм. надъ рельсами. Число трубокъ 265. Ресоры ведущей оси винтовыя (спиральныя цилиндрическія). Всѣ подвѣсныя ресоры ниже осей. Кулиса *Stephenson*'а.

Паровозы этой серіи возятъ на протяженіи въ 242 килом. поѣзда вѣсомъ 172 тонны (не считая паровоза и тендера) съ комерческой скоростью 96 километр. въ часъ, при чемъ линія представляетъ много подъемовъ, доходящихъ до 0,0136. Наибольшая скорость достигала 139 килом. въ часъ (375 оборотовъ въ минуту для движущихъ колесъ, при средней скорости поршня 8,2 метр. въ секунду).

16. Паровозъ той же дороги и того же типа, что *Dunalastair*, но нѣсколько сильнѣе (класъ *Breadalbane*). Тендеръ четырехосный на двухъ телѣжкахъ, вѣсомъ въ рабочемъ состояніи 45,7 тонъ.

Заводомъ *Neilson, Reid & C°* построено пять паровозовъ этого типа для Бельгійскихъ казенныхъ ж. дорогъ.

17. Паровозъ той же дороги, четырехцилиндровый (обыкновеннаго дѣйствія, не компаундъ). Внутренніе цилиндры дѣйствуютъ на переднюю, наружные — на заднюю спаренную ось. Въ верхней части топки расположены накрестъ наклонныя кипятильныя трубки.

18. Скорый пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *North Eastern,* гдѣ *T. W. Worsdell*'омъ введены были двухцилиндровые паровозы *compound*; но замѣстившій его братъ *Wilson Worsdell* предпочелъ перейти къ обыкновенному устройству паровозовъ. Цилиндры внутренніе. Ось котла на 2489 мм. надъ рельсами. Всѣ подвѣсныя ресоры ниже осей; ресоры ведущей оси винтовыя. Кулиса *Stephenson*'а.

Паровозы этой серіи возятъ на протяженіи 130 килом. поѣзда вѣсомъ 250 тон. (не считая паровоза и тендера) съ комерческою скоростью 98,5 килом. въ часъ, при чемъ линія представляетъ много уклоновъ $0{,}004 — 0{,}007$.

19. Скорый пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *Glasgow & South Western Ry*, четырехцилиндровый (обыкновеннаго дѣйствія, не компаундъ). Наружные цилиндры поменьше, внутренніе побольше; всѣ дѣйствуютъ на переднюю спаренную ось.

20. Скорый пасажирскій паровозъ Юго-Западныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый тандемъ-компаундъ. Цилиндры наружные (какъ и вообще на Русскихъ ж. дорогахъ). Кулиса *Stephenson*'а.

21. Скорый пасажирскій паровозъ Правительственнаго заказа для Русскихъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый тандемъ-компаундъ. На цилиндрической части котла два паровыхъ купола. Пораспредѣленіе *Walschaert*'а.

22. Скорый пасажирскій паровозъ С.-Петербурго-Варшавской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Отопленіе дровами. Пораспредѣленіе *Joy*'я. Приспособленіе для троганья съ мѣста автоматическое *Borries*'а.

23. Скорый пасажирскій паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Цилиндры наружные. Всѣ подвѣсныя ресоры ниже осей; ресоры движущихъ осей соединены балансирами. Пораспредѣленіе типа *Walschaert*'а.

24. Скорый пасажирскій паровозъ Баварскихъ ка-

зенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Цилиндры наружные.

25. Скорый пасажирскій паровозъ Французской Сѣверной ж. дороги (*du Nord*), четырехцилиндровый компаундъ. Цилиндры высокаго давленія наружные, низкаго — внутренніе. Ось котла на 2450 мм. надъ рельсами. Кипятильникъ *Ten Brinck*'а замѣненъ кирпичнымъ сводомъ. Трубки *Serve*'а. Пароораспредѣленіе *Walschaert*'а. У движущей колѣнчатой оси, на которую дѣйствуютъ поршни большихъ цилиндровъ, кривошипы круглые (типъ *Worsdell*'а) и расположены подъ угломъ 90° относительно другъ друга; относительно же мотылей прямой оси соотвѣтственно подъ угломъ 162° (вмѣсто 180°). Тендеръ четырехосный на двухъ телѣжкахъ.

26. Скорый пасажирскій паровозъ Французской Западной ж. дороги (*de l'Ouest*), четырехцилиндровый компаундъ. Цилиндры высокаго давленія наружные и дѣйствуютъ на заднюю ось, а цилиндры низкаго давленія внутренніе и дѣйствуютъ на переднюю спаренную ось. Ось котла на 2500 мм. надъ рельсами. Трубки *Serve*'а. Пароораспредѣленіе *Walschaert*'а.

27. Скорый пасажирскій паровозъ Французской Восточной ж. дороги (*de l'Est*), съ котломъ особаго типа (надъ цилиндрической частью котла, которая вся занята трубками—304 шт.—и наполнена водою, находится горизонтальный цилиндрическій резервуаръ для пара, который соединенъ съ цилиндрической частью котла патрубками, а сзади прямо примыкаетъ къ наружной огневой коробкѣ). Кипятильники *Ten Brinck*'а, поставленные первоначально, замѣняются кирпичнымъ сводомъ. Цилиндры наружные. Кулиса *Stephenson*'а.

28. Скорый пасажирскій паровозъ Французской ж. дороги *Paris-Lyon-Méditerranée* (*P.-L.-M.*), четырехцилиндровый компаундъ. Цилиндры высокаго давленія наружные, съ пароораспредѣленіемъ *Walschaert*'а и дѣйствуютъ на заднюю спаренную ось, а цилиндры низкаго давленія внутренніе, съ пароораспредѣленіемъ *Gooch*'а и дѣйствуютъ на переднюю спаренную ось. Трубки *Serve*'а (длиной 3400 мм., наружнымъ діаметромъ 65 мм.). Передней части (у дымовой коробки и трубы), а также передней стѣнкѣ будки машиниста

придана не плоская форма, а съ острой гранью для уменьшенія сопротивленія воздуха.

29. Скорый пасажирскій паровозъ Французской Южной ж. дороги (*du Midi*), четырехцилиндровый компаундъ. Цилиндры высокаго давленія наружные и дѣйствуютъ на заднюю ось, а цилиндры низкаго давленія внутренніе и дѣйствуютъ на переднюю спаренную ось. Ось котла на 2450 мм. надъ рельсами. Трубки *Serve*'а (111 шт., длиною 3900 мм., наружнымъ діаметромъ 70 мм.). Парораспредѣлительный механизмъ *Walschaert*'а, замѣчательно легкій.

30. Скорый паровозъ Французской Восточной ж. дороги (*de l'Est*), четырехцилиндровый компаундъ. Трубки *Serve*'а (140 шт., длиною 3800 мм., діаметромъ 78 мм.). Объемъ воды въ котлѣ при уровнѣ на 100 мм. выше неба топки 4,61 куб. м., объемъ пара 2,11 куб. м.

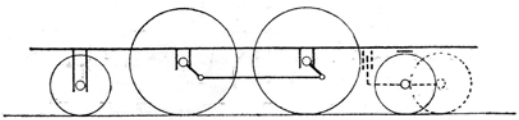
31. Скорый пасажирскій паровозъ Французскихъ казенныхъ ж. дорогъ (*de l'Etat*). Передней части у дымовой коробки и у будки машиниста приданъ заостренный видъ для ослабленія сопротивленія воздуха. Трубки *Serve*'а (длиной 3580 мм., наружнымъ діаметромъ 65 мм.). Золотники цилиндрическіе и на золотниковыхъ коробкахъ воздушные клапаны *Ricour*'а. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Тендера двухъ типовъ: двухосный вѣситъ въ рабочемъ состояніи 28 тон. (съ 5 тон. угля и 10 куб. м. воды), четырехосный на двухъ телѣжкахъ—50,5 тон. (съ 9 тон. угля и 20 куб. м. воды).

32. Скорый пасажирскій паровозъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Цилиндры наружные. Ось котла на 2580 мм. надъ рельсами. На цилиндрической части котла два купола, соединенныхъ между собой горизонтальной трубой. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

При испытаніяхъ везъ поѣздъ вѣсомъ 210 тон. со скоростью 58 килом. въ часъ по подъему 0,010 (длиною 13 килом.) и со скоростью выше 100 килом. на подъемахъ 0,002—0,003.

33. Скорый пасажирскій паровозъ Венгерскихъ казенныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый компаундъ (вѣрнѣе—тандемъ-Вульфъ). Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

Фиг. 455:
m/n ____ 2/4
№ 34—38.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
34	440	650	2000	5800	3900	15,0	1,74	127,8	138,9	44,8	48,3	28,8
35	500	600	2100	6560	4460	10,0	4,70	132,0	144,5	48,0	51,6	32,1
36	2.330 2.559	660	2140	7498	4355	12,7	2,30	—	137,4	—	57,5	37,7
37	2.330 2.559	610	1981	7112	4200	12,7	7,07	117,2	133,3	52,4	58,8	37,5
38	483	660	2140	7390	—	14,0	4,12	129,0	147,0	—	62,0	39,0

34. Скорый пасажирскій паровозъ Французской ж. дороги *Paris-Orléans*. Цилиндры наружные. Кипятильникъ *Ten Brinck*'а. Топка мѣдная. Трубки латунныя. На цилиндрической части котла два купола, соединенныхъ между собой горизонтальной трубою. На паропроводной трубѣ расширитель, благодаря которому паръ изъ котла, гдѣ давленіе 15 атм., впускается въ цилиндры при давленіи 12 атм. Передняя поддерживающая ось съ наклонными плоскостями. Кулиса *Gooch*'а.

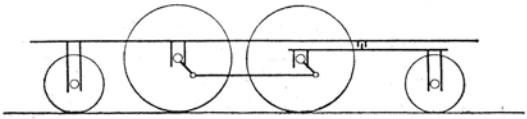
35. Скорый пасажирскій паровозъ Бельгійскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Передняя ось съ радіальными буксами. Пароraспредѣленіе *Walschaert*'а.

36. Скорый пасажирскій паровозъ, выпущенный заводомъ *Baldwin* въ Филадельфіи подъ именемъ *Columbia*. Четырехцилиндровый *compound* системы *Vauclain*. Впереди *bissel*.

37. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Philadelphia & Reading RR*. четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*. Ось котла на 2590 мм. надъ рельсами. Топка *Wootten*. Впереди *bissel*. Кулиса *Stephenson*'а.

38. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Chicago, Burlington & Quincy RR*. Впереди *bissel*.

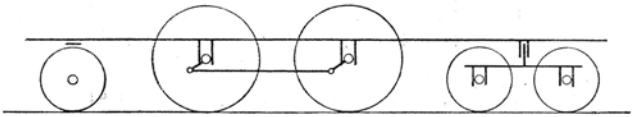
Фиг. 456:
m/n ——— 2/4
№ 39.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
39	435	600	1855	6200	1800	12,0	1,80	—	113,0	43,0	47,0	27,3

39. Скорый пасажирскій паровозъ Пфальцскихъ ж. дорогъ. Передняя поддерживающая ось соединена съ передней спаренной осью въ телѣжкѣ *Krauss*'а. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

Фиг. 457:
m/n ——— 2/5
№ 40—51.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
40	482	610	2140	8160	4480	14,4	7,06	—	155,6	—	64,9	35,7
41	2.330 2.560	660	1950	7650	4050	13,0	2,84	192,6	208,7	—	63,3	32,2
42	483	660	1930	7310	3960	11,3	5,94	193,4	207,2	—	64,0	37,2
43	476	660	2140	8050	2210	12,7	7,07	152,8	170,5	—	64,0	36,3
44	521	660	2032	8090	2261	—	6,43	—	215,5	—	78,7	46,1
45	2.343 2.584	660	2140	—	—	14,8	3,25	—	209,0	—	72,2	39,0
46	470	600	1960	8350	2300	13,0	2,87	140,2	152,3	53,8	59,7	27,5
47	490	570	1989	8700	2050	13,0	2,81	—	171,7	—	58,5	30,0
48	483	610	2019	8026	—	12,3	—	108,0	121,0	—	59,0	31,5
49	483	660	2210	8458	—	12,3	2,42	174,4	190,7	—	59,7	35,6
50	483	660	2134	8839	4571	12,3	3,00	148,2	164,0	—	66,5	29,5
51	2.340 2.560	640	2040	8200	4550	16,0	2,74	193,3	208,5	57,5	63,0	33,0

40. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Philadelphia & Reading RR*, извѣстный подъ именемъ типа *Atlantic* (типъ все болѣе и болѣе распространяющійся). Четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*. Топка *Wootten*. Кулиса *Stephenson*'а.

41. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Chicago, Milwaukee & St. Paul*. Четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*. Кулиса *Stephenson*'а.

42. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Lehigh Valley RR* (Соединенные Штаты). Топка *Wootten*. Кулиса *Stephenson*'а.

43. Скорый пасажирскій паровозъ ж. дороги *Central RR of New Jersey* (*U. S. A.*). Топка *Wootten*. Кулиса *Stephenson*'а.

44. Скорый пасажирскій паровозъ типа *Atlantic* ж. дороги *Pennsylvania RR* (*U. S. A.*).

45. Паровозъ типа *Atlantic* ж. дороги *Chicago, Burlington & Quincy RR*, четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*.

46. Скорый пасажирскій паровозъ Австрійской ж. дороги *Kaiser Ferdinand Nordbahn*. Ось котла на 2500 мм. надъ рельсами. На цилиндрической части котла два паровыхъ купола; въ переднемъ изъ нихъ регуляторъ съ наружнымъ приводомъ. Подвѣсныя ресоры Бельгійскаго типа, безъ фабричной стрѣлы. Задняя ось вольно поворотная (*freie Lenkachse*). Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

47. Скорый пасажирскій паровозъ Пфальцскихъ ж. дорогъ. Цилиндры внутренніе.

48. Скорый пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *Great Northern Ry*.

49. Скорый пасажирскій паровозъ Англійской ж. дороги *Lancashire & Yorkshire Ry*. Ось котла на 2718 мм. надъ рельсами.

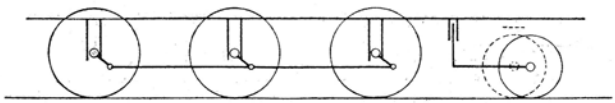
50. Скорый пасажирскій паровозъ Нидерландскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Трубки *Serve*'а.

51. Скорый пасажирскій паровозъ Французской Сѣверной ж. дороги (*du Nord*), четырехцилиндровый компаундъ. Ось котла на 2520 мм. надъ рельсами. Трубки *Serve*'а. Колѣнчатая ось типа *Worsdell*'а. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

Фиг. 458:

m/n ——— 3/4

№ 52—63.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
52	508	711	1600	7086	4623	13,4	2,80	180,9	196,1	—	65,4	56,4
53	508	610	1727	6929	4580	12,7	5,15	140,3	157,2	—	53,8	45,6
54	457	610	1524	6756	4496	12,7	1,54	115,9	127,5	—	45,5	37,7
55	508	711	1448	7086	4623	12,7	2,81	179,7	196,1	—	64,5	55,8
56	480 720	650	1900	7440	4440	11,0	2,20	152,0	163,0	52,0	57,4	43,9
57	482	650	1800	7050	4340	11,0	2,30	149,9	161,2	47,9	52,4	40,0
58	520 740	632	1290	5500	2900	13,4	2,69	134,7	144,7	—	53,5	43,1
59	480	600	1500	5800	3460	11,0	1,74	162,8	174,6	46,1	51,5	39,1
60	500 2.540	600	1520	6310	3900	14,0	2,30	116,0	128,0	—	54,8	44,5
61	450 640	650	1600	6000	3520	12,0	1,70	130,0	138,6	—	47,7	36,7
62	480	660	1550	—	—	12,0	1,75	—	130,7	—	50,0	40,5
63	480 680	630	1350	6300	4000	12,0	2,29	127,2	137,9	43,0	49,2	40,0

52. Паровозъ для ускоренныхъ тяжелыхъ пасажирскихъ поѣздовъ и для ускоренныхъ товарныхъ ж. дороги *New York, New Haven & Hartford RR.*

Типъ американскій, извѣстный подъ именемъ *Mogul*. Впереди *bissel*. Парораспредѣленіе *Stephenson*'а.

53. Подобный же паровозъ ж. дороги *New York, Lake Erie & Western RR*. Парораспредѣленіе *Stephenson*'а.

54. Подобный же паровозъ изъ числа поставленъ заводомъ *Baldwin* Англійской ж. дорогѣ *Midland Ry*.

55. Товарный паровозъ типа *Mogul* ж. дороги *New York Central & Hudson River RR*.

56. Скорый пасажирскій паровозъ Николаевской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Отопленіе дровяное (при нефтяномъ вѣсъ больше). Передняя поддерживающая ось съ радіальными буксами. Парораспредѣленіе *Joy*'я.

57. Пасажирскій паровозъ Московско-Ярославской ж. дороги. Впереди одноосная телѣжка (*bissel*); давленіе на ось передается посредствомъ двухъ бабокъ, постепенно утоняющихся къ низу. Парораспредѣленіе *Joy*'я.

58. Паровозъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ, типа *Mogul*, двухцилиндровый компаундъ. Передняя ось съ радіальными буксами. На цилиндрической части котла два паровыхъ купола, соединенныхъ горизонтальной трубой. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

59. Паровозъ ж. дороги *Paris-Orléans*. Цилиндры наружные. Передняя ось съ наклонными плоскостями. Парораспредѣленіе *Stephenson*'а.

60. Паровозъ типа *Mogul* Швейцарской ж. дороги *Jura-Simplon*, трехцилиндровый компаундъ. Цилиндръ высокаго давленія внутри, цилиндры низкаго снаружи рамы. Мотыли подъ угломъ 120° другъ къ другу. Передняя поддерживающая ось съ радіальными буксами. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

61. Паровозъ ж. дороги Швейцарскаго Союза, двухцилиндровый компаундъ. Цилиндры наружные. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а (съ прямолинейной кулисой, подвѣшенной нѣсколько выше середины). Для троганья съ мѣста приспособленіе *Lindner*'а.

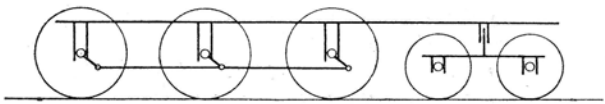
62. Паровозъ ж. дороги *Central Suisse*. Цилиндры наружные.

63. Товарный паровозъ Прусскихъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Для троганья съ мѣста приспособленіе *Borries*'а (по принципу *Mallet*).

Фиг. 459:

m/n ——— 3/5

№ 64—91.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
64	508	660	1829	7214	4064	—	2,97	195,6	207,7	—	62,6	49,2
65	2.381 2.635	635	1981	8001	4419	14,1	3,20	239,3	255,3	—	68,0	50,4
66	533	711	1829	7950	4445	14,0	3,23	205,0	222,9	—	71,7	55,0
67	457	660	1854	—	—	14,8	2,32	168,4	183,5	—	61,7	46,3
68	533	660	1981	7470	4166	13,4	3,27	185,8	204,0	—	68,0	53,6
69	2.356 2.610	660	1829	7997	4270	12,0	1,86	153,7	163,3	57,3	63,0	43,8
70	500 730	650	1830	8030	4310	12,0	2,16	141,5	152,3	56,7	63.7	43,8
71	500 730	650	1830	8030	4310	11,5	2,15	154,7	165,8	54,5	59,5	38,5
72	500 730	600	1700	7840	2150	12,0	2,30	153,1	165,8	53,7	58,7	38,2
73	2.380 2.570	650	1940	8350	4100	15,0	3,00	155,0	166,7	57,5	66,5	43,5
74	508	711	1600	7404	4115	12,7	2,60	—	213,7	—	71,7	56,3
75	495	762	1575	—	—	12,7	3,10	—	201,9	—	69,9	54,5
76	508	610	1524	7112	3810	—	2,69	181,4	195,9	—	66,1	49,8
77	457 724	610	1422	7048	2438	12,7	2,14	108,5	119,0	—	46,3	34,7
78	508	660	1829	8204	4775	14,0	3,11	210,8	229,5	—	74,9	56,7
79	508	660	1861	—	—	14,0	2,14	—	164,3	—	67,0	50,8
80	510	660	1610	7620	4040	12,3	2,10	144,8	155,3	—	56,0	42,0
81	508	610	1372	—	—	11,6	3,25	200,2	210,9	—	—	—

№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
82	510	660	1680	8450	4700	12,0	2,60	151,0	163,9	53,4	59,5	44,2
83	2.350 2.550	640	1750	7600	3900	15,0	2,49	16,91	181,7	54,8	60,1	44,3
84	2.350 2.550	640	1750	7550	3900	15,0	2,34	169,6	180,7	—	58,6	42,5
85	2.340 2.540	650	1650	7885	3930	15,0	2,48	177,0	189,5	55,0	59,0	43,5
86	2.360 2.590	650	1500	7875	3840	15,0	2,46	144,0	154,2	54,1	57,9	43,0
87	2.370 2.590	600	1600	7470	3520	15,0	2,40	141,0	153,8	57,3	63,7	45,9
88	500	620	1540	6750	—	13,0	2,85	172,7	184,0	—	60,2	42,0
89	510 750	650	1600	7170	3450	13,0	2,60	137,5	148,9	52,6	57,7	42,7
90	2.350 2.550	640	1600	7450	—	12,0	2,10	117,3	128,4	50,5	55,5	40,2
91	530 810	720	1820	8460	3900	14,0	3,10	173,6	188,8	63,2	69,8	43,0

64. Паровозъ для ускоренныхъ тяжелыхъ пасажирскихъ поѣздовъ ж. дороги *Terre Haute & Indianapolis RR* (*U. S. A.*). Американскій типъ, извѣстный подъ именемъ *Ten-wheeler* (десятиколесный).

Со скоростью 65 килом. въ часъ паровозы эти возили на горизонтальномъ пути поѣзда въ 513 тон., на подъемѣ 0,003—363 тон., на подъемѣ 0,005—272 тон., на подъемѣ 0,008—163 тон.

65. Два одинаковыхъ во всѣхъ отношеніяхъ (кромѣ цилиндровъ) паровоза, поставленные заводомъ *Baldwin* на ж. дорогу *Fitchburg Ry* (*U. S. A.*) подъ условіемъ возить поѣзда въ 325 тон. со скоростью 64 килом. въ часъ по подъему 0,00114. У одного паровоза четыре цилиндра (компаундъ системы *Vauclain*), у другого—два, діаметромъ 533 мм. при ходѣ поршней 660 мм. Двухцилиндровый паровозъ вѣситъ въ рабо-

чемъ состояніи 66,9 тон., а сцѣпной его вѣсъ 50,1 тон.

66. Пасажирскій паровозъ для ускоренныхъ тяжелыхъ поѣздовъ ж. дороги *Southern Ry* (*U. S. A*). Число трубокъ 295, наружнымъ діаметромъ 51 мм. и длиною 4400 мм.

67. Подобный же паровозъ ж. дороги *Great Northern Ry* (*U. S. A.*).

68. Подобный же паровозъ ж. дороги *Baltimore & Ohio RR.* Такихъ паровозовъ на дорогѣ двѣ серіи: одна съ діаметромъ движущихъ колесъ 1981 мм. и съ цилиндрами діаметромъ 533 мм., другая—1727 мм. и 508 мм. соотвѣтственно.

69. Подобный же паровозъ завода *Baldwin* для Русскихъ ж. дорогъ (Московско-Кіево-Воронежской, Московско-Курской, Юго-Восточныхъ). Четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*. Парораспредѣленіе *Stephenson*'а.

70. Паровозъ Владикавказской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Для трогань я съ мѣста приспособленіе *Lindner*'а.

71. Паровозъ Рязанско-Уральской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Joy*'я. Для трогань я съ мѣста приспособленіе *Lindner*'а.

72. Паровозъ Московско-Казанской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Впереди двухосная телѣжка съ люлькой. Разстояніе между крайними движущими осями 4120 мм., но у передней движущей оси шины безъ гребней (шириною 160 мм.).

73. Скорый пасажирскій паровозъ адріатической сѣти Итальянскаго общества Южныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый компаундъ. Топка впереди, надъ двухосной телѣжкой; по бокамъ котла помѣщенія (4 куб. м.) для каменнаго угля. Тендеръ трехосный въ видѣ цистерны для воды (15 куб. м.).

74. Товарный паровозъ ж. дороги *Illinois Central Ry* (*U. S. A.*).

75. Паровозъ ж. дороги *Lake Shore & Michigan Southern Ry* (*U. S. A.*). Число трубокъ 286.

76. Товарный паровозъ ж. дороги *Missouri Pacific* (*U. S. A.*).

77. Товарный паровозъ ж. дороги *Lakee Shor &*

Michigan Southern, двухцилиндровый компаундъ. Кулиса *Stephenson*'а.

78. Пасажирскій паровозъ для тяжелыхъ ускоренныхъ поѣздовъ ж. дороги *Grand Trunk Ry* (*Canada*). Продольные швы котла въ 6 рядовъ заклепокъ. Ось котла на 2680 мм. надъ рельсами. Пароораспредѣленіе *Stephenson*'а.

79. Подобный же паровозъ Англійской ж. дороги *North Eastern Ry*.

Наибольшая наблюдавшаяся скорость 108 килом. въ часъ.

80. Паровозъ для ускоренныхъ товарныхъ поѣздовъ Англійской ж. дороги *Highland Ry*. Конструкція отличается простотою. Цилиндры наружные, съ наклономъ въ $^1/_{24}$ къ рельсовому пути. Кулиса *Stephenson*'а.

81. Паровозъ для угольныхъ поѣздовъ Англійской ж. дороги *Great Western*. Трубки *Serve*'а. Вѣсъ паровоза съ тендеромъ 93 тон.

82. Паровозъ для тяжелыхъ пасажирскихъ и ускоренныхъ товарныхъ поѣздовъ Французской Западной ж. дороги (*de l'Ouest*). Трубки *Serve*'а. Пароораспредѣленіе *Walschaert*'а.

83. Паровозъ Французской ж. дороги *du Midi*, четырехцилиндровый компаундъ. Такіе же паровозы другой серіи отличаются только діаметромъ движущихъ колесъ (1600 мм. вмѣсто 1750). Ось котла на 2420 мм. надъ рельсами. Трубки *Serve*'а. Колѣнчатая ось типа *Worsdell*'а. Пароораспредѣленіе *Walschaert*'а.

84. Подобный же паровозъ Французской ж. дороги *du Nord*.

85. Паровозъ Французской ж. дороги *Paris-Lyon-Méditerranée*, четырехцилиндровый компаундъ. Трубки *Serve*'а. Пароораспредѣленіе снаружи *Walschaert*'а, внутри *Gooch*'а.

86. Паровозъ той же дороги *P.-L.-M.*, съ колесами меньшаго діаметра. Четырехцилиндровый компаундъ. Трубки *Serve*'а. Пароораспредѣленіе *Walschaert*'а.

87. Паровозы компаундъ Готардской ж. дороги (Швейцарія), одинъ четырехцилиндровый, другой съ тремя цилиндрами (діаметръ средняго 440 мм., остальныхъ двухъ 480 мм.). Котелъ снабженъ двумя водо-

мѣрными трубками, тремя инжекторами, четырьмя предохранительными клапанами. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

88. Скорый пасажирскій паровозъ для участковъ съ крутыми подъемами (0,025) Австрійской Южной ж. дороги (*Südbahn*). Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

89. Паровозъ Венгерскихъ казенныхъ ж. дорогъ для пасажирскихъ и товаропасажирскихъ поѣздовъ на участкахъ съ крутыми подъемами (0,025). Двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

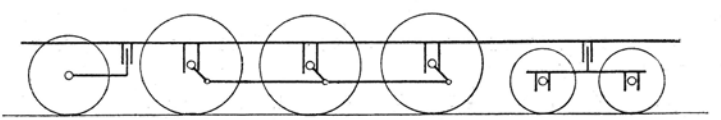
90. Паровозъ Баденскихъ казенныхъ ж. дорогъ для линіи съ многочисленными подъемами въ 0,018—0,020 и съ частыми кривыми радіуса 285—300 метр.

91. Паровозъ двухцилиндровый компаундъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ для горныхъ участковъ съ подъемами 0,014—0,018—0,022 и съ кривыми радіуса до 206 метр. Вмѣсто парового купола—цилиндрическій горизонтальный резервуаръ, соединенный съ котломъ двумя патрубками. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

Фиг. 460:

m/n ——— 3/6

№ 92.



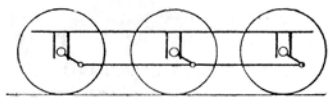
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
92	533 787	660	1981	9074	4115	14,0	2,60	147,0	168,0	—	65,0	40,2

92. Паровозъ для скорыхъ тяжелыхъ поѣздовъ ж. дороги *Chicago, Milwaukee & Saint-Paul.*

Фиг. 461.

m/n ——— 3/3

№ 93—106.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
93	457	660	1546	4780	4780	11,3	1,75	102,5	112,5	38,1	42,8	42,8
94	470	650	1400	4220	4220	13,0	2,59	103,6	115,3	42,6	48,6	48,6
95	480 680	630	1330	3400	3400	12,0	1,50	—	116,0	34,5	40,3	40,3
96	460 650	630	1340	—	—	12,0	1,53	117,0	124,8	34,5	40,3	40,3
97	480 685	612	1230	—	—	12,0	1,40	110,1	117,9	33,5	39,6	39,6
98	500 705	630	1340	—	—	13,0	1,66	106,9	114,3	37,8	42,1	42,1
99	480 700	610	1390	—	—	12,0	1,41	106,8	116,1	37,6	42,7	42,7
100	500 700	635	1262	—	—	12,0	1,60	113,2	121,2	38,0	41,8	41,8
101	500 740	632	1290	3160	3160	12,0	1,80	—	120,0	37,2	42,0	42,0
102	485 700	650	1440	—	—	13,0	2,10	102,7	111,5	38,8	42,5	42,5
103	480	650	1330	3700	3700	10,0	1,80	—	150,2	—	43,6	43,6
104	480	640	1330	3770	3770	12,0	1,82	—	134,2	—	46,8	46,8
105	460	610	1296	3363	3363	10,6	2,10	—	118,8	—	44,9	44,9
106	483	660	1321	—	—	12,0	1,75	—	187,6	—	56,3	56,3

93. Товарный паровозъ Англійской ж. дороги *Lancashire & Yorkshire Ry* (всѣ почти товарные паро-

возы на Англійскихъ ж. дорогахъ трехосные, безъ вольныхъ осей). Цилиндры внутренніе. Парораспредѣленіе *Joy*'я.

94. Товарный паровозъ Французской Восточной ж. дороги (*de l'Est*). Цилиндры внутренніе. Трубки *Serve*'а. Кулиса *Stephenson*'а.

95 и 96. Товарные паровозы Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровые компаундъ. Приспособленіе для троганья съ мѣста автоматическое *Borries*'а. У такихъ же паровозовъ обыкновеннаго дѣйствія діаметръ цилиндровъ 450 мм.

97. Товарный паровозъ Вюртембергскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Приспособленіе для троганья съ мѣста автоматическое *Borries*'а.

98. Товарный паровозъ Баварскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Приспособленіе для троганія съ мѣста *Krauss*'а (въ принципѣ аналогично съ приспособленіемъ *Lindner*'а).

99. Товарный паровозъ Саксонскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Приспособленіе для троганія съ мѣста *Lindner*'а.

100. Товарный паровозъ Баденскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Приспособленіе для троганія съ мѣста *Gölsdorf*'а (по принципу *Lindner*'а).

101. Товарный паровозъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Приспособленіе для троганья съ мѣста *Gölsdorf*'а.

102. Товарный паровозъ Венгерскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Для троганья съ мѣста приспособленіе *Gölsdorf*'а.

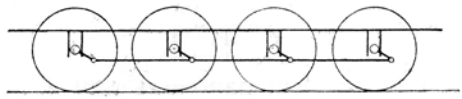
103. Товарный паровозъ Швейцарской ж. дороги *Jura-Simplon*. Цилиндры наружные. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

104. Товарный паровозъ Швейцарской Сѣверо-Восточной ж. дороги. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

105. Станціонный паровозъ американскаго завода *Schenectady Locomotive Works*. Подобные паровозы и для пригородныхъ поѣздовъ.

106. Подобный же паровозъ ж. дороги *Lake Shore & Michigan Southern* (*U. S. A.*).

Фиг. 462:
m/n ——— 4/4
№ 107—113.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
107	2.340 2.520	650	1300	4770	4770	15,0	2,05	191,7	202,9	47,8	51,7	51,7
108	2.360 2.540	650	1260	4050	4050	15,0	2,18	146,7	157,7	51,6	57,1	57,1
109	2.360 2.590	650	1500	5730	5730	15,0	2,46	143,3	153,3	49,9	53,7	53,7
110	503 730	650	1200	3890	3890	11,5	1,85	141,9	152,6	45,7	51,7	51,7
111	520 750	630	1250	4480	4480	12,0	2,25	130,4	141,0	45,9	52,2	52,2
112	520	610	1220	4600	4600	13,0	2,90	155,6	168,1	50,3	56,2	56,2
113	2.380 760	610	1360	5460	5460	12,3	1,90	127,7	138,4	43,8	49,4	49,4

107. Товарный паровозъ Французской ж. дороги *Paris-Lyon-Méditerranée*, четырехцилиндровый компаундъ. Трубки *Serve*'а. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

108. Товарный паровозъ Французской ж. дороги *P.-L.-M.*, четырехцилиндровый компаундъ, болѣе сильный. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

109. Паровозъ для ускоренныхъ товарныхъ поѣздовъ ж. дороги *P.-L.-M.*, четырехцилиндровый компаундъ. Цилиндры высокаго давленія внутренніе, низкаго—наружные. Трубки *Serve*'а. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

110. Товарный паровозъ нормальнаго типа Русскихъ ж. дорогъ; двухцилиндровый компаундъ. Парораспредѣленіе *Joy*'я. Приспособленіе для троганія съ мѣста *Lindner*'а или *Mallet*.

111. Товарный паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ. Цилиндры наружные съ наклономъ въ $^1/_{20}$ къ рельсовому пути. Кулиса *Stephenson*'а.

112. Товарный паровозъ Венгерскихъ казенныхъ

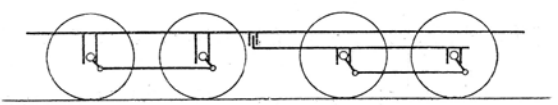
ж. дорогъ для линій съ крутыми подъемами. Цилиндры и рамы наружные. Пароораспредѣленіе *Walschaert*'а.

113. Товарный паровозъ для угольныхъ поѣздовъ Англійской ж. дороги *London & North Western*, трехцилиндровый компаундъ системы *Webb*'а. Ось котла на 2400 мм. надъ рельсами. Кулиса *Stephenson*'а.

Фиг. 463:

$$m/n ____ (2/2 + 2/2)$$

№ 114—118.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
114	2.400 2.600	600	1260	5800	1750	12,0	1,95	132,1	142,2	49,3	54,4	54,4
115	2.390 2.600	600	1260	5800	1750	13,0	1,96	127,5	137,9	50,2	56,1	56,1
116	2.415 2.635	630	1330	5905	1730	14,0	2,07	113,4	122,4	50,6	56,2	56,2
117	2.420 2.650	600	1240	5750	1700	12,0	2,00	130,4	141,3	53,6	59,6	59,6
118	2.355 2.580	610	1220	5800	1750	13,0	2,60	154,6	166,9	49,5	56,0	56,0

114. Паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ (Кельнской дирекціи), четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*.

115. Такой же паровозъ Баденскихъ казенныхъ ж. дорогъ.

116. Подобный же паровозъ Баварскихъ и Пфальцскихъ ж. дорогъ.

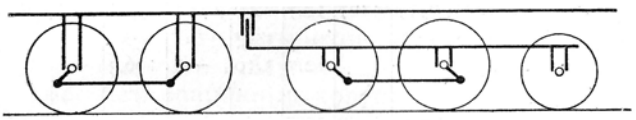
117. Подобный же паровозъ Саксонскихъ казенныхъ ж. дорогъ.

118. Подобный же паровозъ Венгерскихъ казенныхъ ж. дорогъ.

Фиг. 464.

m/n ——— (2/2+2/2)

№ 119.



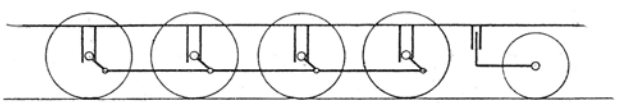
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
119	2.400 2.635	630	1340	8200	1730	15,0	2,65	145,5	167,4	60,5	67,0	56,0

119. Паровозъ Баварскихъ казенныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*.

Фиг. 465.

m/n ——— 4/5

№ 120—141.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
120	508	610	1270	5153	4137	11,2	3,00	—	124,0	—	57,0	51,0
121	597	711	1422	7912	—	13,0	3,00	252,7	271,0	—	89,8	80,3
122	559	711	1422	7544	5042	13,0	3,00	—	235,1	—	80,7	75,5
123	2.432 2.711	762	1575	—	—	14,0	—	—	—	—	—	—
124	2.457 2.762	762	1397	7264	4572	14,0	8,36	361,4	381,4	—	102,1	91,7
125	584	813	1372	7315	4750	14,0	3,10	289,5	308,6	—	104,3	94,4
126	559	710	1372	7061	4572	12,7	3,12	198,1	215,3	—	76,2	70,3

№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
127	559 813	660	1295	6579	4267	12,7	2,89	174,5	190,1	61,5	67,6	59,9
128	533	660	1300	—	—	12,7	3,10	—	196,3	—	71,1	65,3
129	521	711	1422	—	—	12,7	3,00	—	202,8	—	71,0	62,8
130	584 864	864	1397	7086	4470	15,8	3,25	—	271,6	—	85,8	76,7
131	584 889	864	1448	—	—	15,5	3,28	251,7	271,3	—	87,5	78,5
132	559	762	1422	—	—	14,0	3,20	—	260,2	—	84,0	74,9
133	508	610	1295	7010	4699	12,7	2,98	177,5	196,1	—	65,8	59,4
134	584 889	813	1422	7468	4724	14,0	3,23	240,0	258,1	—	84,3	75,2
135	2.343 2.584	660	1270	6502	4089	12,0	2,44	168,4	181,5	53,9	59,9	52,9
136	530 750	650	1250	6750	4400	12,0	2,48	167,2	180,8	55,8	62,7	52,1
137	2.400 2.600	600	1270	6900	4350	12,0	2,54	158,7	171,7	54,0	60,5	53,0
138	514 813	660	1295	6858	4419	14,0	3,00	171,4	185,4	—	64,7	57,3
139	533	660	1295	—	—	11,3	2,76	190,0	204,4	—	66,7	60,4
140	540 800	632	1229	7600	4300	13,9	3,37	—	227,0	60,0	66,5	56,2
141	530 750	630	1250	7820	—	12,0	2,28	133,2	144,1	49,7	56,7	50,5

120. Товарный паровозъ для тяжелыхъ поѣздовъ ж. дороги *Pennsylvania RR;* типъ американскій, извѣстный подъ именемъ *Consolidation.* Изъ спаренныхъ осей только у двухъ крайнихъ шины съ гребнями, у остальныхъ двухъ безъ закраинъ (гребней). Впереди *bissel.* Цилиндры наружные. Кулиса *Stephenson*'а.

121 и 122. Новѣйшіе паровозы той же дороги: первый для короткихъ горныхъ участковъ, второй

для обыкновеннаго товарнаго движенія. Число трубокъ 369.

123. Два паровоза, построенные заводомъ *Baldwin* для ж. дороги *Lehigh Valley RR*: одинъ съ двумя цилиндрами обыкновеннаго дѣйствія (діаметромъ 533 мм.), другой—четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*. Назначаются для поѣздовъ въ 2000 тон. Всѣ спаренныя колеса съ гребнями, но для крайнихъ движущихъ осей зазоръ между рельсами и закраинами шинъ на 6 мм. больше, чѣмъ у среднихъ осей.

124. Тяжелый паровозъ той же дороги для движенія съ поѣздами въ 1000 тон. (не считая паровоза и тендера) по подъемамъ 0,0115 со скоростью 27,4 килом. въ часъ. Діаметръ котла 2032 мм. (обыкновенно бываетъ 1400—1500 мм.)

125. Подобный же паровозъ ж. дороги *Union RR* (*U. S. A.*). Діаметръ котла 2032 мм. Число трубокъ 355, діаметромъ 57 мм. (обыкновенно берутъ 46—50 мм.).

126. Товарный паровозъ для тяжелыхъ поѣздовъ и для крутыхъ подъемовъ ж. дороги *Baltimore & Ohio RR*. Цилиндры наружные. Ось котла на 2570 мм. надъ рельсами. Кулиса *Stephenson*'а.

127. Такой же паровозъ ж. дороги *Mohawk & Malone RR*. (*U. S. A.*), двухцилиндровый компаундъ. Впереди *bissel*. Кулиса *Stephenson*'а

128. Такой же паровозъ ж. дороги *New York, New Haven & Hartford*. Ось котла на 2480 мм. надъ рельсами. Внутренній діаметръ котла 1830 мм.; толщина листовъ 17,4 мм. Трубокъ 301 шт., діаметромъ 51 мм., длиною 4160 мм. Легко проходитъ по кривымъ радіуса 100 метр.

129. Товарный паровозъ ж. дороги *Lake Shore & Michigan Southern*.

130. Товарный паровозъ ж. дороги *Northern Pacific* (*U. S. A.*), двухцилиндровый компаундъ. Діаметръ котла 1829 мм.

131. Товарный тяжелый паровозъ ж. дороги *Southern Pacific RR*. (*U. S. A.*), двухцилиндровый компаундъ. Діаметръ котла 1829 мм.

132. Товарный паровозъ ж. дороги *Cleveland, Cincinnati, Chicago & St. Louis Ry*. Діаметръ котла 1829 мм., число трубокъ 376.

133. Паровозы ж. дороги *Union Pacific* (*U. S. A.*): одинъ—обыкновеннаго дѣйствія, другой—компаундъ съ двумя цилиндрами (діаметръ 559 и 864 мм.).

134. Паровозъ двухцилиндровый компаундъ завода *Baldwin* съ клапаномъ *Vauclain* для перехода отъ компаундъ къ обыкновенному дѣйствію пара въ обоихъ цилиндрахъ.

135. Паровозъ Владикавказской ж. дороги, четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*. Кулиса *Stephenson*'а.

136. Товарный паровозъ Владикавказской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Вѣсъ *bissel*'я съ колеснымъ скатомъ 2,3 тон. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

137. Товарный паровозъ Московско-Виндаво-Рыбинской ж. дороги, четырехцилиндровый тандемъ-компаундъ. Впереди *bissel*. Парораспредѣленіе *Allan*'а.

138. Паровозъ ж. дороги *Canadian Pacific Ry*, двухцилиндровый компаундъ.

139. Товарный паровозъ казенныхъ ж. дорогъ Новаго Южнаго Валиса (Австралія).

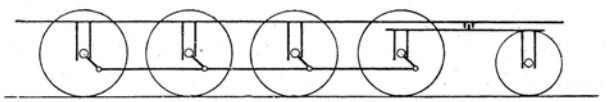
140. Товарный тяжелый паровозъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ.

141. Товарный паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ, двухцилиндровый компаундъ.

Фиг. 466:

m/n — — $4/5^{1}_{1}$

№ 142.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
142	2.385 2.711	560	1160	—	2800	13,5	2,42	148,9	160,2	58,2	65,7	56,0

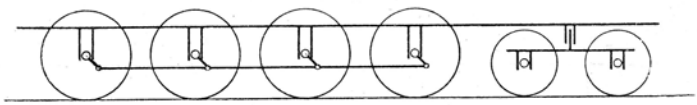
142. Товарный паровозъ Баварскихъ казенныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый тандемъ-компаундъ. Цилиндры высокаго давленія входятъ внутрь цилин-

дровъ низкаго давленія. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Поддерживающая ось и передняя движущая, спаренная съ другими осями, соединены въ одну телѣжку *Krauss*'а. Для трогань съ мѣста простой кранъ, которымъ можно впускать паръ изъ котла въ большіе цилиндры.

Фиг. 467:

m/n ——— $^{II}4/6$

№ 143 — 147.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P^1
143	559	660	1372	7720	4724	12,7	3,20	205,5	223,2	—	76,8	63,2
144	533	660	1397	7747	4724	12,7	2,80	—	—	—	78,8	66,4
145	584 863	762	1397	8026	4724	14,0	3,25	252,8	273,4	—	84,5	68,1
146	584 889	813	1397	8052	4724	14,0	3,25	238,1	255,6	—	87,2	70,4
147	533	864	1397	8128	4826	14,8	3,20	282,9	304,7	—	96,6	78,0

143. Тяжелый товарный паровозъ ж. дороги *Duluth & Iron Range* (*U. S. A.*); типъ американскій, извѣстный подъ именемъ *Mastodon* или *Twelve-wheeler* (двѣнадцатиколесный). Цилиндры наружные. Кулиса *Stephenson*'а.

144. Такой же паровозъ ж. дороги *Saint-Laurence & Adirondack* (*U. S. A.*). Кулиса *Stephenson*'а.

145. Такой же паровозъ ж. дороги *Northern Pacific*, двухцилиндровый компаундъ. Кулиса *Stephenson*'а.

146. Паровозъ ж. дороги *Southern Pacific*.

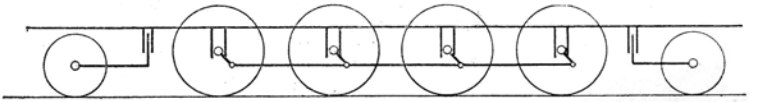
147. Тяжелый товарный паровозъ ж. дороги *Great Northern* (*U. S. A.*). Ось котла на 2870 мм. надъ рельсами. Діаметръ котла 2213 мм. Шины колесъ первой (передней) и третьей движущихъ осей безъ

гребней, а второй и четвертой (задней) — съ гребнями. Трубокъ 376 шт., діаметромъ 57 мм. Кулиса *Stephenson*'а.

Фиг. 468:

m/n ——— 4/6

№ 148.



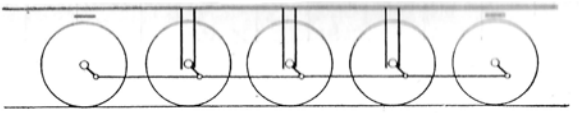
№	*d*	*l*	*D*	*B*	*b*	*p*	*G*	H_1	*H*	P_0	*P*	*P'*
148	533	660	1245	8585	3962	12,7	2,92	240,2	260,4	—	87,8	65,9

148. Горный паровозъ Мексиканскихъ Центральныхъ ж. дорогъ. Ось котла 2745 мм. надъ рельсами. Трубокъ 412 шт., діаметромъ 51 мм.

Фиг. 469:

m/n ——— 5/5

№ 149.



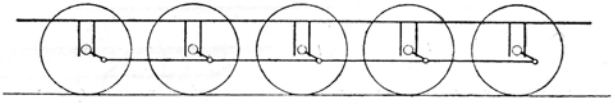
№	*d*	*l*	*D*	*B*	*b*	*p*	*G*	H_1	*H*	P_0	*P*	*P'*
149	480 2.480	612	1230	6000	2610	12,0	2,18	187,2	197,6	62,2	68,5	68,5

149. Тяжелый товарный паровозъ Вюртембергскихъ казенныхъ ж. дорогъ, система *Klose* (концевыя оси такъ соединены съ тендеромъ, что въ кривыхъ устанавливаются радіально). Можетъ работать не только какъ трехцилиндровый компаундъ, но и какъ обыкновенный паровозъ, безъ послѣдовательнаго расширенія пара.

Фиг. 470:

m/n ——— 5/5

№ 150.



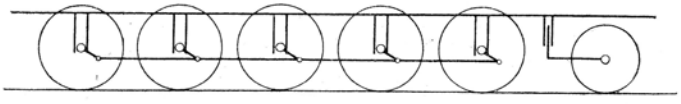
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
150	559	711	1270	5435	5435	11,2	3,48	201,8	218,5	—	68,1	68,1

150. Тяжелый паровозъ ж. дороги *Burlington & Missouri River;* типъ этотъ называютъ *decapod,* такъ же какъ и тотъ, гдѣ впереди имѣется еще поддерживающая ось въ видѣ *bissel*'я.

Фиг. 471:

m/n ——— 5/6

№ 151, 152.



№	d	l	D	B	b	G	p	H_1	H	P_0	P	P'
151	2.406 2.686	711	1270	8311	5744	12,7	8,33	180,9	202,7	—	90,2	78,0
152	2.381 2.635	711	1220	8052	5486	12,3	3,15	179,5	194,9	69,3	77,0	69,0

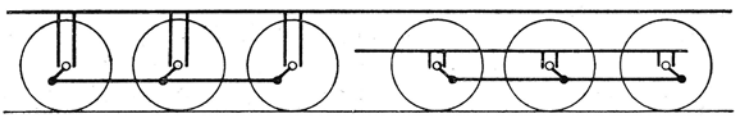
151. Тяжелый горный паровозъ (*decapod*) ж. дороги *New-York, Lake Erie & Western;* четырехцилиндровый компаундъ *Vauclain.* Топка *Wootten.* Діаметръ котла 1930 мм. Трубокъ 354 шт., діаметромъ 57 мм.

152. Подобный же паровозъ — *decapod* — Закавказской казенной ж. дороги. Кулиса *Stephenson*'а.

Фиг. 472:

m/n ——— (3/3 + 3/3)

№ 153.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
153	2.475 2.710	650	1220	8200	2800	12,0	2,48	186,9	209,9	78,2	86,0	86,0

153. Товарный тяжелый паровозъ Московско-Казанской ж. дороги, четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*. Пароraспредѣленіе *Walschaert*'а. Сила тяги такъ велика, что понадобилось прибѣгнуть къ особымъ проволочнымъ канатамъ для прицѣпки задней части поѣзда непосредственно къ тендеру, чтобы не подвергать вагонныхъ упряжныхъ приборовъ чрезмѣрнымъ напряженіямъ.

ТЕНДЕРА ПАРОВОЗОВЪ *).

(Если четырехосные, то на двухъ телѣжкахъ).

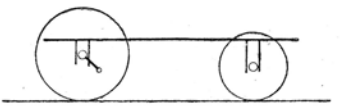
№ паровоза	Число осей тендера	Запасъ топлива (тоннъ)	Емкость танка для воды (куб. м.)	Вѣсъ тендера въ рабочемъ состояніи (тоннъ)	№ паровоза	Число осей тендера	Запасъ топлива (тоннъ)	Емкость танка для воды (куб. м.)	Вѣсъ тендера въ рабочемъ состояніи (тоннъ)
12 и 13	4	8,0	19,7	48,9	69	4	5,1	14,0	38,4
20	3	5,7	15,0	35,7	70	3	5,0	14,0	37,3
21	3	5,0	14,0	35,0	71	3	3,6	14,0	35,6
22	3	5,0	14,0	35,1	72	3	3,4	14,0	33,8
30	3	6,0	20,0	44,3	76	3	3,2	8,2	26,5
45	3	7,9	22,7	45,4	110	3	6,0	14,0	35,0
47	3	6,0	16,0	39,7	112	3	8,0	12,5	34,0
48	3	5,1	16,6	41,6	121	4	10,0	27,2	47,4
51	4	5,0	20,0	45,5	122	4	10,0	27,2	50,8
52	4	7,7	18,0	47,7	132	4	10,2	27,2	49,9
55	4	10,0	16,2	43,8	135	4	6,4	18,3	41,2
56	3	5,4	15,0	36,1	136	4	5,5	20,1	44,8
57	3	6,1	14,0	36,0	137	3	6,0	15,0	36,0
60	3	5,0	11,7	29,0	152	3	3,8	17,8	41,7

*) Нѣкоторыхъ изъ приведенныхъ выше.

ТАНКОВЫЕ ПАРОВОЗЫ *)
ПОѢЗДНЫЕ и СТАНЦІОННЫЕ

(для желѣзныхъ дорогъ нормальной колеи).

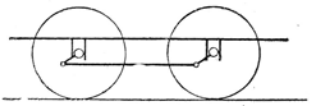
Фиг. 473:
m/n ——— 1/2
№ 154.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
154	220	440	1200	3700	3700	12,0	0,54	27,5	30,4	—	16,3	9,2

154. Легкій пасажирскій танковый паровозъ Ольденбургскихъ казенныхъ ж. дорогъ.

Фиг. 474:
m/n ——— 2/2.
№ 155.

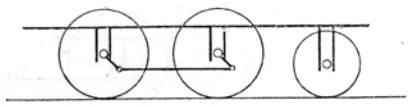


№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
155	330	550	1080	2500	2500	12,0	1,00	—	57,0	21,0	27,7	27,7

155. Станціонный танковый паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Кулиса *Allan*'а. Запасы: угля 0,8 тон., воды 3,5 куб. м.

*) Тендеръ-паровозы.

Фиг. 475:
m/n —— 2/3
№ 156—158



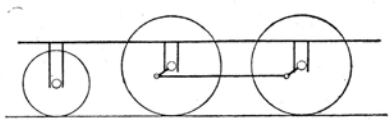
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
156	420	600	1580	4200	4200	12,0	1,60	—	90,0	32,6	41,9	28,0
157	400	610	1510	3740	3740	10,0	1,17	70,5	76,0	—	35,0	—
158	270	450	1150	—	—	12,0	0,68	—	41,0	—	18,7	12,6

156. Танковый паровозъ для пасажирскихъ поѣздовъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Кулиса *Allan*'а. Запасы: угля 1,8 тон., воды 5 куб. м.

157. Танковый паровозъ для пригородныхъ поѣздовъ ж. дороги. *Jura-Simplon*. Кулиса *Stephenson*'а.

158. Танковый паровозъ второстепенныхъ ж. дорогъ въ Даніи и Швеціи. Запасы: угля 0,7 тон., воды 2,4 куб. м.

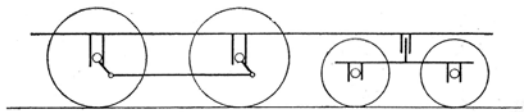
Фиг. 476:
m/n —— 2 3
№ 159.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
159	360	550	1350	3700	3700	12,0	1,40	—	76,0	26,7	35,8	25,6

159. Танковый паровозъ для пасажирскихъ и товаропасажирскихъ поѣздовъ на второстепенныхъ линіяхъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: угля 2 тон., воды 4 куб. м.

Фиг. 477:
m/n ___ 2/4
№ 160 — 162.



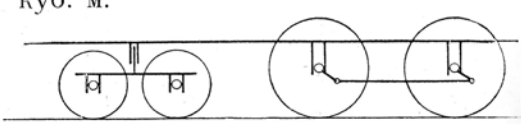
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
160	432	660	1676	6705	2260	10,5	1,79	82,8	91,0	—	50,8	30,3
161	432	610	1651	6306	2438	12,6	1,54	79,9	88,3	—	46,0	32,0
162	420	620	1550	6950	2550	12,0	1,60	94,8	103,0	37,0	48,0	28,9

160. Танковый паровозъ для низовой (такъ называемой подземной) ж. дороги *Metropolitan* въ Лондонѣ. Кулиса *Stephenson*'а. Запасы: угля 1,5 тон., воды 4,5 куб. м.

161. Танковый паровозъ для пригородныхъ поѣздовъ Англійской ж. дороги *North London*. Парораспредѣленіе *Stephenson*'а. Запасы: угля 1,2 тон., воды 3,9 куб. м.

162. Танковый паровозъ для пригородныхъ поѣздовъ ж. дороги *Central Suisse* (*Schweizerische Centralbahn*), двухцилиндровый компаундъ. Запасы: угля 2 тон., воды 5, куб. м.

Фиг. 478:
m/n ___ 2/4
№ 163, 164.



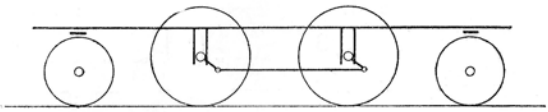
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
163	2.229 2.381	406	1067	4978	1524	14,0	1,76	—	51,6	—	26,3	—
164	457	660	1676	6706	2260	11,3	1,40	—	85,0	—	49,4	30,3

163. Танковый паровозъ городской приподнятой (*elevated*) ж. дороги *Alley RR* въ Чикаго, четырехцилиндровый компаундъ системы *Vauclain*.

Танковые паровозы съ такимъ расположеніемъ осей извѣстны въ Америкѣ подъ именемъ типа *Forney*.

164. Танковый паровозъ для пригороднаго движенія ж. дороги *South Eastern*, одинъ изъ употребительнѣйшихъ въ Англіи типовъ. Запасы: угля 2 тон., воды 4,8 куб. м.

Фиг. 479:
m/n ——— 2/4
№ 165 — 167.



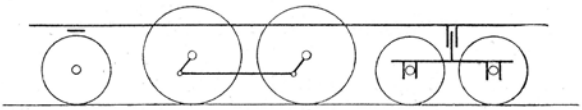
№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
165	457	660	1727	—	2616	11,3	1,74	103,0	113,0	—	56,0	31,7
166	432	610	1676	6197	2388	11,3		76,5	88,4	—	52,0	—
167	430	610	1710	6630	2430	10,0	1,30	—	72,5	—	52,0	26,5

165. Танковый паровозъ для пригороднаго движенія ж. дороги *Lancashire & Yorkshire Ry;* такъ называемый *радіальный* типъ, потому что обѣ поддерживающія оси—какъ передняя, такъ и задняя—устраиваются съ радіальными буксами. Запасы: угля 2 тон., воды 5,9 куб. м.

166. Пасажирскій танковый паровозъ ж. дороги *Dublin, Wiclow & Wexford Ry* (въ Ирландіи, ширина колеи 1600 мм.).

167. Танковый паровозъ для пригородныхъ поѣздовъ Датскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Парораспредѣленіе *Allan*'а. Запасы: угля 2 тон., воды 6 куб. м.

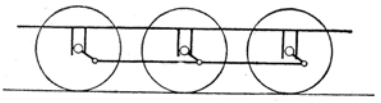
Фиг. 480:
m/n ——— 2/5
№ 168.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
168	457	660	1676	8940	2590	11,3	1,40	—	85,0	—	57,3	32,7

168. Танковый паровозъ для пригороднаго движенія Англійской ж. дороги *London, Tilbury & Southend.* Запасы: угля 2 тон., воды 5,9 куб. м.

Фиг. 481:
m/n ——— 3/3
№ 169 — 176.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
169	430	600	1540	4450	4450	10,0	1,30	88,6	96,2	33,4	41,5	41,5
170	450	650	1540	4550	4550	13,0	1,93	105,9	117,9	40,0	49,6	49,6
171	420	500	1050	3250	3250	12,0	1,42	99,4	109,0	—	48,0	48,0
172	450	650	1200	2700	2700	10,0	1,45	92,0	100,0	35,7	43,0	43,0
173	457	610	1150	3351	3351	11,0	1,58	109,6	118,2	40,7	46,5	46,5
174	450	500	1030	3000	3000	11,0	1,58	76,8	83,9	31,1	45,7	45,7
175	350	550	1080	3000	3000	12,0	1,30	—	60,0	21,5	29,5	29,5
176	345	480	940	2700	2700	11,0	1,00	—	54,0	22,0	28,6	28,6

169. Танковый паровозъ Французской Западной ж. дороги (*Ouest*); излюбленный типъ для пригородныхъ поѣздовъ на Французскихъ ж. дорогахъ. Кулиса *Stephenson*'а. Запасы: угля 1,5 тон., воды 4 куб. м.

170. Подобный же паровозъ ж. дороги *Paris-Orléans*. На котлѣ два паровыхъ купола, соединенные горизонтальною трубою. Трубокъ 209, діаметромъ 43 мм. и длиною 3750 мм. Парораспредѣленіе *Joy*'я. Запасы: угля 1,9 тон., воды 4,8 куб. м.

171. Станціонный танковый паровозъ той же дороги. Кулиса *Gooch*'а.

172. Танковый паровозъ Николаевской ж. дороги. Кулиса *Allan*'а. Запасы: топлива 1 тон., воды 3 куб. м.

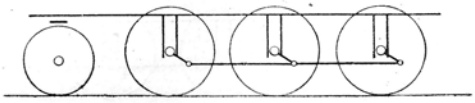
173. Танковый паровозъ Невскаго завода. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: топлива 1,5 тон., воды 5 куб. м.

174. Танковый паровозъ Владикавказской ж. дороги. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Вѣсъ паровоза при бакахъ, наполненныхъ на половину,—40,2 тон. Запасы нефти 2,8 тон., воды 8 куб. м.

175. Танковый паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ для второстепенныхъ линій, гдѣ допускается давленіе отъ оси на рельсы не выше 10 тон. Запасы: угля 1 тон., воды 4 куб. м.

176. Подобный же паровозъ Австрійской ж. дороги *Kaiser Ferdinand Nordbahn*. Запасы: угля 1,2 тон., воды 4 куб. м.

Фиг. 482:
m/n —— 3/4
№ 177 — 180.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
177	460	660	1550	6070	4250	11,3	1,72	106,8	116,0	—	59,7	46,1
178	460	600	1560	5280	3415	12,0	2,26	118,7	129,3	47,2	60,0	45,2
179	430	630	1350	6100	3700	10,0	1,50	100,5	108,0	40,0	53,0	41,0
180	450	630	1250	5200	2870	12,0	1,70	—	135,0	40,9	52,2	39,8

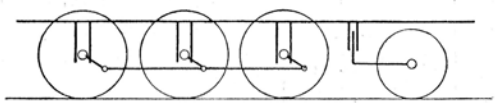
177. Танковый паровозъ для товаропасажирскаго движенія Англійской ж. дороги *Manchester-Sheffield Ry*. Конструкція отличается простотою. Запасы: воды 5,8 куб. м.

178. Танковый паровозъ Французской Восточной ж. дороги (*Est*) для пригороднаго движенія. Поддерживающая задняя ось съ наклонными плоскостями. Парораспредѣленіе *Stephenson*'а. Запасы: топлива 3 тон., воды 5,2 куб. м.

179. Танковый паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ для товарнаго движенія, а также для двойной тяги и для маневровъ. Задняя ось радіальная. Запасы: угля 1,5 тон., воды 6 куб. м.

180. Танковый паровозъ Прусскихъ казенныхъ ж. дорогъ для второстепенныхъ линій съ крутыми подъемами (0,033). Задняя ось радіальная. Запасы: угля 2 тон., воды 5 куб. м.

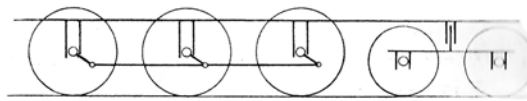
Фиг. 483:
m/n —— 3/4
№ 181.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
181	480	640	1330	6000	3400	10,0	1,82	—	135,6	—	57,9	—

181. Танковый паровозъ Готардской ж. дороги (Швейцарія), типъ *Mogul*. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: топлива 2,5 тон., воды 7 куб. м.

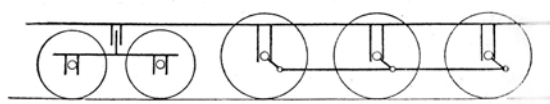
Фиг. 484:
m/n ——— 3/4
№ 182.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	l''
182	460	600	1540	7860	4310	12,0	1,80	135,2	144,3	45,2	60,0	44,4

182. Танковый паровозъ Французской Западной ж. дороги (*Ouest*) для пригороднаго движенія. Трубокъ (ребристыхъ) 96 шт., длиною 3800 мм. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: топлива 2,5 тон., воды 7 куб. м.

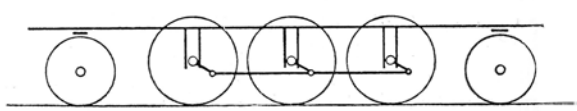
Фиг. 485:
m/n ——— 8/3
№ 183.



183	500	620	1455	6660	3340	14,0	1,73	106,7	114,7	49,5	59,9	45,0

183. Танковый паровозъ Французской Сѣверной ж. дороги (*Nord*), типъ *metropolitain*. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: топлива 2,5 тон., воды 5 куб. м.

Фиг. 486:
m/n ——— 3/5
№ 184 — 186.



184	495	660	1410	8386	3500	—	2,32	95,1	106,5	—	68,5	46,2
185	480	650	1552	8600	4000	11,0	2,21	122,2	133,4	54,5	71,3	43,1
186	520 740	650	1330	7700	2900	13,0	2,30	132,0	142,0	53,5	69,5	43,0

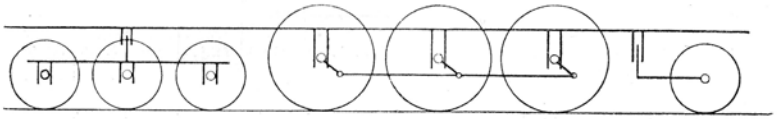
184. Тяжелый танковый паровозъ для тунеля подъ р. *Mersey* (у Ливерпуля). Цилиндры наружные. Концевыя оси радіальныя. Кулиса *Stephenson*'а. Запасы: угля 2,8 тон., воды 6,3 куб. м.

Паровозы эти никогда не поворачиваются.

185. Пасажирскій танковый паровозъ Владикавказской ж. дороги. Сцѣпной вѣсъ при бакахъ, наполненныхъ на половину,—39,1 тон. Концевыя оси радіальныя. Парораспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: нефти 4 тон., воды 9 куб. м.

186. Танковый паровозъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ для движенія въ окрестностяхъ Вѣны (подъемы 0,025, радіусы кривыхъ 150 м.) Двухцилиндровый компаундъ. Ось котла на 2600 мм. надъ рельсами. Для трогань я съ мѣста приспособленіе *Gölsdorf*'а.

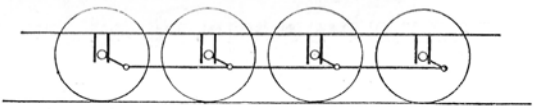
Фиг. 487: m/n ——— 3/7, № 187.



№	*d*	*l*	*D*	*B*	*b*	*p*	*G*	H_1	*H*	P_0	*P*	*P*
187	457	610	1600	10897	4570	12,7	2,10	134,9	150,4	—	75,3	46,3

187. Танковый паровозъ для пригороднаго движенія ж. дороги *Chicago & Northern Pacific RR.* Запасы: топлива 4,3 тон., воды 9,1 куб. м.

Фиг. 488:
m/n ——— 4/4
№ 188, 189.

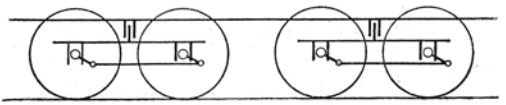


188	480	600	1220	4300	4300	—	2,14	—	125,4	—	51,3	51,3
189	500	650	1200	3890	3890	10,0	1,85	126,0	135,1	45,3	56,1	56,1

188. Тяжелый танковый паровозъ Бельгійской ж. дороги *Grand Central.* Парораспредѣленіе *Walschaert*'а.

189. Тяжелый танковый паровозъ Николаевской ж. дороги для сортировочныхъ станцій въ С.-Петербургѣ и Москвѣ.

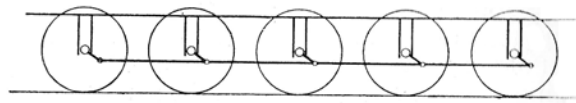
Фиг. 489:
m/n ——— (2/2+2/2)
№ 190.



190	2.300 2.460	553	1100	6750	1750	12,0	1,40	80,9	86,4	40,5	51,1	51,1

190. Танковый паровозъ Саксонскихъ казенныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Meyer*'а (для линій съ подъемами 0,025 и кривыми радіуса 200 м.). Запасы: угля 2,1 тон., воды 4,5 куб. м.

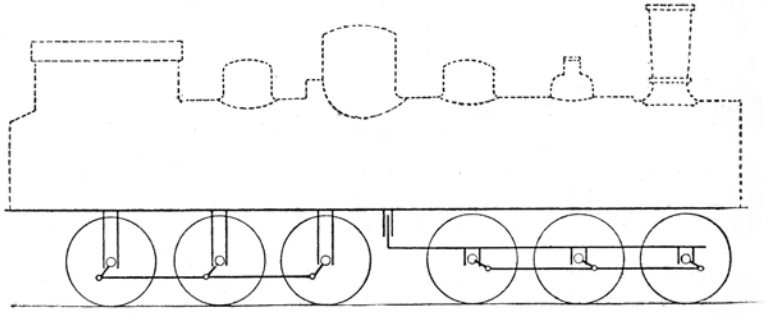
Фиг. 490:
m/n ——— 5/5
№ 191, 192.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
191	559	711	1270	5613	5613	11,2	3,59	206,1	224,1	—	81,7	81,7
192	559	711	1270	5435	5435	11,2	3,48	201,8	218,5	—	68,2	68,2

191. Тяжелый танковый паровозъ для тунеля *St.-Clair* ж. дороги *Grand Trunk of Canada*. Такъ называемый *decapod*. Запасы: топлива 3 тон., воды 8 куб. м.
192. Подобный же паровозъ ж. дороги *Burlington & Missouri River* (*U. S. A.*).

Фиг. 491: m/n ——— (3/3 + 3/3), № 193.



№	d	l	D	B	b	p	G	H_1	H	P_0	P	P'
193	2.503 2.810	650	1300	9350	3000	15,0	7,98	273,7	288,5	81,0	99,0	99,0

193. Танковый паровозъ Бельгійскихъ казенныхъ ж. дорогъ (подъемы 0,032). Четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*. Трубки *Serve*'а (164 шт., длиною 4050 мм. и діаметромъ 70 мм.). Пароraспредѣленіе *Walschaert*'а. Запасы: топлива 3 тон., воды 9 куб. м.

ПАРОВОЗЫ УЗКОКОЛЕЙНЫХЪ Ж. ДОРОГЪ.

Колея 1106 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
194	2/3	320 470	500	950	4000	13,0	1,25	54,0	—	33,0	25,0

194. Танковый паровозъ Австрійскихъ казенныхъ ж. дорогъ. Поддерживающая ось впереди и соединена съ передней спаренной въ телѣжкѣ *Krauss*'а.

Колея 1000 мм. (3′ 1/2).

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
195	3/3	280	360	832	1800	10,0	0,71	34,0	15,5	18,0	18,0
196	3/4	432	558	1219	6095	11,3	1,58	94,0	33,4	39,6	—
197	—	356	559	1422	—	12,7	1,69	70,0	—	39,4	23,5
198	—	406	559	1168	8620	12,0	1,57	90,2	—	57,9	35,3
199	3/5	406	508	781	7086	12,0	1,61	77,0	—	38,2	27,7
200	2/3+2/2	2.300 2.460	510	1102	—	12,0	1,45	101,4	32,0	41,4	—
201	3/3+3/3	2.330 2.450	550	1100	6520	12,0	1,86	115,5	42,0	47,0	47,0

195. Танковый паровозъ Бельгійскаго общества *Société nationale des chemins de fer vicinaux.*

196. Паровозъ Японскихъ казенныхъ ж. дорогъ типа *Mogul.*

197. Танковый паровозъ для пригородныхъ поѣздовъ Японской ж. дороги *Nippon.* Запасы: угля 2 тон., воды 4,4 куб. м.

198. Танковый паровозъ ж. дороги *Pretoria-Pietersburg* (Африка).

199. Танковый паровозъ Ново-Зеландскихъ казенныхъ ж. дорогъ.

200. Танковый паровозъ для Голандскихъ казенныхъ ж. дорогъ на о-вѣ Явѣ.

201. Паровозъ ж. дороги Ярославль-Вологда-Архангельскъ.

Колея 1000 мм.

№	m/n	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
202	2/3	270	460	1220	3900	11,0	0,66	33,6	16,0	21,0	15,6
203	3/3	280	360	832	1800	10,0	0,71	34,0	15,5	18,0	18,0
204	3/3	310	480	1000	2500	12,0	0,85	56,5	19,0	25,0	25,0
205	3/3	360	450	900	2800	10,0	0,94	59,0	21,0	23,0	23,0
206	3/4	340	500	1050	4500	12,0	0,90	62,0	23,5	30,2	25,7
207	3/5	254	406	920	6020	11,0	0,99	33,6	20,8	26,1	—
208	2/2+2/2	2.350 2.490	550	1050	5200	12,0	1,44	80,2	32,4	40,5	40,5
209	2/2+2/2	2.300 2.460	500	1000	5270	12,0	1,05	65,0	28,0	36,0	36,0
210	2/2+2/2	2.250 2.380	460	900	4000	12,0	0,78	42,0	19,0	24,5	24,5
211	4/4	330 490	400	850	3500	11,0	0,91	56,7	19,6	22,0	22,0
212	4/4	340	500	900	4000	12,0	1,00	71,0	22,0	29,9	29,9

202. Танковый паровозъ для Бретонской сѣти (Общества Западной Французской ж. дороги).

203. Танковый паровозъ Бельгійскаго общества *Société nationale des chemins de fer vicinaux.*

204. Танковый паровозъ Швейцарской ж. дороги *Brünigbahn.*

205. Паровозъ общества Кіево-Воронежской ж. дороги. Тендеръ двухосный (вѣсомъ порожній 6,8 тон., въ рабочемъ состояніи 15,8 тон.).

206. Паровозъ Швейцарской ж. дороги *Scalettabahn*. Поддерживающая ось впереди.

207. Паровозъ линіи Кротовка-Сергіевскъ (Самаро-Златоустовской казенной ж. дороги).

208. Паровозъ Швейцарской ж. дороги *Scalettabahn*, четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*.

209. Танковый паровозъ узкоколейной Бретонской сѣти Общества Западной ж. дороги (въ эксплуатаціи у *Société Cénérale des chemins de fer économiques*). Запасы: топлива 1 тон., воды 4 куб. м.

210. Танковый паровозъ Французскаго Общества *Compagnie des chemins de fer départementaux*. Четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*. Жесткая база 1150 мм. Запасы: топлива 1 тон., воды 2,9 куб. м.

211. Паровозъ Общества Рязанско-Уральской ж. дороги, двухцилиндровый компаундъ. Тендеръ трехосный (вѣсомъ порожній 8,8 тон., въ рабочемъ состояніи 17,8 тон.).

212. Танковый паровозъ Вюртембергскихъ казенныхъ ж. дорогъ, система *Klose*.

Колея 914 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
213	3/5	432 686	508	1219	—	14,1	—	105,0	—	41,1	26,3
214	4/5	406	508	965	—	12,7	—	133,9	—	41,3	37,2

213. Пасажирскій паровозъ Междуокеанской ж. дороги (въ Мексикѣ), двухцилиндровый компаундъ. Впереди *bogie*.

214. Паровозъ той же дороги, типъ *Consolidation*.

Колея 900 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
215	$^2/_2$	180	300	630	1400	12,0	0,43	16,0	6,0	9,0	9,0
216	$^2/_2$	230	300	580	1400	13,0	0,33	18,5	11,2	14,1	14,1
217	$^2/_2$	285	310	630	1700	13,0	0,50	28,5	16,0	19,7	19,7
218	$^2/_3$	2.216 2.336	434	921	4191	9,0	0,67	36,0	22,0	24,9	—
219	$^3/_3$	245	254	970	2680	10,0	0,76	29,1	13,0	18,2	18,2
220	$^3/_4$	2.216 2.356	480	921	4953	9,0	0,72	44,5	22.9	27,8	—
221	$^4/_4$	330	360	750	3100	12,0	0,85	51,0	23,0	28,8	28,8

215. Танковый паровозъ нѣмецкаго завода *Henschell & Sohn* въ *Cassel*'ѣ.

216. Паровозъ Чіатурской вѣтви Закавказской казенной ж. дороги.

217. Паровозъ той же линіи.

218. Паровозъ той же линіи. Четырехцилиндровый компаундъ.

219. Паровозъ Курско-Харьково-Севастопольской казенной ж. дороги.

220. Паровозъ Чіатурской вѣтви Закавказской казенной ж. дороги. Четырехцилиндровый компаундъ.

221. Танковый паровозъ системы *Hagans* (движущія оси могутъ устанавливаться радіально).

Колея 800 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
222	$^2/_2+^2/_2$	2.230 2.350	360	800	3750	12,0	0,93	39,0	16,0	19,5	19,5

222. Танковый паровозъ горнаго завода въ *Blanzy* (Франція). Жесткая база 1100 мм. Можетъ проходить по кривымъ радіуса 40 метр. Запасы: топлива 0,5 тон., воды 1,9 куб. м.

Колея 765 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
223	$^3/_4$	320	440	900	4250	12,0	1,19	52,0	24,5	31,5	—

223. Танковый паровозъ ж. дороги *Congo* (Африка).

Колея 760 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
224	$^3/_4$	290	400	800	4000	12,0	1,00	50,3	18,9	23,4	19,0
225	$^3/_4$	290	450	900	6000	12,0	0,90	58,8	21,6	25,8	20,0

224. Танковый паровозъ второстепенной ж. дороги въ *Salzkammergut*'ѣ. Поддерживающая ось сзади.

225. Паровозъ Боснійскихъ ж. дорогъ, радіальный (системы *Klose*). Сзади поддерживающая ось.

Колея 750 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
226	$^2/_3$	300	350	700	3400	14,0	0,80	40,0	17,5	22,2	16,2
227	$^3/_3$	270	300	680	1700	12,0	0,52	32,0	—	15,8	15,8
228	$^3/_3$	230	400	750	1600	12,0	0,50	23,5	10,7	13,4	13,4
229	$^3/_4$	295 460	350	780	3400	14,0	0,60	32,0	—	20,7	17,3
230	$^3/_4$	200	300	620	—	12,0	0,36	15,0	—	10,9	8,4
231	$^2/_2+^2/_2$	2.340 2.370	380	760	6200	12,0	0,97	49,8	21,7	26,7	26,7
232	$^2/_2+^2/_2$	2.210 2.320	320	700	3300	12,0	0,76	40,5	13,6	15,2	15,2

226. Танковый паровозъ завода *Henschel & Sohn* въ Каселѣ. Поддерживающая ось сзади. Запасы: угля 1,1 тон., воды 2,2 куб. м.

227. Танковый паровозъ завода *Krauss*'а въ *München*'Ѣ.

228. Танковый паровозъ завода *Henschel & Sohn* въ Каселѣ.

229. Танковый паровозъ завода *Krauss*'а въ Мюнхенѣ, двухцилиндровый компаундъ. Поддерживающая ось сзади и соединена съ задней спаренной осью въ телѣжкѣ *Krauss*'а.

230. Подобный же паровозъ того же завода, только полегче.

231. Паровозъ Саксонскихъ казенныхъ ж. дорогъ, четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*.

232. Паровозъ Алапаевскихъ горныхъ заводовъ (на Уралѣ). Тендеръ двухосный, вѣситъ въ рабочемъ состояніи 8,1 тон. (запасы топлива 1 тон., воды 2,6 куб. м.).

Колея 660 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
233	$^2/_2$	240	360	700	1100	12,0	0,42	25,0	—	13,0	13,0

234. Танковый паровозъ завода *Hohenzollern* у *Düsseldorf*'а, для рудничныхъ рельсовыхъ путей. Рама американскаго типа.

Колея 600 мм.

№	$^m/_n$	d	l	D	B	p	G	H	P_0	P	P'
234	$^2/_3$	210	300	620	2400	12,0	0,43	23,0	—	12,4	—
235	$^3/_3$	180	300	580	1300	12,0	0,30	13,0	—	8,6	8,6
236	$^2/_2+^2/_2$	2.170 2.280	300	600	2800	12,0	0,52	22,3	9,5	12,0	12,0
237	$^2/_2+^2/_2$	2.195 2.280	260	600	2800	12,0	0,50	21,0	10,0	13,0	13,0

234. Танковый паровозъ завода *Krauss'*а въ Мюнхенѣ. Поддерживающая ось впереди и соединена съ передней спаренной осью въ телѣжкѣ *Krauss'*а. Запасы: угля 0,5 тон., воды 1,1 куб. м.

235. Танковый паровозъ завода *Krauss'*а въ Мюнхенѣ для полевыхъ и самыхъ легкихъ рельсовыхъ путей (давленіе отъ оси не выше 3 тон.). Для увеличенія производительности можно соединить задними концами два такихъ паровоза (для обслуживанья одна паровозная бригада).

236. Танковый паровозъ для ж. дорогъ *Decauville'*я, четырехцилиндровый компаундъ, дуплексъ системы *Mallet*.

237. Танковый паровозъ той же системы для узкоколейныхъ ж. дорогъ въ Румыніи и Мексикѣ. Жесткая база 850 мм.

Приложеніе III.

РАСЧЕТЪ ВРЕМЕНИ ДВИЖЕНІЯ ПАРОВОЗА СЪ ПОѢЗДОМЪ.

Паровозы серіи К на СПБ.-Варшавской ж. дорогѣ, при діаметрѣ движущихъ колесъ въ 6½ футовъ, могли бы согласно § 69 Правилъ Движенія *) доводить скорость до 80 верстъ въ часъ при одиночной тягѣ, а при постановкѣ двухъ паровозовъ во главѣ поѣзда до 72 верстъ лѣтомъ и 68 верстъ въ часъ зимой.

Въ основаніе расчета (особо для лѣтняго и для зимняго движенія) приняты эти послѣднія цыфры.

Чтобы опредѣлить, съ какими скоростями паровозъ серіи К будетъ везти поѣзда различнаго состава въ различныхъ частяхъ дороги, т. е. на различныхъ уклонахъ (кривыми пренебрегаемъ, такъ какъ ихъ немного и онѣ небольшой кривизны), беремъ уравненіе

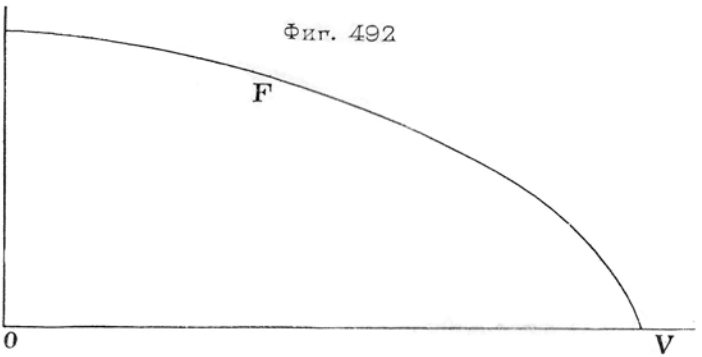
$$\text{сила тяги} = \text{сопротивленію}.$$

Какъ сила тяги, такъ и сопротивленіе зависятъ отъ скорости движенія, и на основаніи опытовъ Дедуи можно предположить, что для силы тяги эта зависимость выражается параболической кривой та-

*) Расчетъ былъ сдѣланъ, когда были въ силѣ министерскія Правила Движенія по желѣзнымъ дорогамъ (паровознымъ) отъ 27 іюня 1883 года. Они отмѣнены въ 1898 году съ изданіемъ Правилъ Технической Эксплоатаціи желѣзныхъ дорогъ, открытыхъ для общаго пользованія.

кого вида, какъ представлено на фиг. 492 (абсцисы—скорости V, ординаты—сила тяги F).

Фиг. 492



Общее уравненіе такой кривой пусть будетъ

$$F = A + BV + CV^2,$$

гдѣ коэфиціенты A, B, C должны быть опредѣлены на основаніи опыта.

Чтобы выразить сопротивленіе поѣзда движенію, возьмемъ формулу Франка

$$W = \mu_1 (P + q) + \mu_2 Q + 0{,}1225 (F_1 + F_2) v^2.$$

Здѣсь

W — сопротивленіе въ килограмахъ на прямомъ и горизонтальномъ пути

$\mu_1 = 3{,}2$

$\mu_2 = 2{,}5$

$P + q = 51{,}5 + 35 = 86{,}5$ (вѣсъ паровоза и тендера въ тоннахъ)

$Q = n.16$ (вѣсъ вагоновъ въ тоннахъ, если число ихъ n, а вѣсъ каждаго около 16 тоннъ)

$F_1 = 8{,}5$ (площадь проекціи паровоза съ тендеромъ на вертикальную плоскость, перпендикулярную къ оси пути, въ кв. метрахъ)

$F_2 = 1{,}2 + 0{,}8\, n$ (коэфиціентъ 0,8 введенъ взамѣнъ 0,5, такъ какъ Франкъ дѣлалъ опыты надъ вагонами вѣсомъ 10 тоннъ, а не 16)

v скорость движенія въ метрахъ въ секунду.

На СПБ.-Варшавской дорогѣ были произведены пробныя поѣздки, при чемъ паровозъ сер. К везъ поѣздъ вѣсомъ 175 тоннъ (или 11 расчетныхъ вагоновъ) по подъему 0,006 со скоростью 56 верстъ и по горизонтальнымъ частямъ со скоростью 75 верстъ

въ часъ; работа эта однако была на подъемахъ нѣсколько форсированная, и потому мы примемъ, что поѣздъ такого состава будетъ лѣтомъ двигаться со скоростью 50 верстъ въ часъ по подъему 0,006 и со скоростью 75 верстъ въ часъ по горизонтальнымъ частямъ пути.

Выражая скорость въ верстахъ въ часъ (V) и уклонъ въ тысячныхъ (i), получимъ при $n = 11$:

$$W = 714{,}3 + 0{,}01076 \,.\, 18{,}5 \,.\, V^2 + i \,.\, 261{,}5 \,.$$

Силу тяги въ началѣ движенія, при наибольшей степени впуска пара въ малый цилиндръ, примемъ въ 4080 килограмовъ.

Это и будетъ коэфиціентъ A.

Тогда уравненіе

$$4080\,(1 + b.V + c.V^2) = 714{,}3 + 0{,}01076.\,18{,}5 \,.\, V^2 + i \,.\, 261{,}5$$

дастъ возможность опредѣлить неизвѣстные еще коэфиціенты $b = \frac{B}{A}$, $c = \frac{C}{A}$, если подставимъ вмѣсто V:

при $i = 6$, $V = 50$,
„ $i = 0$, $V = 75$.

Такимъ образомъ находимъ, что

$$F = 4080\ (1 - 0{,}00442.\ V - 0{,}00003389.\ V^2) \ldots (1)$$

и затѣмъ изъ уравненія

$$F = W = 276{,}8 + 40\,n + 0{,}01076.\ (9{,}7 + 0{,}8\,n)\,V^2 + i(86{,}5 + 16\,n)$$

при различныхъ n и i опредѣляемъ соотвѣтствующія величины для скоростей V [для зимняго времени предполагаемъ, что сопротивленіе увеличится на 10%, т. е. $W = 1{,}1\,[276{,}8 + 40n + 0{,}01076(9{,}7 + 0{,}8\,n)V^2] + i(86{,}5 + 16n)$].

Такимъ образомъ находимъ:

Подъемъ i въ тысячныхъ.	Скорости V (верстъ въ часъ)							
	лѣтомъ при числѣ расчетн. вагоновъ				зимою при числѣ расчетн. вагоновъ			
	5	10	15	20	5	10	15	20
6	67,5	53,0	37,5	21,0	64,5	50,0	35,0	17,5
5	70,2	57,3	44,3	30,8	67,0	54,2	41,4	27,9
4	72,0	61,5	50,2	39,2	68,0	58,1	47,2	36,0
3	72,0	65,4	55,8	46,5	68,0	62,0	52,5	43,4
2	72,0	69,1	60,8	53,2	68,0	65,6	57,5	49,8
1	72,0	72,0	65,5	59,3	68,0	68,0	62,1	55,6
0	72,0	72,0	70,0	65,0	68,0	68,0	66,7	61,0

Для промежуточныхъ подъемовъ скорости опредѣляются интерполированіемъ.

Что касается скатовъ, то движеніе по нимъ предполагаемъ со скоростями не выше, чѣмъ на горизонтальныхъ частяхъ пути.

Если опредѣлимъ при 20-ти вагонномъ составѣ наибольшее сопротивленіе, т. е. при $i = 6$, то получимъ: лѣтомъ $W_{max} = 3823$, зимою $W_{max} = 3711$ килограмовъ. Соотвѣтственно этому коэфиціентъ сцѣпленія, при сцѣпномъ вѣсѣ паровоза въ 26,5 тоннъ, долженъ быть не менѣе $\frac{3823}{26500} = \frac{1}{6,93}$ лѣтомъ и $\frac{3711}{26500} = \frac{1}{7,22}$ зимой, что можно допустить. Такимъ образомъ какъ для лѣта, такъ и для зимы принимаемъ предѣльный составъ поѣзда для одиночной тяги въ 20 вагоновъ.

На основаніи опредѣленныхъ, какъ указано выше, скоростей, вычисляемъ для каждаго перегона между станціями по профилю дороги, сколько теряется времени на различныхъ подъемахъ сравнительно со скоростью движенія по горизонтальнымъ частямъ пути и по скатамъ, и такимъ образомъ находимъ время движенія, въ предположеніи, что поѣздъ идетъ изъ конца въ конецъ (отъ Петербурга до Вержболова) такъ, какъ будто бы на пути слѣдованія не было ни одной станціи, и что онъ не тратитъ нисколько времени на развитіе скорости при отходѣ отъ станціи отправленія и на замедленіе при подходѣ къ станціи прибытія.

Чтобы принять въ расчетъ эти обстоятельства, мы предположимъ, что по станціоннымъ путямъ, если нѣтъ встрѣчныхъ стрѣлокъ, поѣздъ идетъ со скоростью 30 верстъ въ часъ, а при стрѣлкахъ встрѣчныхъ — со скоростью 20 верстъ въ часъ, какъ то установлено для ИМПЕРАТОРСКИХЪ поѣздовъ.

Соотвѣтственно этому надо будетъ для каждаго перегона между станціями:

1) опредѣлить потерю времени на прохожденіе [съ 30 или 20-тиверстной скоростью] длины, равной суммѣ разстояній отъ середины пасажирскихъ зданій до выходной и входной стрѣлокъ + длина поѣзда;

2) опредѣлить потерю времени на разгонъ отъ 30 или 20-ти верстной скорости до той наибольшей, съ которой поѣздъ можетъ идти по горизонтальному пути;
3) опредѣлить потерю времени на замедленіе скорости движенія до 30-ти или 20-тиверстной.

Кромѣ того для конечныхъ станцій, а также тѣхъ, на которыхъ поѣздъ будетъ останавливаться, необходимо будетъ опредѣлить:

а) потерю времени на разгонъ отъ нуля до 20 или 30 верстной скорости;
б) потерю времени на замедленіе хода отъ 20 или 30 верстной скорости до нуля.

Для цѣли, указанной въ п. 1, примемъ длину паровоза съ тендеромъ въ 8 саж., а длину одного расчетнаго вагона въ 6 саж.; тогда, если l_1 и l_2 будутъ разстоянія въ саженяхъ отъ серединъ пасажирскихъ зданій двухъ сосѣднихъ станцій до выходной и входной стрѣлокъ, находимъ сперва

$$L = l_1 + l_2 + 8 + n.6$$

и искомая потеря времени будетъ

$$\frac{L}{500}\left[\frac{1}{30} - \frac{1}{V_{max}}\right].60.$$

Что касается потерь, указанныхъ въ пп. 2 и а, т. е. на разгонъ поѣзда, то для опредѣленія ихъ обратимся къ уравненію движенія поѣзда

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = F - W,$$

гдѣ W—сопротивленіе, выражающееся въ зависимости отъ V, какъ указано выше,
M—масса поѣзда, увеличенная на $10^0/_0$ (соотвѣтственно вліянію вращающихся колесныхъ скатовъ на кинетическую энергію поѣзда),
s—проходимый путь,
t—время движенія.

Что же касается величины силы тяги F, то при отходѣ, когда, въ теченіе сравнительно короткаго промежутка времени, требуется усиленный расходъ пара для возможно быстраго развитія скорости движенія, мы, не обращая вниманія на возможность нѣкотораго пониженія уровня воды въ котлѣ, опредѣ-

лимъ зависимость F отъ скорости V на основаніи индикаторныхъ діаграмъ, снятыхъ съ паровозныхъ цилиндровъ при различныхъ скоростяхъ движенія.

Изъ этихъ діаграмъ оказывается, что паровозъ даетъ

при скорости (V верстъ въ часъ)	силу тяги (F въ килограм.)
16,8	4240
78,5	1630

Тогда изъ уравненій

$$4080\,[1 + b'.16{,}8 + c'.(16{,}8)^2] = 4240$$
$$4080\,[1 + b'.78{,}5 + c'.(78{,}5)^2] = 1630$$

находимъ коэфиціенты b' и c', и выраженіе для силы тяги будетъ

$$F_0 = 4080\,[1 + 0{,}00505\,V - 0{,}000162\,V^2] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Эта формула (2) даетъ величины на 10—15% выше сравнительно съ формулой (1), выведенной раньше для F.

Подставляя это выраженіе для силы тяги въ написанное выше диференціальное уравненіе, получаемъ для разныхъ составовъ поѣздовъ и въ разное время года уравненіе вида

$$M\frac{d^2s}{dt^2} = \alpha + \beta V - \gamma V^2$$

гдѣ α, β, γ постоянныя (различныя для разныхъ составовъ).

Интегрируя затѣмъ это уравненіе въ предѣлахъ

отъ 0 до t для времени,
„ 0 „ V „ скорости,
„ 0 „ s „ пройденнаго пути,

находимъ: время, необходимое на развитіе скорости отъ 0 до V,—

$$t^{мин.} = mn\,.\log\left(\frac{V_1}{V_2}\,.\,\frac{V - V_2}{V - V_1}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

и пройденный при этомъ путь:

$$s^{верстъ} = m\,.\left[\frac{t}{N}V_2 + 2{,}3026(V_1 - V_2)\log\frac{1 - \frac{V_2}{V_1}e^{\frac{t}{N}}}{1 - \frac{V_2}{V_1}}\right]. \quad (II)$$

гдѣ

$$m = \frac{P+q+Q}{\gamma(V_1-V_2)} \cdot \frac{1{,}1\,.\,1{,}067}{(3{,}6)^2.\,9{,}81}, \quad n = \frac{1000.2{,}3026\,.\,3{,}6}{60}$$

$$V_1 = \frac{\beta}{2\gamma} + \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\gamma}\right)^2 + \frac{\alpha}{\gamma}}, \quad V_2 = \frac{\beta}{2\gamma} - \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\gamma}\right)^2 + \frac{\alpha}{\gamma}}$$

$$N = 60\ m.$$

Подставляя въ выраженія (I) и (II) для t и s вмѣсто V: наибольшія значенія (V_{max}) скорости при различныхъ составахъ поѣздовъ, затѣмъ $V=30$ и $V=20$, находимъ, на какомъ протяженіи и во сколько времени поѣздъ достигаетъ такихъ скоростей.

Сравнивая затѣмъ полученныя значенія для t съ величиной $\frac{s\,.\,60}{V}$ (гдѣ V беремъ равнымъ соотвѣтственно или V_{max}, или 30, или 20 верстамъ въ часъ)-находимъ потерю времени на развитіе той или другой изъ послѣднихъ скоростей, сравнительно съ равномѣрнымъ движеніемъ при этой же скорости.

Такъ напр. для 10-ти вагоннаго состава лѣтомъ находимъ:

	При развитіи скоростей (верстъ въ часъ)					
	отъ 0 до V max.	отъ 0 до 30	отъ 0 до 20	отъ 20 до 30	отъ 20 до V max.	отъ 30 до V max
s верстъ. .	3,0193	0,2923	0,1280	0,1643	2,8913	2,7270
t минутъ. .	4,08	1,17	0,77	0,40	3,31	2,91

Теперь остается только принять въ расчетъ потерю времени на замедленіе скорости движенія при подходахъ къ станціямъ. Такъ какъ нажатіе колодокъ при этомъ не должно быть такъ велико, какъ при дѣйствіи непрерывными тормазами для возможно быстрой остановки поѣзда (что достигается на протяженіи нѣсколькихъ десятковъ саженей), то мы ограничимся выясненіемъ, насколько при тормаженіи поѣзда во время подхода къ станціи силы, замедляющія движеніе, можно считать больше тѣхъ, которыя развивали скорость во время отправленія поѣзда.

Чтобы составить себѣ понятіе объ отношеніи между

этими силами, замѣтимъ, что непрерывные тормаза Венгера, которыми снабжены паровозъ, тендеръ и вагоны, могутъ развивать нажатіе колодокъ на оси

паровозъ . . . $0{,}6 \times 26500 = 15900$ килогр.
тендеръ . . . . . $= 36000$ —
1 вагонная ось . $0{,}8 \times 6000 = 4800$ —

Возьмемъ составы поѣзда въ 5 и въ 20 вагоновъ; тогда, предполагая даже, что только $^1/_3$ всего числа вагонныхъ осей тормазныя, получимъ давленіе колодокъ на оси въ 76000 килогр. и 148000 килогр.

На основаніи опытовъ Гальтона коэфиціентъ тренія при скоростяхъ около 65—72 верстъ можно было бы принять въ 0,12, но мы ограничимся 0,1; при скорости 30 в. — 0,15, при 20 в. — 0,2, при очень медленномъ движеніи — 0,3.

Сила тормаженія при V_{max} будетъ тогда при 5 вагонахъ 7600 кил., при 20 вагонахъ 1480 килогр. Эта сила можетъ ослабляться дѣйствіемъ силы тяжести на скатѣ, и наибольшее вліяніе этого обстоятельства будетъ на уклонѣ въ 0,006, такъ что сила, замедляющая движеніе будетъ 7600—1000=6600 килогр. при 5 вагонахъ и 14800—2400=12400 кил. при 20 вагонахъ.

Сила тормаженія, при скоростяхъ 30 в. и 20 в. въ часъ (на станціонныхъ путяхъ) и при очень медленномъ движеніи (передъ остановкой), будетъ

Скорость движенія	Сила тормаженія въ килограм.	
	при 5 вагон.	при 20 вагон.
30 вер. въ часъ .	11400	22200
20 „ „ „ .	15400	29600
очень медленно .	22800	44400

Сила тяги, съ помощью которой развивается скорость дриженія при отходѣ поѣзда за вычетомъ сопротивленій движенію, для состава поѣзда изъ 5 вагоновъ будетъ при скоростяхъ между 30 в. и V_{max} около 1000 килогр., при скоростяхъ отъ 30 в. до 0 около 3600 килогр.; для 20-тивагоннаго состава при скоростяхъ между 30 в. и V_{max} тоже около 1000 килогр., а при скоростяхъ ниже 30 в. около 3000 килограмовъ.

Отношенія между силами движущими (при отходѣ)

и замедляющими (при быстромъ тормаженіи будутъ (приблизительно):

для 5-ти вагон. состава: $\frac{1000}{6600}$, $\frac{3600}{11400}$, $\frac{3600}{15000}$, $\frac{3600}{22800}$

для 20 —— · —— : $\frac{1000}{12400}$, $\frac{3000}{22200}$, $\frac{3000}{44400}$, $\frac{3000}{44400}$

Но какъ мы уже замѣтили, тормаженіе при подходахъ къ станціямъ должно производиться менѣе энергично, чѣмъ при быстромъ тормаженіи для немедленной остановки въ виду опасности, и потому ограничимся допущеніемъ, что потеря времени на замедленіе скорости при подходѣ будетъ составлять при 5-ти вагонахъ—$^1/_2$, при 10-ти—$^1/_3$, при 15-ти—$^1/_4$, при 20-ти—$^1/_5$ отъ потери времени, опредѣленной нами выше на разгонъ.

Въ заключеніе приведемъ для образчика результаты расчета времени для прохода одного изъ перегоновъ дороги:

отъ Петербурга до Александровской
(10 расчетныхъ вагоновъ, лѣтомъ):

1) еслибы скорость вездѣ была 72 версты въ часъ	16,75 мин.
2) потеря времени отъ уменьшенія скорости на подъемахъ	1,92 —
3) потеря времени, еслибы поѣздъ шелъ по станціоннымъ путямъ съ равномѣрною скоростью 30 в. вм. 72 в.	1,47 —
4) потеря времени, если бы на встрѣчныхъ стрѣлкахъ шелъ съ равномѣрною скоростью 20 в. вм. 30-ти	0,79 —
5) потеря времени на разгонъ отъ 0 до 20 в. въ часъ	0,39 —
6) потеря времени на разгонъ отъ 20 до 30 в. въ часъ	0,24 —
7) потеря времени на разгонъ отъ 30 до 72 в. въ часъ	0,64 —
8) потеря времени на замедленіе хода отъ 72 до 30 в. въ часъ	0,21 —
Итого . . . :	22,41 —

или въ цѣлыхъ числахъ 23 минуты (станцію Александровскую поѣздъ проходитъ не останавливаясь).

Приложеніе IV.

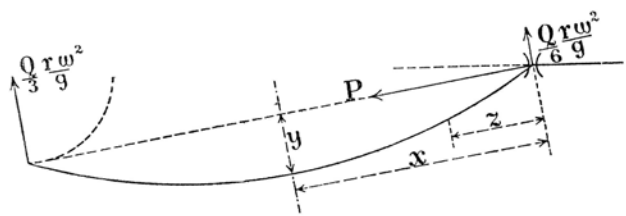
ВЫВОДЪ ФОРМУЛЪ ДЛЯ ПОВѢРКИ РАЗМѢРОВЪ ШАТУНОВЪ.

Предположимъ, что ведущій шатунъ по всей своей длинѣ представляетъ одинаковое сѣченіе и что давленіе P пара на поршень, передаваемое на шатунъ, даетъ усиліе P, дѣйствующее на оси шатуна и сжимающее его.

Во время движенія шатунъ подвергается изгибу вслѣдствіе поперечныхъ силъ инерціи, и чѣмъ выше скорость движенія, тѣмъ силы эти значительнѣе. Дѣйствіе ихъ на шатунъ можетъ еще увеличиваться отъ собственнаго вѣса шатуна Q (не считая головъ) и отъ момента силы P.

Силы инерціи даютъ равнодѣйствующую $\frac{Q}{2} \cdot \frac{r\omega^2}{g}$, приложенную на $\frac{1}{3}L$ отъ цапфы мотыля, и слѣдовательно противодѣйствія опоръ будутъ: у большой головы шатуна $\frac{Q}{3} \cdot \frac{r\omega^2}{g}$, а у малой $\frac{Q}{6} \cdot \frac{r\omega^2}{g}$ (фиг. 493)

Фиг. 493.



Для произвольно взятаго сѣченія на разстояніи x отъ малой головы шатуна моментъ такъ называемыхъ внѣшнихъ силъ будетъ

$$M=\frac{r\omega^2}{g}\left[\frac{Q}{6}x-\frac{q}{L}\int_o^x(x-z)dz\right]+\frac{Q}{2}x-q\int_o^x(z-x)dz+Py$$

т. е.

$$M=\frac{r\omega^2}{g}\cdot\frac{Q}{6}\left(x-\frac{x^3}{L^2}\right)+\frac{Q}{2}x-\frac{q}{2}x^2+Py$$

гдѣ

q вѣсъ единицы длины шатуна.

Для того чтобы найти неизвѣстное намъ плечо y дѣйствія силы P, обратимся къ уравненію изгиба

$$\frac{1}{\rho}=\frac{M}{EI}$$

или предполагая, что кривизна шатуна при изгибѣ незначительная,

$$\frac{d^2y}{dx^2}=-\frac{M}{EI}.$$

Если подставимъ сюда вышеприведенное выраженіе M, то получимъ линейное диференціальное уравненіе съ постоянными коэфиціентами и съ послѣднимъ членомъ.

Для уравненія безъ послѣдняго члена

$$\frac{d^2u}{dx^2}+\frac{P}{EI}u=0$$

общій интегралъ какъ извѣстно

$$u=A\ Cos\ kx+B\ Sin\ kx$$

гдѣ

$$k=\sqrt{\frac{P}{EI}}$$

а для нашего уравненія съ послѣднимъ членомъ общее рѣшеніе можно представить въ видѣ

$$y=u+\alpha+\beta x+\gamma x^2+\delta x^3.$$

Коэфиціенты α, β, γ, δ найдемъ такимъ образомъ:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{du}{dx} + \beta + 2\gamma x + 3\delta x^2$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d^2u}{dx^2} + 2\gamma + 6\delta x$$

а съ другой стороны имѣемъ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{r\omega^2}{g} \cdot \frac{Q}{6EI}\left(x - \frac{x^3}{L^2}\right) -$$

$$-\frac{P}{EI}(u + \alpha + \beta x + \gamma x^2 + \delta x^3) - \frac{Q}{2EI}x + \frac{q}{2EI}x^2.$$

Приравнивая между собою два имѣющіяся выраженія для $\frac{d^2y}{dx^2}$, получаемъ тождество, въ которомъ коэфиціенты при различныхъ степеняхъ x должны удовлетворять условіямъ:

$$2\gamma + \frac{P}{EI}\alpha = 0$$

$$6\delta + \frac{r\omega^2}{g} \cdot \frac{Q}{6EI} + \frac{P}{EI}\beta + \frac{Q}{2EI} = 0$$

$$\frac{P}{EI}\gamma - \frac{q}{2EI} = 0$$

$$\frac{P}{EI}\gamma - \frac{r\omega^2}{g} \cdot \frac{Q}{6L^2EI} = 0.$$

Откуда (принимая во вниманіе что $qL = Q$):

$$\alpha = -\frac{QEI}{P^2L}$$

$$\beta = -\frac{Q}{P} \cdot \frac{r\omega^2}{g}\left(\frac{EI}{PL^2} + \frac{1}{6}\right) - \frac{Q}{2P}$$

$$\gamma = \frac{Q}{2PL}$$

$$\delta = \frac{r\omega^2}{g} \cdot \frac{Q}{6PL^2}.$$

Величины же A и B найдемъ изъ выраженія для y, полагая послѣдовательно $x=0$ и $x=L$; при этихъ значеніяхъ x у насъ $y=0$, и слѣдовательно:

$$A=-\alpha$$

$$B=\frac{\alpha Cos\ kL-\alpha-\beta L-\gamma L^2-\delta L^3}{Sin\ kL}.$$

Опредѣлять точно значеніе x, соотвѣтствующее величинѣ *max.* M, не будемъ, а удовольствуемся слѣдующимъ приближеннымъ вычисленіемъ величины M, близкой къ наибольшей.

Еслибы на шатунъ дѣйствовали однѣ силы инерціи, то приравнивая нулю производную отъ

$$M_1=\frac{r\omega^2}{g}\cdot\frac{Q}{6}\left(x-\frac{x^3}{L^2}\right)$$

нашли бы

$$x=\frac{L}{\sqrt{3}}=0{,}58L$$

и слѣдовательно

$$\max.\ M_1=\frac{1}{15{,}57}\cdot\frac{r\omega^2}{g}QL,$$

что мало разнится отъ

$$M_1=\frac{1}{16}\cdot\frac{r\omega^2}{g}QL$$

для середины шатуна, при $x=0{,}5L$.

Для силы тяжести

$$\max.\ M_2=\frac{1}{8}QL$$

при $x=0{,}5L$.

Возьмемъ и моментъ Py при $x=0{,}5L$:

$$M_3=P\left(-\alpha Cos\frac{kL}{2}+BSin\frac{kL}{2}+\alpha+\beta\frac{L}{2}+\gamma\frac{L^2}{4}+\delta\frac{L^3}{8}\right).$$

Сумма выраженій

$$M_1+\max.M_2+M_3$$

найденныхъ для середины шатуна, будетъ близка къ величинѣ *max.* M, которая будетъ имѣть мѣсто на разстояніи между $0{,}4\ L$ и $0{,}5\ L$ отъ цапфы мотыля.

Останавливаясь на срединѣ шатуна, находимъ

$$M = Q\frac{EI}{PL}\left(\frac{r\omega^2}{2g}+1\right)\left(\frac{1}{Cos\frac{L}{2}\sqrt{\frac{P}{EI}}}-1\right).$$

По формулѣ *Euler*'а для бруса, у котораго ни одинъ изъ концовъ не закрѣпленъ,

$$P = \frac{1}{m}\cdot\frac{\pi^2}{L^2}EI$$

гдѣ

m степень безопасности отъ перелома продольнымъ давленіемъ P.

Вводя въ наши формулы эту величину m, получаемъ

$$\frac{EI}{PL} = \frac{m}{\pi^2}L \quad , \quad \frac{L}{2}\sqrt{\frac{P}{EI}} \qquad \frac{\pi}{2\sqrt{m}}$$

и

$$M = \frac{m}{\pi^2}QL\left(\frac{r\omega^2}{2g}+1\right)\left(\frac{1}{Cos\frac{\pi}{2\sqrt{m}}}-1\right) \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Для спарниковъ подобнымъ же путемъ можно найти наибольшее значеніе изгибающаго момента какъ разъ на половинѣ длины:

$$M = \frac{m}{\pi^2}QL\left(\frac{r\omega^2}{g}+1\right)\left(\frac{1}{Cos\frac{\pi}{2\sqrt{m}}}-1\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) нельзя назвать удобными для вычисленій *), и потому желательно замѣнить ихъ другими, требующими менѣе труда для подсчетовъ.

---

*) Если нѣтъ подъ руками таблицъ тригонометрическихъ величинъ, то *Cos* можно опредѣлить по формулѣ

$$Cos\,\alpha = \frac{\pi^2-4\alpha^2}{\pi^2+\alpha^2}$$

гдѣ $\pi^2=9{,}8696$, а величина α не болѣе $\frac{\pi}{2}=1{,}5708$.

Для этого вмѣсто

$$\frac{r\omega^2}{g}\cdot\frac{Q}{6}\left(x-\frac{x^3}{L^2}\right)+\frac{Q}{2}x-\frac{Q}{L}\cdot\frac{x^2}{2}$$

возьмемъ выраженіе

$$\frac{QL}{8}\left(\frac{r\omega^2}{2g}+1\right)Cos\frac{L-2x}{L}\cdot\frac{\pi}{2}$$

—легко убѣдиться, что при $x=0$, $0{,}5L$, L выраженія эти тождественны.

Для получаемаго такимъ обвазомъ диференціальнаго уравненія

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{P}{EI}y=-\frac{QL}{8EI}\left(\frac{r\omega^2}{2g}+1\right)Cos\frac{L-2x}{L}\cdot\frac{\pi}{2}$$

находимъ сперва частное рѣшеніе

$$y=a.\ Cos\frac{L-2x}{L}\cdot\frac{\pi}{2}+b.\ Sin\frac{L-2x}{L}\cdot\frac{\pi}{2}$$

гдѣ

$$a=\frac{QL}{8EI}\cdot\frac{\frac{r\omega^2}{2g}+1}{\frac{\pi^2}{L^2}-\frac{P}{EI}}$$

$$b=0.$$

Стало быть общее (или полное) рѣшеніе будетъ

$$y=A_1\,Cos\,kx+B_1\,Sin\,kx+\frac{QL}{8EI}\cdot\frac{\frac{r\omega^2}{2g}+1}{\frac{\pi^2}{L^2}-\frac{P}{EI}}\,Cos\frac{L-2x}{L}\cdot\frac{\pi}{2}.$$

Полагая здѣсь $x=0$, находимъ $A_1=0$ $(y=0)$

$x=L$ — . — $B_1=0$ $(y=0)$.

Слѣдовательно, интегралъ разсматриваемаго уравненія въ данномъ случаѣ будетъ

$$y=\frac{QL}{8EI}\cdot\frac{\frac{r\omega^2}{2g}+1}{\frac{\pi^2}{L^2}-\frac{P}{EI}}\,Cos\frac{L-2x}{L}\cdot\frac{\pi}{2}$$

а на половинѣ длины шатуна плечо дѣйствія силы P

$$y_c=\frac{QL}{8P}\cdot\frac{\frac{r\omega^2}{2g}+1}{m-1}.$$

Если теперь моментъ силы P для сѣченія по серединѣ шатуна, равный

$$M_3 = \frac{QL}{8} \cdot \frac{\frac{r\omega^2}{2g} + 1}{m - 1}$$

сложимъ съ моментомъ отъ силъ инерціи и вѣса шатуна

$$M_1 + M_2 = \frac{QL}{8}\left(\frac{r\omega^2}{2g} + 1\right)$$

то получимъ для ведущаго шатуна изгибающій моментъ

$$M = \frac{QL}{8}\left(\frac{r\omega^2}{2g} + 1\right)\frac{m}{m-1} \quad \ldots\ldots \text{(I)}$$

Подобнымъ же образомъ для спарниковъ можно получить

$$M = \frac{QL}{8}\left(\frac{r\omega^2}{g} + 1\right)\frac{m}{m-1} \quad \ldots\ldots \text{(II)}$$

Эти формулы очень просты и удобны для вычисленій: вмѣсто $\frac{m}{\pi^2}\left(\frac{1}{Cos\ \frac{\pi}{2\sqrt{m}}} - 1\right)$ формулъ (1) и (2) здѣсь приходится имѣть дѣло съ выраженіемъ $\frac{1}{8} \cdot \frac{m}{m-1}$, а численныя величины моментовъ получаются тѣ же самыя.

Задаваясь разными значеніями m, находимъ слѣдующіе результаты:

m	$\frac{m}{m-1}$	$\frac{8m}{\pi^2}\left(\frac{1}{Cos\ \frac{\pi}{2\sqrt{m}}} - 1\right)$	Выводы.
4	$\frac{4}{3} = 1{,}333$	$\frac{32}{\pi^2}\left(\frac{1}{Cos\ 45^\circ} - 1\right) = 1{,}333$	Чѣмъ больше степень безопасности m отъ перелома продольнымъ давленіемъ, тѣмъ менѣе вліянія имѣетъ изгибающій моментъ этого давленія на увеличеніе напряженія, производимаго другими изгибающими шатунъ силами. При m около 9 вліяніе это можно считать приблизительно въ 13%, при m около 16—въ 7%.
9	$\frac{9}{8} = 1{,}125$	$\frac{72}{\pi^2}\left(\frac{1}{Cos\ 30^\circ} - 1\right) = 1{,}128$	
16	$\frac{16}{15} = 1{,}067$	$\frac{128}{\pi^2}\left(\frac{1}{Cos\ 22^\circ\ 30'} - 1\right) = 1{,}066$	
25	$\frac{25}{24} = 1{,}042$	$\frac{200}{\pi^2}\left(\frac{1}{Cos\ 18^\circ} - 1\right) = 1{,}043$	

Для *примѣра* возьмемъ ведущій шатунъ длиною $L = 3000$ мм., съ сѣченіемъ (фиг. 494) по срединѣ длины такимъ, что площадь

$$\Omega = 5750 \text{ кв. мм.}$$

а моменты инерціи

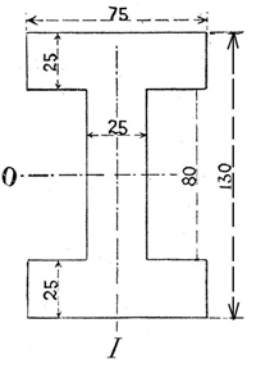
$$I = 11{,}598{,}000 \text{ (мм}^4\text{)}$$

относительно оси 0;

$$I' = 1{,}862{,}000 \text{ (мм}^4\text{)}$$

относительно оси I.

Фиг. 494.



Собственный вѣсъ шатуна $Q = 140$ клгр., давленіе пара на поршень $P = 27{,}500$ клгр. ($d = 500$ мм., $p = 14$ атм.), плечо мотыля $r = 0{,}33$ м., ускореніе силы тяжести $g = 9{,}81$ м., модуль упругости (*Young*'а) $E = 20{,}000$ клгр. на кв. мм.; скорость движенія такова, что $\omega^2 = 750$, что соотвѣтствуетъ почти 260 оборотамъ въ минуту *).

Степень безопасности шатуна отъ перелома продольною силою P, при выпучиваніи въ плоскости I будетъ

$$m = \frac{\pi^2}{L^2}\,\frac{EI}{P} = 9{,}3\ ,$$

а въ плоскости 0, если разсматривать тутъ шатунъ какъ брусъ съ закрѣпленными концами степень безопасности

$$n = 4\frac{\pi^2}{L^2}\,\frac{EI'}{P} = 6.$$

Для сѣченія на половинѣ длины шатуна моментъ силъ инерціи

$$M_1 = 662 \text{ килограмметр.}$$

а моментъ собственнаго вѣса шатуна

$$M_2 = 52{,}5 \text{ килограмметр.}$$

Если же примемъ во вниманіе и изгибъ, производимый силою P, то по формулѣ (I) найдемъ

$$M = 800{,}6 \text{ килограмметр.}$$

---

*) $\omega = \frac{\pi n}{30}$, если n число оборотовъ мотыля въ минуту.

т. е. отъ продольнаго давленія P изгибающій моментъ

$$M_3 = 86{,}1 \text{ килограмметр.}$$

Такимъ образомъ при 260 оборотахъ въ минуту напряженіе въ сѣченіи по серединѣ длины шатуна будетъ

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{27{,}500}{5750} + \frac{800{,}600.130}{11{,}598{,}000.2} = 4{,}8 + 4{,}4 =$$
$$= 9{,}2 \text{ клгр. на кв. мм.}$$

и если сталь, изъ которой изготовленъ шатунъ, представляетъ сопротивленіе разрыву въ 50 клгр. на кв. мм., то степень безопасности отъ разрушенія при указанной скорости будетъ

$$\frac{50}{9{,}2} = 5{,}4$$

а еслибы скорость движенія возросла до 390 оборотовъ въ минуту, то напряженіе могло бы дойти до

$$4{,}8 + 4{,}4 \left(\frac{390}{260}\right)^2 = 14{,}7 \text{ клгр. на кв. м.}$$

т. е. степень безопасности для шатуна отъ разрушенія дѣйствующими на него силами понизилась бы до

$$\frac{50}{14{,}7} = 3{,}4.$$

Замѣтимъ, что еслибы при опредѣленіи напряженія оставить въ сторонѣ вліяніе продольнаго давленія на изгибъ, то получили бы

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2' = \frac{27{,}500}{5750} + \frac{714{,}500}{11{,}598{,}000} \cdot \frac{130}{2} = 4{,}8 + 4{,}0 =$$
$$= 8{,}8 \text{ клгр. на кв. мм.}$$

вмѣсто 9,2 т. е. всего на $4^1/_3\%$ меньше.

Если принять во вниманіе, что тотъ элементъ быстро вращающагося шатуна, въ которомъ проявляется напряженіе въ 14,7 клгр. на кв. мм., подвергается не статической нагрузкѣ, а часто повторяемой смѣнѣ сжатія и растяженія, то разрушающее напряженіе для матеріала будетъ не 50 клгр. на кв. мм., а втрое меньше, т. е. всего около 17 клгр.

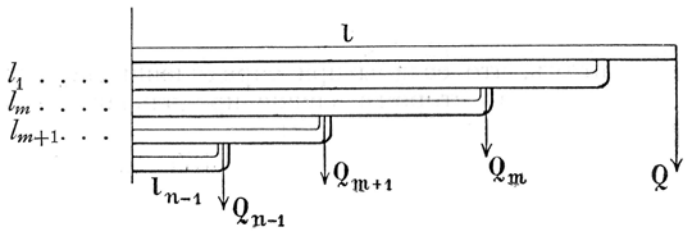
А потому можно думать, что для разсматриваемаго нами случая увеличеніе скорости движенія до 390 оборотовъ въ минуту легко можетъ повлечь за собою изломъ ведущаго шатуна,

Приложеніе V.

ВЫВОДЪ ФОРМУЛЪ, ОТНОСЯЩИХСЯ КЪ РАСЧЕТУ ЛИСТОВЫХЪ РЕСОРЪ.

Пусть ресора состоитъ изъ n листовъ длиною l, l_1, l_2, . . . l_m, . . . l_{n-1}. Однимъ концомъ листы закрѣплены, а на другой конецъ передаются нагрузки Q, Q_1, Q_2, . . . Q_m, . . . Q_{n-1} (фиг. 495).

Фиг. 495.



Для m-аго листа, т. е. длиною l_m, въ мѣстѣ закрѣпленія имѣемъ:

$$Q_m\ l_m - Q_{m+1}\ l_{m+1} = \tfrac{1}{6}\sigma\, b\, h^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

и предположимъ, что на длинѣ нижележащаго листа всѣ листы одинаковой ширины b и одинаковой толщины h.

Посмотримъ, какія условія должны быть выполнены, чтобы наибольшее напряженіе σ было во всѣхъ листахъ одинаковое.

Если первоначальный радіусъ кривизны листовъ ρ_o послѣ приложенія груза Q обращается для m-аго листа въ ρ_m, то при значительныхъ радіусахъ кривизны

$$\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_m} = \pm \frac{M_m}{EI_m}$$

гдѣ верхній знакъ (+) соотвѣтствуетъ тому случаю, когда при прогибѣ первоначальная (фабричная) стрѣла ресоры уменьшается, а нижній (—) наоборотъ, когда стрѣла увеличивается при прогибѣ.

Величина момента M_m для какого-либо сѣченія m-аго листа на разстояніи x отъ мѣста закрѣпленія будетъ

$$M_m = Q_m(l_m - x) - Q_{m+1}(l_{m+1} - x)$$
$$= Q_m l_m - Q_{m+} l_{m+1} - x(Q_m - Q_{m+1})$$

если x не болѣе l_{m+1}; въ противномъ случаѣ

$$M_m = Q_m(l_m - x).$$

Слѣдовательно

$$\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_m} = Q_m \frac{l_m - x}{EI_x} \quad \ldots\ldots (a)$$

если x не меньше l_{m+1}, и

$$\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_m} = \pm \left(\frac{2\sigma}{Eh} - x \frac{Q_m - Q_{m+1}}{EI} \right) \quad \ldots (b)$$

если x не больше l_{m+1}, (здѣсь имѣетъ мѣсто уравненіе (1) и моментъ инерціи сѣченія постоянная величина $= \frac{b\,h^3}{12}$).

Изъ уравненія (b) видимъ, что на разстояніяхъ x не болѣе l_{m+1}, для m-аго листа изгибъ будетъ одинаковъ со всѣми листами, лежащими выше, если

$$Q_m - Q_{m+1} = Q_{m-1} - Q_m = \ldots = Q_1 - Q_2 = Q - Q_1 = C$$

откуда

$$Q_m = Q - m\,C$$

или, полагая $C = \frac{Q}{k}$,

$$Q_m = \frac{k-m}{k} Q \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

На основаніи формулы (1) имѣемъ

$$Ql - Q_1 l_1 = Q_1 l_1 - Q_2 l_2 = \ldots = Q_m l_m - Q_{m+1} l_{m+1} = \ldots = Q_{n-1} l_{n-1} - 0 = \tfrac{1}{8} \sigma b h^2 = C'$$

откуда

$$\begin{aligned} Q_{n-1} l_{n-1} &= C' \\ Q_{n-2} l_{n-2} &= 2 C' \\ &\cdots \\ Q_m l_m &= (n-m) C' \\ &\cdots \\ Q_1 l_1 &= (n-1) C' \\ Q l &= n C' = \tfrac{1}{6} n \sigma b h^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3) \end{aligned}$$

и слѣдовательно:

$$Q_m l_m = \frac{n-m}{n} Q l.$$

Принимая во вниманіе формулу (2), находимъ, что длина m-аго листа должна быть

$$l_m = \frac{1 - \frac{m}{n}}{1 - \frac{m}{k}} l \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Длина эта не можетъ быть больше l, а потому k здѣсь должно быть равно или больше n.

Полагая, что кривизна ресоры небольшая, можно принять

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{dx^2}$$

а интегрируя уравненіе

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{\rho_o} - \frac{2\sigma}{Eh} + x \frac{C}{EI}$$

найдемъ

$$\frac{dy}{dx} = \left(\frac{1}{\rho_o} - \frac{2\sigma}{Eh} \right) x + \frac{x^2}{2} \cdot \frac{C}{EI} + C_1$$

и

$$y = \left(\frac{1}{\rho_o} - \frac{2\sigma}{Eh} \right) \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} \cdot \frac{C}{EI} + C_1 x + C_2.$$

А такъ какъ при $x = 0$

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_o = 0 \ , \ y_o = 0,$$

то постоянныя $C_1 = C_2 = 0$, и

$$\frac{dy}{dx} = \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{2\sigma}{Eh}\right) x + \frac{x^2}{2} \cdot \frac{C}{EI}$$

$$y = \left(\frac{1}{\rho_o} - \frac{2\sigma}{Eh}\right) \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} \cdot \frac{C}{EI}.$$

Допуская, что это уравненіе справедливо до конца верхняго листа длиною l, получаемъ стрѣлу

$$F = \left(\frac{1}{\rho_o} - \frac{2\sigma}{Eh}\right) \frac{l^2}{2} + \frac{l^3}{6} \cdot \frac{C}{EI}$$

и если первоначальная (фабричная) стрѣла была

$$F_o = \frac{l^2}{2\rho_o},$$

то прогибъ f ресоры подъ нагрузкою Q будетъ равенъ разности $F_o - F$:

$$f = \frac{\sigma l^2}{Eh} - \frac{l^3}{6} \cdot \frac{C}{EI} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

Переходя отъ общихъ формулъ къ частнымъ случаямъ, прежде всего положимъ $k = n$; тогда получимъ $C = \frac{Q}{n}$ и по формуламъ (2) и (4)

$$Q_m = \frac{n - m}{n} Q$$

$$l_m = l$$

т. е. всѣ листы одинаковой длины. Это ресора, называемая *прямоугольной*, и для нея по формуламъ (3) и (5)

$$Q = \tfrac{1}{6} n \frac{\sigma b h^2}{l}$$

$$f = \frac{4 Q l^3}{E n b h^3} = \tfrac{2}{3} \frac{\sigma l^2}{E h}.$$

Что касается ресоръ съ листами различной длины, то мы остановимся только на томъ случаѣ, когда $k = \infty$, слѣдовательно $C = 0$ и по формуламъ (2) и (4):

$$Q_m = Q$$

$$l_m = \frac{n - m}{n} l$$

$$l_m - l_{m+1} = \frac{l}{n}$$

т. е всѣ концы листовъ, выдающіеся надъ лежащими внизу листами, одинаковой длины.

Чтобы во всѣхъ сѣченіяхъ этихъ концовъ наибольшее напряженіе было одинаково, нужно прибѣгнуть къ измѣненію момента инерціи сѣченій согласно уравненію

$$\sigma = \frac{Q_m z}{I_z}.$$

Здѣсь z разстояніе отъ края, гдѣ приложена нагрузка Q_m, до разсматриваемаго сѣченія, т. е.

$$z = l_m - x.$$

Если видъ сѣченія прямоугольный, то

$$I_z = \frac{b_z h_z^3}{12}$$

и чтобы σ оставалось постояннымъ при разныхъ z, необходимо, чтобы было

$$\frac{z}{I_z} = \text{const}.$$

А такъ какъ для $x = l_{m+1}$ моментъ инерціи $I = \frac{b h^3}{12}$, то должно быть

$$\frac{z}{I_z} = \frac{l_m - l_{m+1}}{I} = \frac{l}{nI}$$

и слѣдовательно

$$b_z h_z^3 = \frac{n b h^3}{l} z.$$

Это можно осуществить двояко:

1) оставляя $b_z = b$, получаемъ

$$h_z^3 = \frac{n h^3}{l} z$$

т. е. очертаніе выдающагося конца ресоры должно быть по кубической параболѣ—это ресора *ступенчатая*;

2) дѣлая $h_z = h$, находимъ

$$b_z = \frac{n b}{l} z$$

т. е. выдающіеся концы срѣзаются прямолинейно такъ, что ширина b постепенно сходитъ на нѣтъ,—это ресора *треугольная*

Комбинируя треугольную ресору съ прямоугольной, получаемъ форму выдающагося конца въ видѣ трапеціи (ресора *трапецоидальная*).

Для этихъ ресоръ по формуламъ (3) и (5):

$$Q = \frac{1}{6} n \frac{\sigma b h^2}{l}$$

$$f = \frac{6 Q l^3}{E n b h^3} = \frac{\sigma l^3}{E h}.$$

Легко убѣдиться, что и части ресорныхъ листовъ, выдающіяся надъ нижележащими листами, будутъ изгибаться одинаково съ листами, лежащими выше.

Въ самомъ дѣлѣ, для выдающейся части m-аго листа въ сѣченіи на разстояніи x отъ мѣста закрѣпленія по формулѣ (a) имѣемъ

$$\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_m} = Q_m \frac{l_m - x}{E I_x} = Q_m \frac{z}{E I_z} = \frac{Q l}{E n I}$$

и для соотвѣтствующаго сѣченія (m—1)-аго листа по формулѣ (b), такъ какъ въ данномъ случаѣ $Q_m - Q_{m+1} = 0$, $\sigma = \frac{6 Q l}{n b h^2}$:

$$\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_{m-1}} = \frac{Q l}{E n I},$$

т. е. кривизна всѣхъ листовъ прогнувшейся ресоры вездѣ одинакова:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_o} - \frac{Q l}{E n I}$$

если фабричная стрѣла при прогибѣ уменьшается, или

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho^o} + \frac{Q l}{E n I}$$

если первоначальная стрѣла при прогибѣ возрастаетъ.

Если до нагрузки ресора—треугольная, ступеньчатая или трапецоидальная—имѣетъ прямолинейный видъ (бельгійскій типъ), то подъ грузомъ Q всѣ листы ея изогнутся по кругу радіуса

$$\rho = \frac{E n I}{Q l}.$$

Въ томъ случаѣ, когда прямолинейная ресора состоитъ изъ прямоугольной въ n' листовъ, и изъ тре-

угольной (или ступеньчатой) въ n листовъ, и грузъ Q подраздѣляется между ними такъ, что $X+Y=Q$, то для треугольной ресоры получаемъ послѣ прогиба

$$\rho=\frac{E\,n\,I}{Y\,l}$$

а для прямоугольной по формулѣ (b) при $Q_m-Q_{m+1}=\frac{X}{n'}$ и $\sigma=\frac{6\,X\,l}{n'\,b\,h^2}$:

$$\frac{1}{\rho_o}-\frac{1}{\rho_m}=-\,X\frac{l-x}{E\,n'\,I}$$

т. е. при $\rho_o=\infty$ радіусъ кривизны

$$\rho_m=\frac{E\,n'\,I}{X(l-x)}$$

въ сѣченіяхъ на различныхъ разстояніяхъ отъ хомута былъ бы различенъ. А такъ какъ ресора эта связана съ другой и концы ихъ взаимно соприкасаются, то, чтобы облегчить взаимное соприкасаніе между обѣими ресорами, слѣдуетъ до сборки придать прямоугольнымъ листамъ такую кривизну, чтобы

$$\frac{1}{\rho_o}=\frac{1}{\rho}-X\frac{l-x}{E\,n'\,I}$$

т. е. у хомута

$$\frac{1}{\rho_o}=\frac{1}{\rho}-\frac{X\,l}{E\,n'\,I}$$

а у конца ресоры

$$\frac{1}{\rho_o}=\frac{1}{\rho}$$

при чемъ фабричная стрѣла изгиба этихъ листовъ будетъ

$$y=\frac{l^2}{2\rho}-\frac{X\,l^3}{3\,E\,n'\,I}$$

а послѣ прогиба подъ дѣйствіемъ груза Q стрѣла для всѣхъ листовъ ресоры будетъ одна и та же

$$y=\frac{l^2}{2\,\rho}.$$

Приложеніе VI.

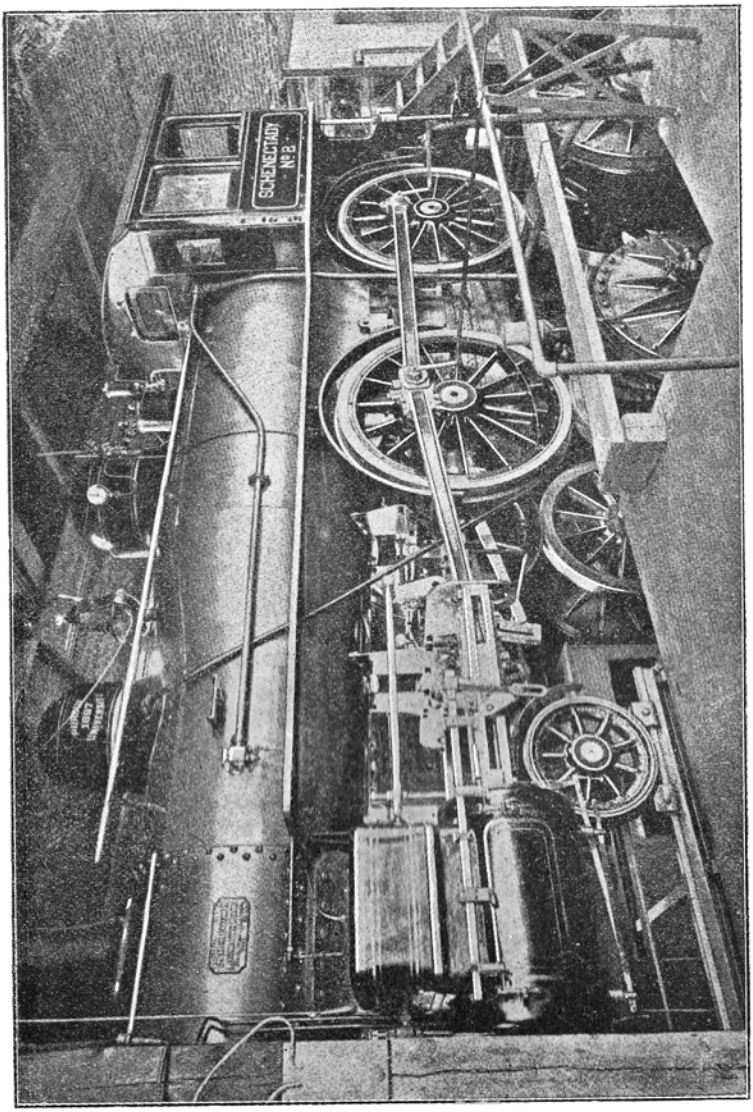
УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНІЕ ЛАБОРАТОРІИ ДЛЯ ОПЫТОВЪ НАДЪ ПАРОВОЗАМИ ВЪ УНИВЕРСИТЕТѢ ПАРДЬЮ*).

Явленія, сопровождающія движеніе паровоза по рельсовому пути, очень сложны, и много обстоятельствъ и условій, мѣняющихся независимо отъ воли экспериментатора, вліяетъ на интересующій его результатъ, маскируя и затемняя отыскиваемую имъ связь между причиной и слѣдствіемъ или сбивая его съ толку и давая поводъ видѣть искомую причину не тамъ, гдѣ она кроется въ дѣйствительности.

Въ началѣ 80-ыхъ годовъ у насъ инженеръ *А. П. Бородинъ*, для того чтобы произвести калориметрическое изслѣдованіе работы паровоза, ставилъ его какъ движитель въ Кіевскихъ мастерскихъ Юго-Западныхъ ж. дорогъ и производилъ надъ нимъ опыты какъ надъ постоянной машиной; но, располагая недостаточными приспособленіями, заставлялъ движущую ось дѣлать лишь около 100 оборотовъ въ минуту и развивать не болѣе 100 лошадиныхъ силъ, т. е. работать далеко не такъ, какъ приходится паровозу работать въ поѣздной службѣ.

---

*) Подробности объ этомъ Университетѣ въ книжечкѣ:
А. Д. Романовъ. Одно изъ высшихъ учебныхъ заведеній въ Соединенныхъ Штатахъ Америки (*Purdue University*). СПБ. 1899.



Фиг. 496.

Первый, кому удалось надлежащимъ образомъ устроить и оборудовать испытательную станцію для паровозовъ, это—*В. Ф. М. Госъ* (*W. F. M. Goss*), професоръ экспериментальной механики и директоръ инженерной лабораторіи въ Университетѣ Пардью.

Установить паровозъ для экспериментальныхъ цѣлей было рѣшено въ Пардью въ началѣ 1890 года, при чемъ было намѣчено:

1) устроить на валахъ, вращающихся въ неподвижныхъ подшипникахъ, опорныя (взамѣнъ рельсовъ) колеса для движущихъ колесъ паровоза;

2) снабдить эти валы достаточно сильными тормазами для того, чтобы поглощать наибольшую работу, какую паровозъ въ состояніи давать;

3) примѣнить такой тяговой динамометръ, чтобы, показывая силу тяги, онъ въ то же время не допускалъ замѣтнаго горизонтальнаго перемѣщенія паровоза по опорнымъ колесамъ.

Представимъ себѣ, что у паровоза, установленнаго такимъ образомъ, открываютъ регуляторъ, и паръ, дѣйствуя на поршни цилиндровъ, приводитъ во вращеніе движущія колеса; при этомъ станутъ вращаться и соприкасающіяся съ ними опорныя колеса, замѣняющія рельсовый путь. Паровозъ такимъ образомъ останется на мѣстѣ, заставляя двигаться назадъ воображаемый рельсовый путь. Если къ этому пути, т. е. къ опорнымъ колесамъ, приложить силу, замедляющую ихъ движеніе, то паровозъ будетъ стремиться сдвинуться съ нихъ. Если же къ опорнымъ колесамъ приложить такое тормазное усиліе, чтобы они перестали вращаться, то движущія, колеса паровоза или тоже перестанутъ вращаться, или будутъ скользить по опорнымъ колесамъ (боксовать). Усиліе, передаваемое отъ движущихъ колесъ на опорныя (каково бы оно ни было—большое или малое) проявится въ видѣ натяженія на томъ стержнѣ, который только и удерживаетъ паровозъ на мѣстѣ. Помѣщенный за тяговымъ стержнемъ динамометръ долженъ быть таковъ, чтобы паровозъ не мѣнялъ своего разстоянія отъ неподвижной точки, въ которой динамометръ укрѣпленъ.

При такомъ устройствѣ можно опредѣлять какъ силу тяги въ любое мгновеніе, такъ и работу паро-

воза въ единицу времени (мощность въ паровыхъ лошадяхъ), при какихъ угодно скоростяхъ и при всякихъ усиліяхъ на тяговомъ стержнѣ,—стоитъ только увеличивать или уменьшать тормазное сопротивленіе на опорныхъ колесахъ.

Въ маѣ 1891 года былъ заказанъ заводу *Schenectady Locomotive Works* восьмиколесный паровозъ съ двумя спаренными осями и двухосной телѣжкой впереди, а въ слѣдующіе два мѣсяца выработанъ планъ установки. Въ сентябрѣ паровозъ былъ полученъ, и все устройство было въ ходу ранѣе конца года.

Въ послѣдней половинѣ 1893 года былъ произведенъ рядъ (четырнадцать) очень тщательныхъ опытовъ надъ полезнымъ дѣйствіемъ паровоза при открытомъ вполнѣ регуляторѣ и при высокихъ скоростяхъ (индикаторъ показывалъ работу отъ 300 до 700 лошадиныхъ силъ). Отъ данныхъ, добытыхъ этими опытами, ожидались цѣнные результаты, но въ январѣ 1894 года инженерная лабораторія сгорѣла: пожаръ уничтожилъ всѣ опытныя данныя, еще не опубликованныя, а паровозъ пришлось отдать въ ремонтныя мастерскія одной изъ ж. дорогъ. Спустя четыре мѣсяца онъ снова былъ установленъ *) въ особомъ построенномъ для него зданіи, при чемъ самое оборудованіе для производства опытовъ было нѣсколько улучшено.

Вотъ это-то новое устройство мы и разсмотримъ подробнѣе.

На фиг. 497 видно, что на фундаментѣ изъ кирпичной кладки, сверху выложенной тесанными камнями, укрѣплены чугунныя постельныя плиты *A*; въ этихъ плитахъ имѣются круглыя съ винтовой нарѣзкой дыры, и въ нихъ помощью болтовъ можно закрѣплять на желаемомъ разстояніи другъ отъ друга **) стулья *B* съ подшипниками, вкладыши которыхъ залиты бабитомъ. Между подшипниками и стульями проложены деревянныя подушки *C*.

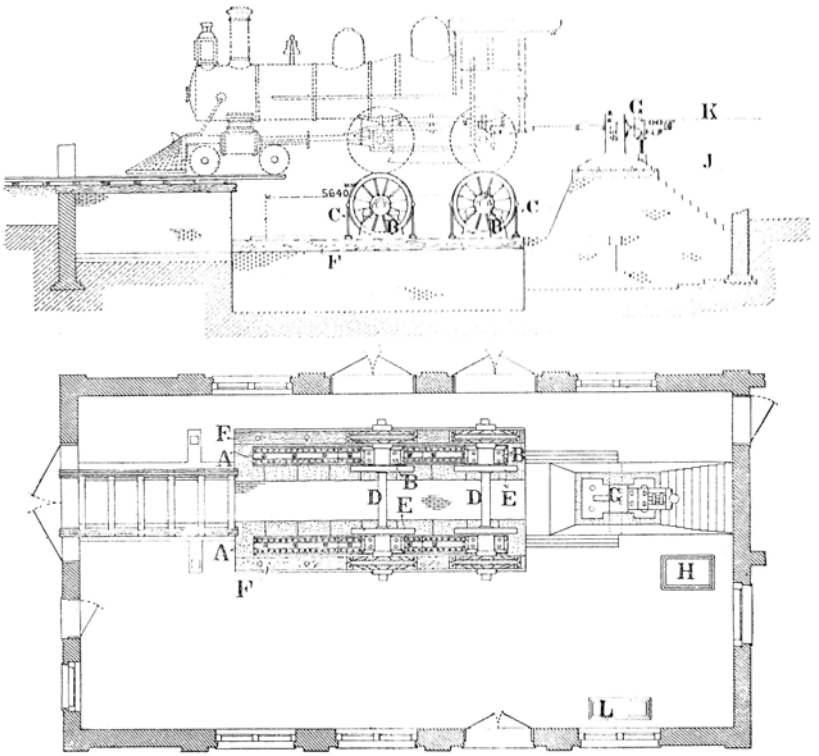
---

*) Паровозъ этотъ въ іюнѣ 1897 года проданъ ж. дорогѣ *Michigan Central Ry*, а на его мѣсто купленъ другой, извѣстный подъ именемъ „Schenectady № 2“ (фиг. 496 на стр. 530).

**) На фиг. 497 показано, что разстояніе между крайними движущими осями можетъ быть въ 5640 мм.

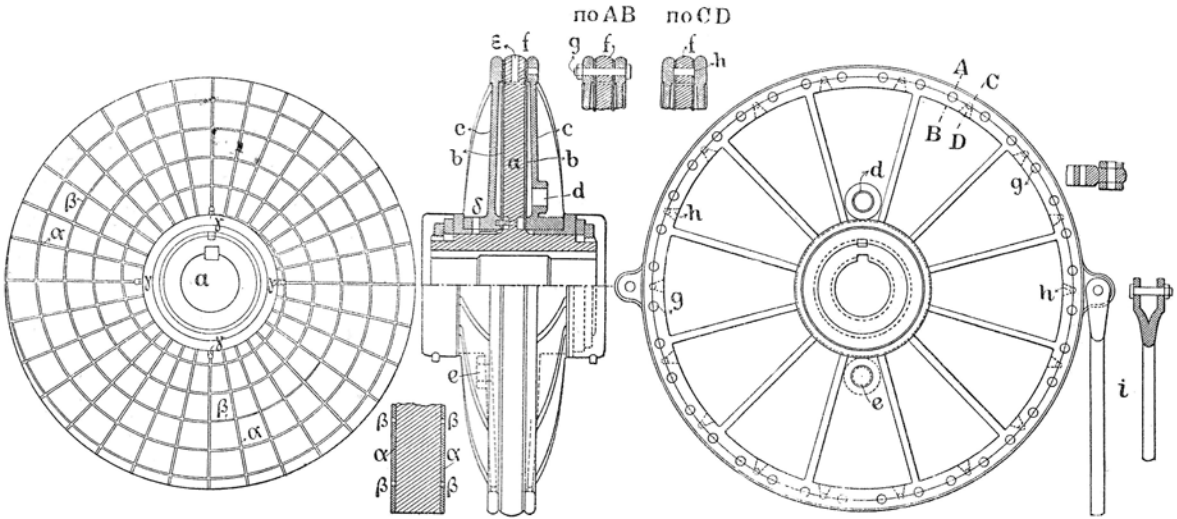
Въ подшипникахъ могутъ вращаться валы *D* съ насаженными наглухо опорными колесами *E*, имѣющими закругленное очертаніе обода, какъ у рельсовой головки. На внѣшніе же концы валовъ насажены тоже наглухо чугунные диски тормаза; эти диски заключены въ тормазные кожухи, прикрѣпленные къ деревяннымъ лежнямъ *F*.

Фиг. 497.



A—чугунныя постельныя плиты.
B—стулья для подшипниковъ.
C—деревянныя подушки.
D—валы съ опорными колесами и тормазами.
E—опорныя колеса.
F—деревянные лежни.
G—динамометръ.
H—фундаментъ для вѣсовъ динамометра.
J—уровень пола мастерской.
K—уровень кочегарной площадки.
L—фундаментъ для насоса.

Фиг. 498.



a—чугунный тормазной дискъ.
α—радіальныя канавки на немъ.
β—спиральная канавка.
γ—сквозныя отверстія для масла.
δ—отверстіе для впуска масла.

b—мьдные диски кожуха.
c—чугунные „ „
d—отверстіе для впуска воды.
e—отверстіе для выпуска воды.
ε—отверстіе для выпуска масла.

f—кольцо, замыкающее полость кожуха.
g—болты, стягивающіе это кольцо съ наружными дисками.
h—каналы для циркуляціи воды.
i—анкерные стержни.

Тормаза, поглощающіе всю развиваемую паровозомъ работу *), построены по типу, выработанному *Г. А. Олденомъ* (*Geo. A. Alden*), професоромъ Политехническаго Института въ *Worcester, Mass.* (*U. S. A.*).

Устройство этого фрикціоннаго тормаза представлено на фиг. 498.

На валу закрѣпляется шпонкой чугунный дискъ *a*, съ обѣихъ сторонъ снабженный канавками для масла: радіальными α и спиральной β, и кромѣ того сквозными отверстіями γ. По этимъ канавкамъ и отверстіямъ масло, притекающее въ промежутокъ между чугуннымъ дискомъ *a* и мѣдными *b*, можетъ распространяться по всей площади взаимнаго ихъ соприкасанія, когда они будутъ двигаться относительно другъ друга, при чемъ тонкіе мѣдные диски, скрѣпленные въ одно цѣлое съ чугунными дисками *c* будутъ прижиматься къ среднему диску *a* давленіемъ воды, нагнетаемой насосами въ полость между мѣдными дисками *b* и чугунными *c* наружнаго кожуха. Вода, нагнетаемая насосами, входитъ черезъ отверстіе *d* и, нагрѣвшись вслѣдствіе теплоты, развиваемой треніемъ между дисками *a* и *b*, выходитъ черезъ отверстіе *e*. Работа паровоза, передаваемая движущими его колесами, поглощается этимъ треніемъ между дисками *a* и *b* и треніемъ въ подшипникахъ валовъ.

Тормазные кожухи удерживаются на мѣстѣ анкерными стержнями *i*, которые нижними своими концами укрѣплены въ деревянныхъ лежняхъ фундамента.

Тяговое усиліе паровоза, проявляющееся на тяговомъ стержнѣ, не остается постоянно одинаковымъ, а подвержено колебаніямъ, и потому устроить динамометръ для измѣренія этого усилія дѣло довольно трудное.

Динамометръ въ первоначальномъ устройствѣ, до пожара, состоялъ изъ стоившей очень недорого системы рычаговъ, укрѣпленной на тяжелой деревянной рѣшетчатой рамѣ, и колебанія регулировались катарактами.

Въ разсматриваемомъ позднѣйшемъ устройствѣ дерево замѣнено кирпичной масивной кладкой прочно стянутой желѣзными стержнями. Самъ динамометръ состоитъ изъ разрывной

*) До 800 паровыхъ лошадей.

машины *Emery*, гидравлическая опора которой способна не только передавать получаемыя ею усилія, но и противостоять быстрымъ колебаніямъ, передаваемымъ на нее отъ тягового стержня. Сила машины 13600 килогр.

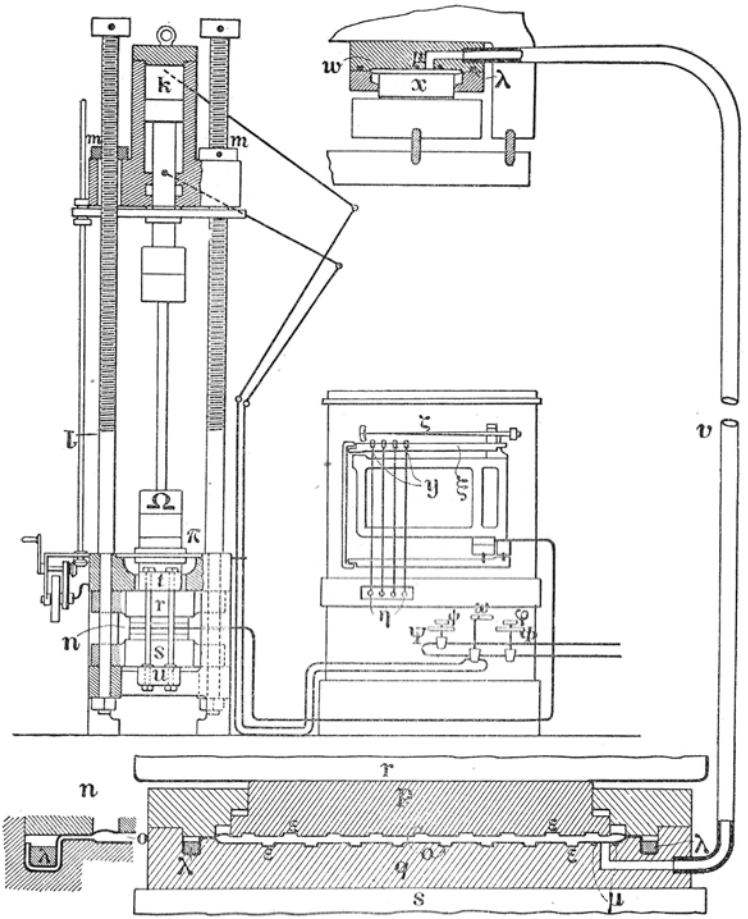
Въ виду огромной силы, которую паровозъ можетъ проявлять, казалось бы съ перваго взгляда, что ошибка въ 25—50 килограмовъ при опредѣленіи тягового усилія имѣетъ мало значенія. Такое заключеніе не всегда можетъ быть правильно. Если сила тяги велика, какъ это бываетъ при медленномъ вращеніи колесъ, то подобная ошибка въ опредѣленіи усилія на тяговомъ стержнѣ не имѣетъ большой важности; совсѣмъ иное дѣло, если скорость высока,— тогда тяговое усиліе не можетъ быть большимъ, и и его приходится опредѣлять съ возможной точностью. Паровозъ, проявляющій при 15-ти верстной скорости силу тяги въ 6000 килогр., будетъ съ трудомъ поддерживать силу тяги въ 1200 килогр. при скорости 90 верстъ въ часъ. Эти соображенія и побудили для обезпеченія точности въ измѣреніяхъ на тяговомъ стержнѣ *) пріобрѣсти машину *Emery*, не останавливаясь передъ ея высокою цѣною.

Устройство этой машины позволяетъ собственно вѣсовое коромысло расположить на нѣкоторомъ разстояніи отъ того пункта, гдѣ усиліе принимается машиной (посредствомъ муфты съ шаровымъ сочлененіемъ на одномъ концѣ и съ винтовой нарѣзкой на другомъ для тягового стержня, для того чтобы регулировать разстояніе паровоза отъ неподвижной точки динамометра **).

Устройство испытательной машины Имери (*Emery testing machine*) въ главныхъ чертахъ таково (фиг. 499): *k*—цилиндръ, куда впускается вода или со стороны полной площади поршня (для испытанія образцовъ на сжатіе или раздавливаніе), или со стороны кольцевой площади поршня (для испытанія на растяженіе или разрывъ). Приводъ *l* съ гайками *m* служитъ для установки цилиндра *k* сообразно съ дли-

*) По словамъ проф. *Unwin*'а на 75-тонной машинѣ измѣрялась точно и быстро каждая четверть килограма, какое бы усиліе ни обнаруживала машина.

**) На фиг. 497 показано, что шаровое сочлененіе можетъ устанавливаться на той или на другой высотѣ помощью вертикальнаго винта въ предѣлахъ, разнящихся на 457 мм.



Фиг. 499.

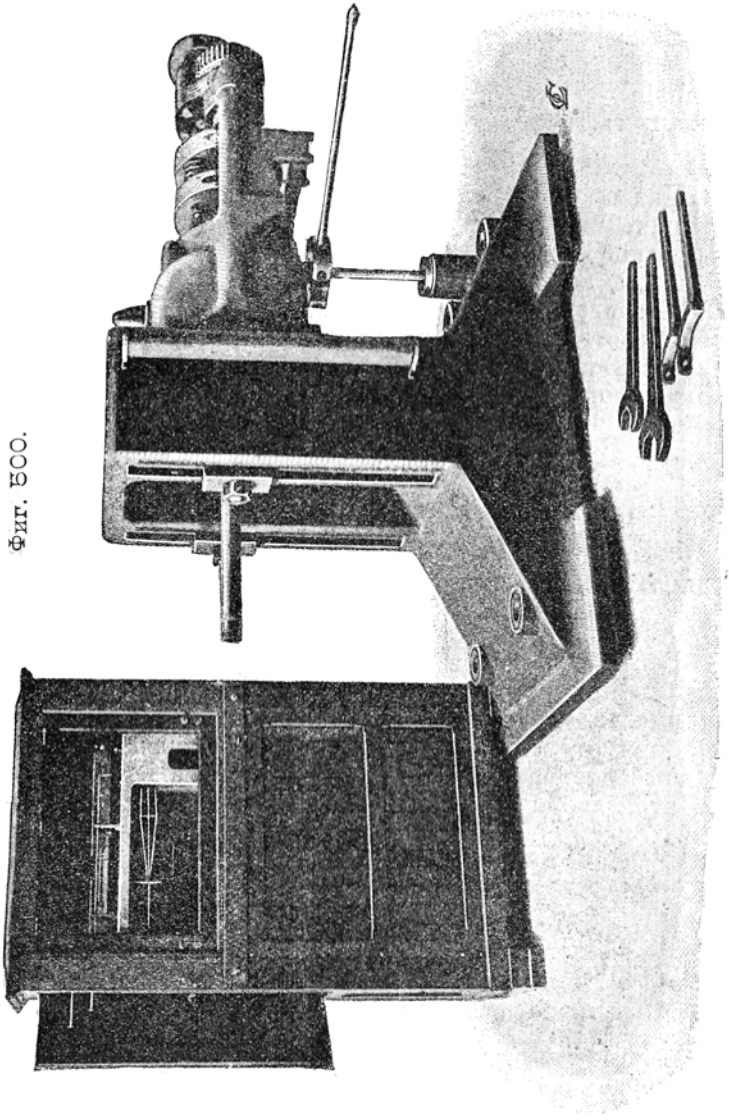
k—цилиндръ съ водою подъ давленіемъ.
l—приводъ къ установочнымъ гайкамъ.
m—гайки для перестановки цилиндра.
n—гидравлическая опора.
o—тонкостѣнный латунный мѣшокъ.
p—поршень опорнаго цилиндра.
q—днище этого цилиндра.
r—надавка опорнаго поршня.
s— „ „ „ цилиндра.
t и ***u***—„поперечины, дѣйствующія на эти надавки.
v—трубка, соединяющая полости ***o*** и ***w***.
w—уменьшитель давленія.
x—поршень этого уменьшителя.
y—разновѣски.
ε—концентрическія канавки.
λ, μ—нажимныя кольца.
ξ—вѣсовое плечо.
η—ручки къ разновѣскамъ.
ζ—указатель равновѣсія.
ω—ручка для впусканья воды въ цилиндръ ***k***.
φ, Φ—маховички, регулирующіе впускъ воды.
ψ, Ψ—маховички, регулирующіе выпускъ воды.
Ω—голова, куда вставляется одинъ изъ концовъ испытываемаго образца.
π—пружина (упругая пластинка).

ной образца, и для безпрепятственнаго передвиженія цилиндра *k* водопроводныя трубки состоятъ изъ звеньевъ, которые могутъ поворачиваться относительно другъ друга. Для измѣренія дѣйствующаго усилія примѣнена гидравлическая опора *n*; она, какъ это видно на сѣченіи въ увеличенномъ масштабѣ, состоитъ изъ тонкостѣннаго ($^1/_8$ мм. толщиной) латуннаго мѣшка *o*, содержащаго смѣсь спирта съ глицериномъ и прилегающаго, съ одной стороны, къ поршню *p*, а съ другой—къ днищу цилиндра *q*, при чемъ тонкіе латунные листы плотно входятъ въ концентрическія канавки ε. Герметичность соприкасанія латунныхъ листовъ между собою обезпечивается кольцами у λ. Гидравлическая опора *n* заключена между надавками *r* и *s*, на которыя дѣйствуютъ поперечины *t* и *u* (*t* при сжиманіи, *u* при растягиваніи образца). Такимъ образомъ всякое измѣненіе въ давленіи на поршень *k* передается на жидкость въ полости *o*, а отсюда по трубкѣ *v* *) во вторую полость *w*, называемую „уменьшителемъ“ давленія (*reducer*). Поршень *x* передаетъ затѣмъ давленіе на рычажный приборъ для взвѣшиванія. Такимъ образомъ для опредѣленія усилія, дѣйствующаго на поршень цилиндра *k*, требуются только мелкіе разновѣски *y*, которыя прилагаются къ плечу ξ посредствомъ ручекъ η для того, чтобы плечо это оставалось въ одномъ и томъ же положеніи, а это точно указывается стрѣлкою ζ. Посредствомъ ручки ω можно устанавливать впускъ воды по ту или другую сторону поршня *k*. Въ φ, Φ и ψ, Ψ помѣщено по парѣ маховичковъ: большой маховичекъ Φ открываетъ доступъ водѣ изъ акумулятора или насосовъ, а большой маховичекъ Ψ отпираетъ выпускное отверстіе; маленькими же маховичками φ и ψ регулируютъ величину отверстій, открываемыхъ большими.

Голова Ω и связанныя съ нею части уравновѣшиваются пружинами—упругими пластинками π, подвергающимися лишь незначительному изгибу; но и это обстоятельство не вліяетъ на точность показаній машины, такъ какъ оно принимается въ счетъ при калибрированіи вѣсоваго прибора.

*) Тамъ, гдѣ трубка *v* входитъ въ полости *o* и *w*, латунные листы плотно вдавливаются въ кольцевыя канавки λ и μ и закрѣпляются тамъ кольцами.

Если нижнюю половину такой машины расположить горизонтально (фиг. 500), а вмѣсто образца укрѣпить въ головѣ Ω тяговой стержень, то разновѣски на вѣсовомъ плечѣ ξ будутъ указывать силу тяги паровоза.



Фиг. 500.

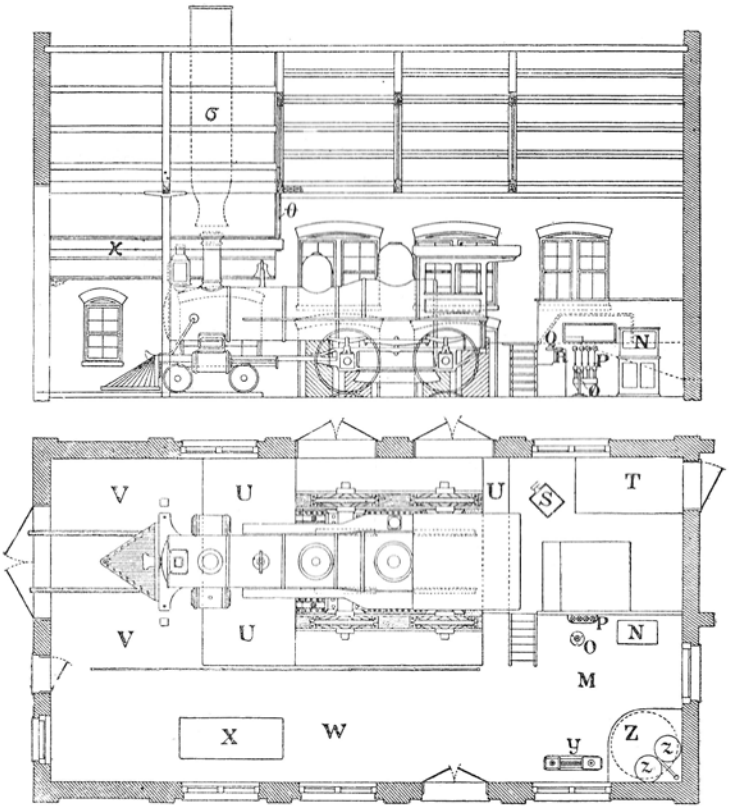
Всѣ обстоятельства, обусловливающія работу паровоза, находятся подъ контролемъ одного лица, помѣщающагося въ *M* (фиг. 501). Отсюда онъ можетъ видѣть ручку регулятора и переводный рычагъ и наблюдать за всѣмъ, что дѣлается въ будкѣ машиниста. Съ правой стороны у него вѣсовое плечо динамометра, показывающее нагрузку тягового стержня; передъ глазами манометры, указывающіе давленіе воды въ тормазныхъ кожухахъ, а подъ руками клапаны, регулирующіе циркуляцію воды въ этихъ кожухахъ.

Для провѣрки наблюденій употребляется три пишущихъ манометра *Bristol*, кривыя которыхъ показываютъ давленіе въ котлѣ, въ устьѣ конуса и въ дымовой коробкѣ. Пишущій (чертящій) тахометръ *Boyer*'а служитъ для провѣрки показаній счетчика оборотовъ. Температура въ дымовой коробкѣ измѣряется помощью калориметра съ мѣднымъ шарикомъ и посредствомъ пирометра *Lechatelier*.

Для измѣренія количества воды, расходуемой паровознымъ котломъ и забираемой инжекторами изъ танка *Z*, служатъ маленькіе калибрированные танки *z*, которые дѣйствуютъ такъ, что когда одинъ опоражнивается, другой въ это время наполняется.

Верхняя часть дымовой трубы паровоза выходитъ изъ зданія наружу черезъ низкую разборчатую крышу, а дверь въ поперечной стѣнкѣ между этой разборчатой крышей и главной кровлей даетъ свободный доступъ паровозу внутрь зданія. Черезъ окно въ этой двери кочегаръ со своего мѣста за паровозной топкой можетъ ясно видѣть верхъ дымовой трубы, что важно для надлежащаго управленія огнемъ.

Надъ дымовой трубой имѣется труба для вывода дыму выше кровли. Трубу эту можно передвигать такъ, чтобы устанавливать ее какъ разъ надъ дымовой трубой паровоза.



Фиг. 501.

M—*мѣсто распорядителя.*
N—*вѣсовое плечо динамометра.*
O—*клапанъ, регулирующій притокъ воды къ тормазамъ.*
P—*клапаны, регулирующіе выпускъ воды изъ тормазовъ.*
Q—*счетчикъ оборотовъ для машины.*
R—*то же для опорныхъ колесъ.*
S—*десятичные вѣсы для угля.*
T—*проходъ въ складъ угля.*
U—*временный настилъ.*
V—*постоянный полъ.*
W—*площадка для зрителей.*
X—*столъ.*
Y—*насосъ для накачиванья воды въ тормаза.*
Z—*танкъ для питанья котла водой.*
z—*калиброванные танки.*
ϰ—*разборчатая крыша.*
ϕ—*окно въ двери надъ разборчатой крышей.*
σ—*выводная для дыму труба.*

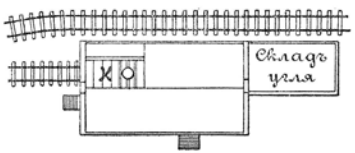
Фиг. 502.

х—разборчатая крыша.
σ—выводная для дыму труба.

Южный фасадъ.

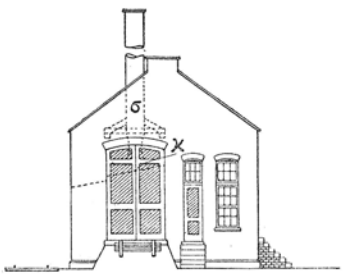


Планъ.





Сѣверный фасадъ.



Западный фасадъ.

На фиг. 502 представлены виды самого зданія.

На южной сторонѣ, въ 20 саженяхъ отъ главной инженерной лабораторіи, входная дверь, открывающая доступъ къ площадкѣ для зрителей.

На сѣверномъ и западномъ фасадахъ показана разборчатая крыша $\varkappa$ и выводная для дыму труба σ, въ которой предположено устроить приспособленіе для улавливанія искръ и угольковъ, выбрасываемыхъ паровозомъ.

На планѣ показано расположеніе рельсовыхъ путей для паровоза и для подачи угля въ складъ.

Не мѣшаетъ замѣтить, что при первоначальномъ устройствѣ, до пожара, пришлось доставлять паровозъ „*Schenectady*“ (вѣсомъ 38,5 тонъ) на разстояніи немного менѣе 2 верстъ по полямъ и лугамъ. Въ настоящее время Университетъ Пардью располагаетъ собственнымъ рельсовымъ путемъ, связывающимъ паровозную лабораторію съ желѣзнодорожной сѣтью страны, благодаря чему можно принимать и отправлять паровозы безъ затрудненій.

Въ главной инженерной лабораторіи, помѣщающейся совершенно отдѣльно отъ паровозной лабораторіи, имѣется четырехцилиндровая машина паровоза компаундъ системы *Vauclain*. Машина эта установлена, какъ постоянная, на фундаментѣ. Паръ доставляется изъ постоянныхъ котловъ, отработавшій паръ собирается въ холодильникѣ, а работа поглощается фрикціоннымъ тормазомъ. Это устройство, въ совокупности съ паровозомъ *Schenectady* № 2, который можетъ быть приспособленъ или какъ двухцилиндровый паровозъ компаундъ (d=406 мм., d_1=762 мм.), или какъ паровозъ съ двумя цилиндрами обыкновеннаго дѣйствія (d=406 мм.), даетъ возможность тщательно изучать экспериментальнымъ путемъ разные вопросы, касающіеся паровозовъ компаундъ.

Приложеніе VII.

ИНДИКАТОРНЫЯ ДІАГРАМЫ СЪ ПАРОВОЗА СКЕНЕКТАДИ.

(Переводъ съ англійскаго напечатанной въ 1896 — 97 гг. статьи *W. F. M. Goss*, професора экспериментальной механики въ университетѣ *Purdue*).

Значеніе индикатора зависитъ отъ того, насколько точна его запись. При благопріятныхъ условіяхъ хорошій инструментъ, безъ сомнѣнія, можетъ вѣрно отмѣчать измѣненія давленія и объема внутри цилиндра, на которомъ онъ поставленъ, и эта запись даетъ удобное и надежное основаніе для сужденія о дѣйствіи машины. Но такую запись не всегда-то бываетъ легко получить.

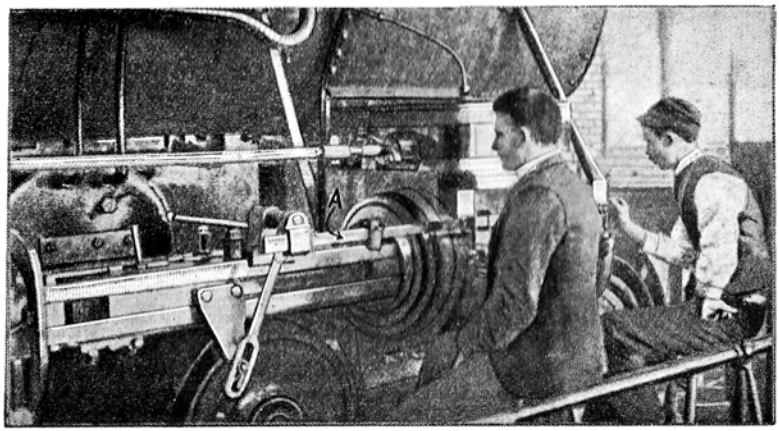
Даже у постоянныхъ машинъ и то условія иногда бываютъ неблагопріятны для хорошей работы съ индикаторомъ, а на паровозахъ въ пути должны встрѣчаться трудности, которыя неизвѣстны въ мастерской. Еще вопросъ, можно ли получить отъ индикатора очень удовлетворительные результаты при обыкновенныхъ условіяхъ движенія и при маломъ зазорѣ между паровознымъ цилиндромъ и неподвижными предметами вдоль пути.

Въ лабораторіи же можно съ паровоза снимать индикаторныя діаграмы такъ же легко, какъ и съ заводской машины; но даже и тутъ задача изъ числа тѣхъ, которыя требуютъ вдумчивой внимательности, такъ какъ, при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ, трудности, съ которыми сопряжено полученіе вѣрныхъ діаграмъ, ростутъ по мѣрѣ того, какъ число оборотовъ машины увеличивается, а

паровозы часто работаютъ при большихъ скоростяхъ вращенія. Въ виду этого, прежде чѣмъ приступить къ разбору отдѣльныхъ діаграмъ, будетъ нелишнимъ указать вкратцѣ предосторожности, принятыя при сниманіи тѣхъ діаграмъ, о которыхъ будетъ рѣчь.

Фиг. 503 показываетъ положеніе индикаторовъ на паровозѣ „Скенéктади“ и общее устройство передачи дви-

Фиг. 503.

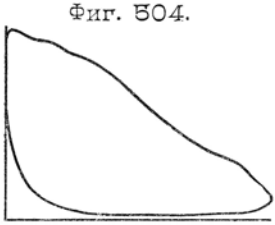


женія барабанамъ. Брусокъ A, сообщающій движеніе барабанамъ, имѣетъ ходъ въ 3,7 дюйма и расположенъ такъ, чтобы быть на одной линіи съ барабанными шкивами. Все устройство таково, что можно имѣть дѣло съ короткими шнурками, съ точнымъ уменьшающимъ механизмомъ и съ непосредственными паровыми соединеніями. Вся индикаторная работа на „Скенектади“ произведена съ помощью пяти индикаторовъ; у каждаго конца того и другого цилиндра по одному индикатору, а пятый на одной изъ золотниковыхъ коробокъ (этого послѣдняго не видать на фигурѣ). Діаграмы снимались по сигналу одновременно со всѣхъ индикаторовъ, и такимъ образомъ получена была полная вѣрная запись пораспредѣленія въ машинѣ за время одного оборота.

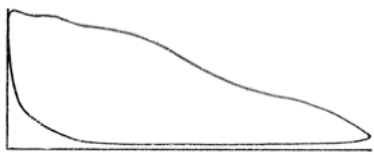
На что еще слѣдуетъ обратить вниманіе заранѣе, это— на размѣръ діаграмъ. Техники вообще предпочитаютъ

„полныя“ или „пухлыя“ діаграмы, и діаграма, которая кажется вытянутой или „тощей“, какъ будто свидѣтельствуетъ о легкой работѣ и потому менѣе интересна. На самомъ дѣлѣ полнота или вытянутость въ индикаторныхъ діаграмахъ рѣшительно ничего еще не значатъ; все дѣло въ томъ, чтобы сравнивать діаграмы, снятыя съ той же пружиной и съ той же передачей движенія барабану. Напримѣръ, фигуры 504 и 505 обѣ представляютъ одни и тѣ же условія въ цилиндрѣ машины, и только вслѣдствіе меньшаго движенія барабана и болѣе слабой пружины одна діаграма полнѣе другой. Слѣдуетъ обратить

Фиг. 504.



Фиг. 505.



особенное вниманіе на это обстоятельство, потому что діаграмы со „Скенектади“ сняты при такой большой передачѣ движенія барабану, какая въ паровозной практикѣ является необычной, и у лицъ, незнакомыхъ съ такими размѣрами, при первомъ взглядѣ можетъ явиться предположеніе о болѣе легкой работѣ, чѣмъ та, которую представляютъ діаграмы въ дѣйствительности.

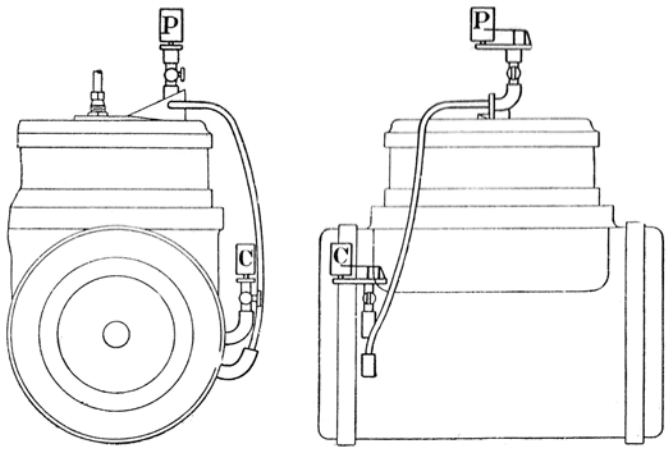
Вліяніе индикаторной трубки.

На недавнемъ собраніи Института Инженеръ-Механиковъ въ Англіи *J. A. F. Aspinall*, своими статьями хорошо извѣстный повсюду въ желѣзнодорожномъ мірѣ, замѣтилъ, что онъ „слыхалъ, будто послѣ анемометра ничто не можетъ такъ врать, какъ индикаторъ“. Инженерамъ часто приходится имѣть дѣло съ фактами, которые повидимому подтверждаютъ это замѣчаніе, но погрѣшности индикатора слѣдуетъ приписать не столько недостаткамъ инструмента, сколько вліянію неблагопріятной обстановки.

Выше было описано, какимъ способомъ индикаторы, употреблявшіеся на паровозѣ Пардью, были соединены съ

машиной; сдѣлано это было очень тщательно, но вскорѣ оказалось, что получаемыя діаграмы не обладаютъ тѣмъ же характеромъ, который присущъ діаграмамъ, даваемымъ индикаторами, установленными на тѣхъ паровозахъ, которые работаютъ на дорогѣ. Явилось предположеніе, что замѣченныя различія могли зависѣть отъ разницы въ длинѣ паровыхъ соединеній между индикаторомъ и цилиндромъ. Чтобы изслѣдовать вопросъ, было установлено два индикатора на одномъ и томъ же концѣ цилиндра, какъ показано на фиг. 506. Здѣсь C представляетъ индикаторъ въ положеніи, практикуемомъ въ Пардью, а P второй инди-

Фиг. 506.

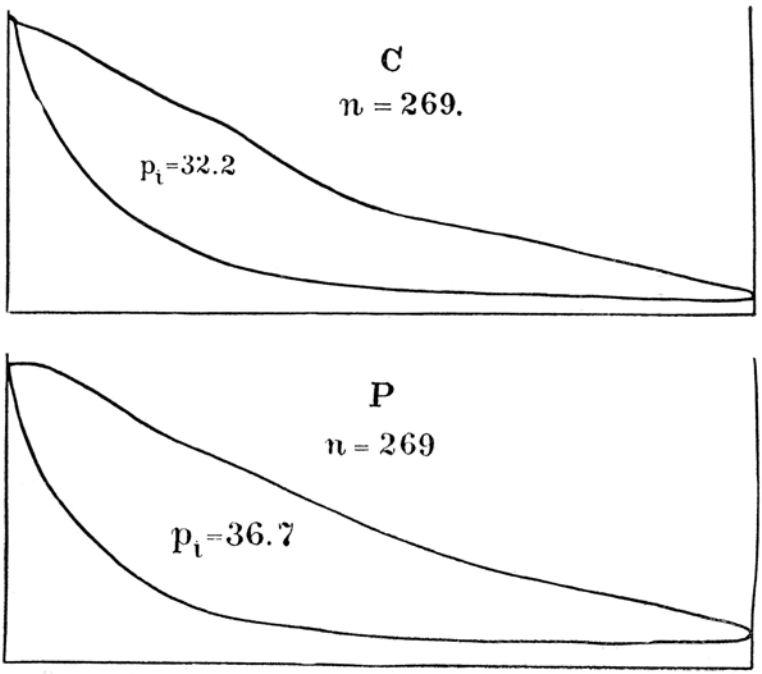


каторъ въ положеніи, которое обыкновенно занимаетъ индикаторъ на паровозахъ; индикаторъ P соединенъ съ цилиндромъ хорошо обвернутою кривою трубкою, $3^1/_2$ фута длиной; условимся C называть „цилиндровый индикаторъ“, а P— „индикаторъ съ трубкой“. Съ помощью этихъ инструментовъ были сдѣланы одновременныя наблюденія, затѣмъ введены поправки на ошибки пружинъ, и получены данныя для того, чтобы путемъ сравненія выяснить вліяніе трубки. Такъ какъ о результатахъ этой работы говорилось уже довольно много въ технической пресѣ, то достаточно сказать, что трубка оказываетъ вліяніе на всѣ существенныя черты діаграмы—на элементы хода, на степень кривизны линій расширенія и сжатія, на площадь діаграмы.

Элементы парораспредѣленія отмѣчаются позже, чѣмъ они дѣйствительно имѣютъ мѣсто въ цилиндрѣ; измѣненія давленія, если судить по діаграмѣ, совершаются съ большей постепенностью, чѣмъ то происходитъ на дѣлѣ въ цилиндрѣ, и площадь діаграмы больше, чѣмъ ей слѣдовало бы быть.

Фиг. 507 представляетъ въ натуральную величину двѣ діаграмы, снятыя такимъ путемъ, одну съ трубки, а

Фиг. 507.



другую съ цилиндра, и съ перваго же взгляда можно замѣтить очень значительную разницу, обусловливаемую трубкой *). Слѣдующая таблица представляетъ численные результаты, измѣряющіе вліяніе трубки ($3^1/_2$ фут.), при различныхъ скоростяхъ машины, съ широко открытымъ

*) При одномъ и томъ же числѣ оборотовъ въ минуту 269, среднее индикаторное давленіе для C равно 32,2 а для P—36,7 англ. фут. на кв. д. (давленіе одной атмосферы=14,7 англ. фунт. на кв. д.).

регуляторомъ и съ отсѣчкою въ 6 дюймовъ, при указанныхъ выше условіяхъ опытовъ:

Ошибки въ среднемъ индикаторномъ давленіи, представляемыя индикаторомъ P съ трубкой, изображеннымъ на фиг. 506.

При скорости англ. миль *) въ часъ	При числѣ оборотовъ въ минуту	Излишекъ силы, показываемый индикаторомъ съ трубкой, сравнительно съ показаніями цилиндроваго индикатора въ процентахъ
25	134,5	1,5
30	161,5	2,1
35	188,4	2,9
40	215,3	4,9
45	242,2	8,4
50	269,1	14,0
55	296,0	17,2

Значительность этихъ результатовъ заставила тщательнѣе изучить вліяніе, производимое на индикаторную діаграму длиннымъ трубочнымъ соединеніемъ, и выводы были недавно представлены въ докладѣ Американскому Обществу Инженеръ-Механиковъ **). Послѣдняя работа убѣждаетъ въ томъ, что вліяніе, производимое трубкой, хотя и значительно, но оно измѣняется отъ такого множества разныхъ условій, что нѣтъ возможности предсказать съ увѣренностью точный его характеръ. Даже еслибы можно было построить формулу для приведенія неправильной діаграмы (отъ индикатора съ трубкой) къ тому виду, который правильно изображалъ бы связь между давленіемъ и объемомъ внутри цилиндра, то число членовъ этой формулы было бы такъ велико, что она имѣла бы мало практическаго значенія.

*) англ. миля = 1,6 килом. = 1,5 верстъ.

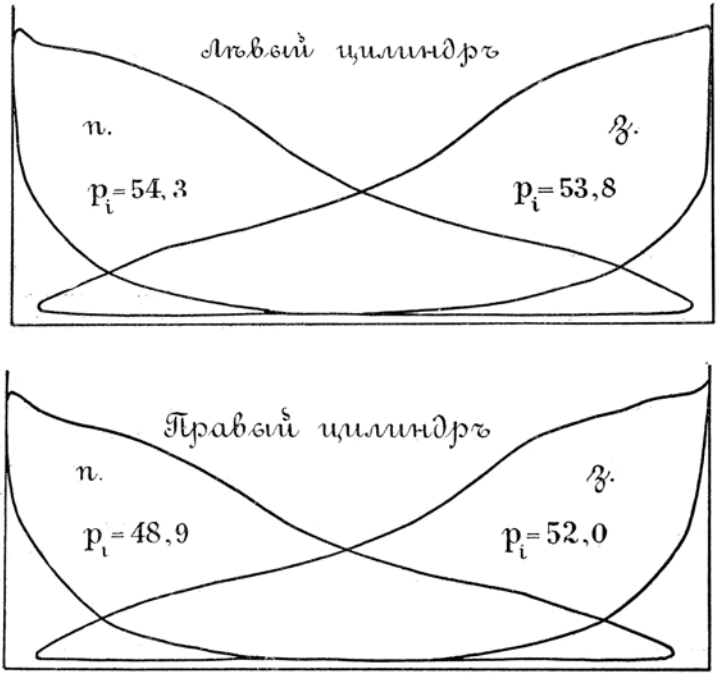
**) „The Effect upon the Diagrams of Long Pipe-Connections for Steam-Engine Indicators“ (Proceedings of the American Society of Mechanical Engineers, May, 1896).

На основаніи изложеннаго очевидно, что индикаторная работа, получаемая съ паровоза Purdue, далеко превосходитъ въ точности все то, что только можно было до сихъ поръ получить наилучшаго на дорогѣ, но по этой-то именно причинѣ нашими діаграмами и не слѣдуетъ пользоваться для прямого сравненія съ какими бы то ни было подобными результатами, полученными на паровозѣ во время движенія на ж. дорогѣ.

Пароораспредѣленіе судя по діаграмамъ.

На фиг. 508 показаны діаграмы, снятыя при скорости двадцать пять англ. миль въ часъ (n=135) съ перевод-

Фиг. 508.



нымъ рычагомъ на второмъ зубѣ отъ центра, при чемъ регуляторъ былъ открытъ вполнѣ, а степень отсѣчки около 8″.

Такъ какъ способъ снимать діаграмы, примѣняемый въ Пардью, даетъ только одну діаграму на каждомъ листкѣ бумаги, то діаграмы, представленныя на фигурѣ, вычерчены вмѣстѣ уже потомъ ради удобства; онѣ не были получены въ томъ относительномъ положеніи, въ которомъ представлены. Воспроизведены онѣ въ полномъ своемъ размѣрѣ, для того чтобы можно было легче замѣтить главныя ихъ отличія. Быть-можетъ всего болѣе заслуживаетъ вниманія разница между ними въ величинѣ. Выпускъ пара изъ машины не даетъ никакого намека на степень этой разницы, а между тѣмъ очевидно, количество работы, совершаемой въ одномъ концѣ цилиндра, отличается отъ того, что получается въ другомъ. Наглядно это представлено на фиг. 509. Этотъ чертежъ ясно показываетъ, что изъ наблюденій, произведенныхъ надъ одной стороной, нельзя

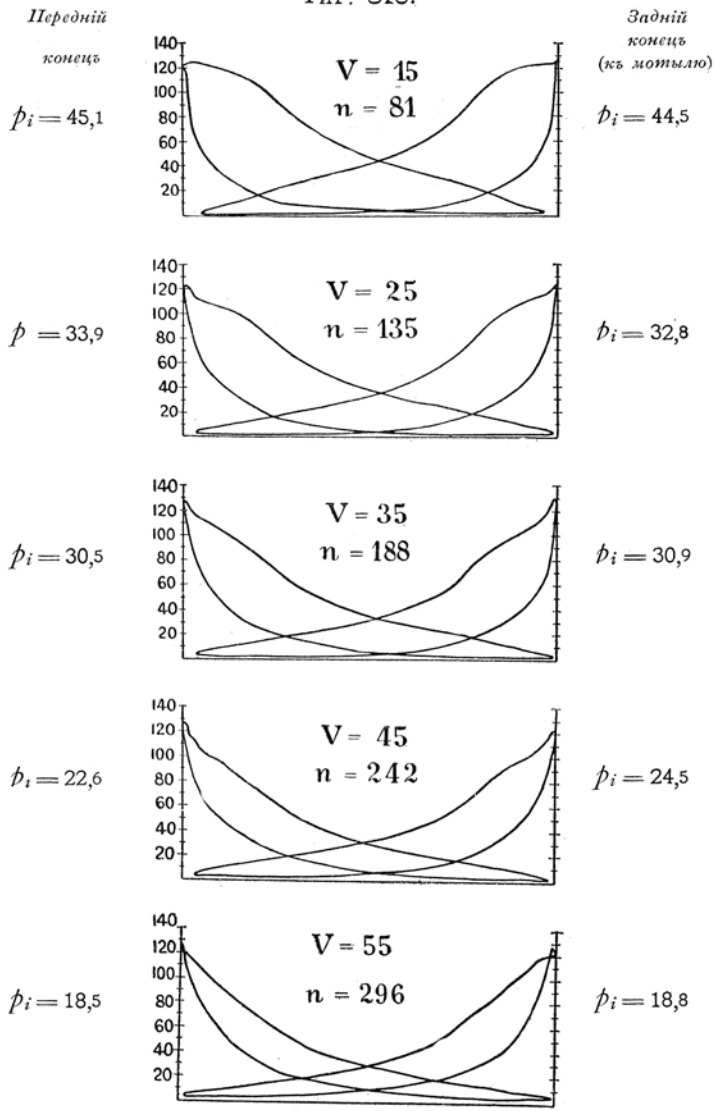
Фиг. 509.



вывести никакихъ надежныхъ сужденій касательно работы машины въ ея цѣломъ.

Изслѣдуя тщательнѣе условія, отъ которыхъ зависитъ парораспредѣленіе въ цилиндрахъ паровоза, приходишь къ заключенію, что едва ли можно ожидать совершенно равнаго распредѣленія движущей силы. Распредѣлительный механизмъ паровоза не только представляетъ нѣкоторую гибкость, но содержитъ извѣстное число сочлененій, изъ которыхъ на каждое падаетъ отвѣтственность за нѣкоторую небольшую игру. Очевидно, невозможно посредствомъ любого изъ употребительныхъ видовъ парораспредѣлительныхъ механизмовъ сообщить золотнику такую точность движенія, чтобы элементы парораспредѣ-

Фиг. 510.



ленія были тѣ же для всѣхъ четырехъ концовъ цилиндровъ, и такое заключеніе подтверждается индикаторными

діаграмами въ изобиліи. Онѣ показываютъ, что впускъ, отсѣчка, выпускъ и сжатіе хотя приблизительно и тѣ же для различныхъ концовъ цилиндровъ, но въ дѣйствительности тѣмъ не менѣе различны, и этихъ различій достаточно, чтобы произвести замѣтное вліяніе на видъ и величину отдѣльныхъ діаграмъ. Самая малая изъ четырехъ принадлежитъ переднему концу на правой сторонѣ. По сравненію съ другими эта діаграма показываетъ болѣе короткій впускъ, вслѣдствіе меньшаго предускоренія впуска и болѣе ранней отсѣчки, т. е. паровое окно, поздно открывающееся и рано закрывающееся, остается открытымъ въ теченіе болѣе короткаго промежутка, чѣмъ для другихъ концовъ цилиндровъ, да и степень открытія окна тутъ меньше, что и приводитъ къ указанному результату.

Слѣдующіе приблизительные размѣры, относящіеся къ паровозу Скенектади, будутъ нелишними для болѣе полнаго анализа діаграмъ:

Цилиндры
- Діаметръ . . . . . 17 дюйм.
- Ходъ . . . . . 24 дюйм.

Окна
- Длина . . . . . 16 дюйм.
- Ширина впускныхъ оконъ . . . . . $1^1/_4$ дюйм.
- Ширина выпускнаго окна . . . . . $2^1/_2$ дюйм.

Уравновѣшенные золотники *Richardson*'а—
- Наибольшій ходъ . . . . . 5,53 дюйм.
- Наружная перекрыша . . . . . $^3/_4$ дюйм.
- Внутренняя перекрыша . . . . . $^1/_{32}$ дюйм.

Движущія колеса—
- Наружный діаметръ шины . . . . . 63 дюйм.

Діаграмы при различныхъ скоростяхъ.

На фиг. 510 представленъ рядъ діаграмъ, снятыхъ съ лѣвой стороны машины; всѣ условія для нихъ были приблизительно одинаковы, за исключеніемъ только скорости, которая измѣнялась отъ 15 до 55 англ. миль въ часъ *). Переводный рычагъ былъ на первомъ зубѣ отъ центра, впередъ, чему соотвѣтствуетъ отсѣчка приблизительно въ 6 дюйм.; регуляторъ былъ вполнѣ открытъ,

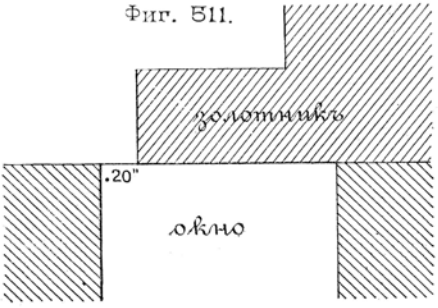
*) Отъ 22,5 до 82,5 верстъ въ часъ.

и давленіе въ котлѣ 130 англ. фунт. *). Всего рѣзче бросается въ глаза разница въ площадяхъ вслѣдствіе измѣненія скорости: при 55 миляхъ среднее дѣйствительное давленіе менѣе половины того, которое получено при 15 миляхъ.

Остановимся на тщательномъ изученіи главнѣйшихъ чертъ, представляемыхъ діаграмами. Хотя элементы парораспредѣленія—отсѣчка, выпускъ, начало сжатія и впускъ—не во всѣхъ случаяхъ ясно отмѣчены, тѣмъ не менѣе они на всѣхъ діаграмахъ достаточно опредѣлены, чтобы можно было указать ихъ мѣсто съ порядочной степенью точности. Если это сдѣлать, то оказывается, что для различныхъ скоростей элементы парораспредѣленія не постоянны, хотя бы даже переводный рычагъ и оставался нетронутымъ: тутъ обнаруживаются мелкія отступленія, зависящія несомнѣнно отъ гибкости и игры въ частяхъ распредѣлительнаго механизма. Эти отступленія въ элементахъ парораспредѣленія ведутъ къ неожиданнымъ измѣненіямъ въ среднемъ дѣйствительномъ давленіи, такъ что хотя послѣднее съ увеличеніемъ скорости и дѣлается все меньше, но уменьшеніе это нѣсколько неправильное.

Если принять во вниманіе, что при короткихъ отсѣчкахъ открытіе оконъ представляется узкой щелью, то легко видѣть, что отступленія въ движеніи золотника, въ дѣйствительности очень малыя, будутъ сравнительно съ величиною открытія окна очень и очень велики. На фиг. 511 изображено въ настоящую величину окно съ золотникомъ и показано среднее наибольшее открытіе окна, когда переводный рычагъ поставленъ на первый зубъ отъ центра; т. е. въ положеніи, которое онъ занималъ, когда снимались приводимыя здѣсь діаграмы. Наибольшая разница въ открытіи окна при различныхъ скоростяхъ, какъ показало непосредственное измѣреніе, была $0{,}_{06}$ дюйма или $30^0/_0$ средней величины,

Фиг. 511.



*) Немного менѣе 9-ти атмосферъ.

что уже само по себѣ достаточно, чтобы произвести очень значительное измѣненіе въ характерѣ діаграмы.

Сухость пара, если судить по индикатору, при выпускѣ возрастаетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ скорости: при 15 миляхъ степень сухости $73^0/_0$, а при 55 миляхъ—$83^0/_0$. Всѣ діаграмы показываютъ, что какъ во время расширенія, такъ и въ періодъ сжатія происходитъ, хотя и въ слабой степени, обращеніе воды въ паръ.

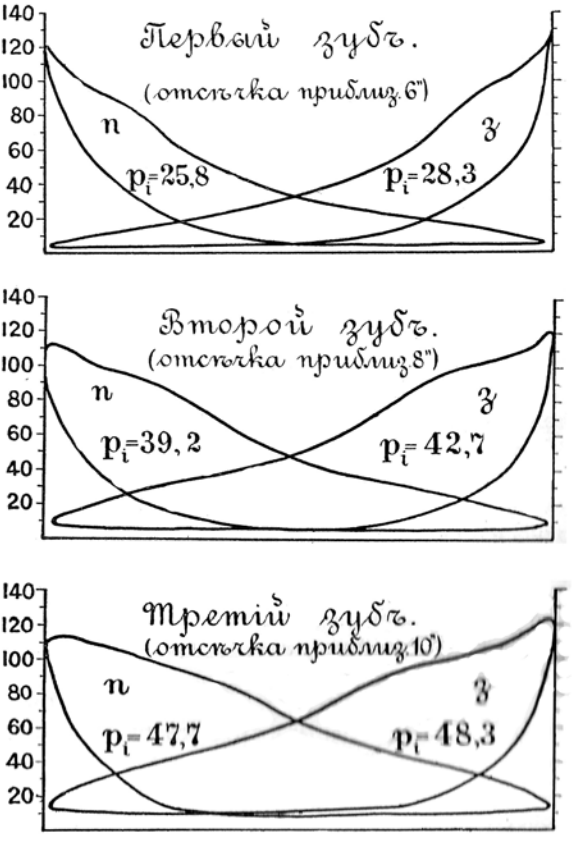
Діаграмы при различныхъ отсѣчкахъ.

На фиг. 512 представленъ рядъ діаграмъ, снятыхъ съ праваго цилиндра паровоза Скенектади. Всѣ эти діаграмы сняты при давленіи пара въ котлѣ въ 130 фунт., при открытомъ широко регуляторѣ и при скорости въ 35 миль въ часъ (n=188). Діаграмы перваго зуба представляютъ наименьшее среднее дѣйствительное давленіе, какое только можетъ (при указанныхъ здѣсь условіяхъ относительно давленія пара, открытія рягулятора и скорости движенія) быть получено отъ „Скенектади“, а діаграмы третьяго зуба представляютъ наибольшую отсѣчку, для которой при подобныхъ условіяхъ котелъ будетъ доставлять достаточно пару, чтобы поддерживать указанную скорость движенія.

Діаграмы перваго и второго зуба были получены, когда на пароотводныхъ трубахъ была двойная 3-хъ дюймовая насадка (конусъ), обыкновенно употребляемая на „Скенектади“; но опытъ показалъ, что съ этой насадкой невозможно держать давленіе пара при болѣе длинныхъ отсѣчкахъ, и потому она была уменьшена до $2^3/_4$ дюйма въ діаметрѣ передъ тѣмъ, какъ было начато испытаніе, давшее діаграмы третьяго зуба (стран. 556). За исключеніемъ этого измѣненія и измѣненій въ отсѣчкѣ, вліяніе которыхъ и долженъ былъ выяснить этотъ рядъ испытаній, всѣ условія практически были одинаковы для приводимыхъ здѣсь (фиг. 512) паръ діаграмъ.

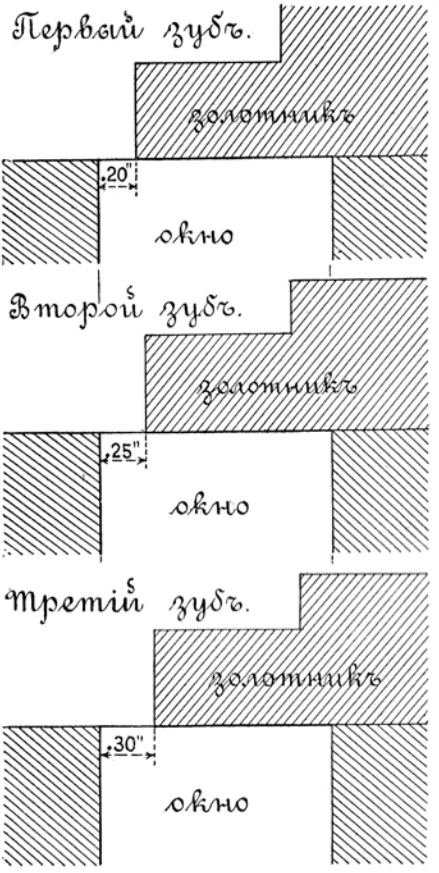
На фиг. 513 представлены наибольшія открытія окна для условій, соотвѣтствующихъ приведеннымъ тремъ парамъ діаграмъ. Сѣченія сдѣланы въ настоящую величину, чтобы можно было лучше судить о значительности открытія окна. Діаграмы, снятыя при болѣе длинныхъ отсѣчкахъ, когда при открытомъ вполнѣ регуляторѣ ско-

Фиг. 512.



рость была 35 миль въ часъ, хотя и представляютъ неустойчивое состояніе въ отношеніи къ давленію пара, тѣмъ не менѣе заслуживаютъ вниманія. Такія діаграмы показаны на фиг. 514 (стран. 558): первая была снята при переводномъ рычагѣ на девятомъ зубѣ отъ центра, а вторая—на пятнадцатомъ зубѣ, что для „Скенектади“—передній „уголъ“ *). Вѣроятно, что давленіе пара для нижней діаграмы было нѣсколько меньше, чѣмъ для верхней, и слѣдуетъ замѣтить, что обѣ эти діаграмы были сняты при

*) Т. е. рычагъ поставленъ на крайній зубъ или „выложенъ“ на передній ходъ.



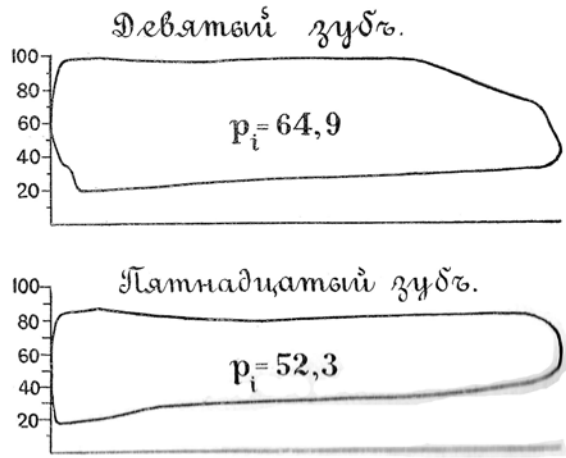
Фиг. 513.

золотникахъ съ внутренней недокрышей въ $^{3}/_{16}$ дюйма, между тѣмъ какъ діаграмы на фиг. 512 были получены при золотникахъ съ внутренней перекрышей въ $^{1}/_{32}$ дюйма. Эти различія необходимо имѣть въ виду при сравненіяхъ между діаграмами фиг. 512 и тѣми, которыя представлены на фиг. 514; но такъ какъ скорость движенія и открытіе регулятора были тѣ же, то сравненіе всетаки покажетъ, къ чему главнымъ образомъ стремится повести удлиненіе отсѣчки.

При скоростяхъ не свыше 35 миль въ часъ длинная отсѣчка даетъ высокое противное давленіе и сравнительно малую площадь діаграмы, и обстоятельства

эти заслуживаютъ особеннаго вниманія. Въ этомъ отношеніи можно также замѣтить, что при увеличеніи скорости, когда отсѣчка большая, начальное давленіе такъ быстро падаетъ, а противное возрастаетъ, что при скорости въ 60 миль въ часъ *) діаграмы, подобныя нижней на фигурѣ 514 и снятыя при открытомъ вполнѣ регуляторѣ, показываютъ, что разница между давленіемъ пара

Фиг. 514.



въ котлѣ и атмосфернымъ раздѣлялась приблизительно на три равныя части: первая представляла паденіе отъ давленія въ котлѣ до давленія впуска, вторая—разницу между давленіемъ впуска и давленіемъ выпуска, а третья—паденіе отъ давленія выпуска до атмосфернаго. При давленіи пара въ котлѣ въ 120 фунт. и при открытомъ вполнѣ регуляторѣ, среднее дѣйствительное давленіе менѣе 40-ка фунт.

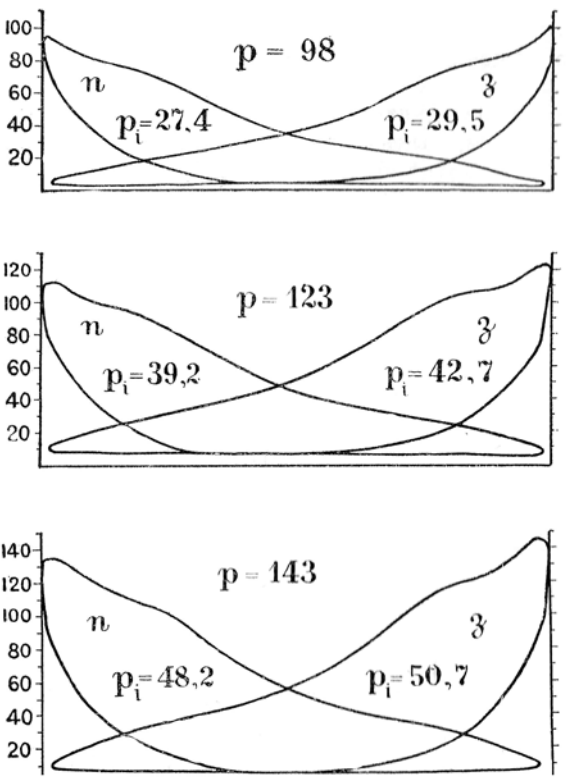
Снимать діаграмы при скорости 60 миль въ часъ, съ выложеннымъ вполнѣ рычагомъ и широко открытымъ регуляторомъ,—дѣло нелегкое. При всѣхъ стараніяхъ, давленіе пара того и гляди упадетъ ниже нормальнаго на 20 фунт. или болѣе, прежде чѣмъ будетъ обезпечена желаемая скорость. Относительно быстроты, съ которой

*) 90 верстъ въ часъ.

вода можетъ расходоваться изъ котла паровоза, можно указать, что прошло немного больше одной минуты времени, какъ въ результатѣ всѣхъ употребленныхъ въ дѣло усилій оказалось паденіе давленія въ котлѣ на 60 фунт. и пониженіе уровня воды на два пробныхъ крана.

Различныя давленія пара.

Діаграмы на фиг. 515 были сняты съ открытымъ вполнѣ регуляторомъ и при постоянныхъ величинахъ скорости (35 миль въ часъ, $n=188$) и отсѣчки ($8''$). Един-



Фиг. 515.

ственною перемѣнной для этого ряда испытаній было давленіе пара въ котлѣ: для перваго испытанія давленіе

это было 98 фунт., а для послѣдняго 143,3 фунт.

Всего болѣе заслуживаетъ вниманія на этихъ діаграмахъ сильное вліяніе, оказываемое на развиваемую работу увеличеніемъ давленія. Сравненіе діаграмъ для давленія въ 98 фунт. съ діаграмами для 123 фунт. показываетъ, что при увеличеніи давленія въ котлѣ на 26%, среднее дѣйствительное давленіе возросло на 42%. Подобное сравненіе діаграмъ для 123 фунт. съ діаграмами для 143 фунт. даетъ увеличеніе давленія въ котлѣ на 16,5 %, а работы на 21%. Эти сравненія—да и бѣглый даже взглядъ на діаграмы—показываютъ, какъ много значитъ повышеніе давленія пара для увеличенія работы, имъ доставляемой; но приведенные результаты показываютъ также, а болѣе обширныя сравненія убѣждаютъ окончательно, что для равныхъ приращеній давленія соотвѣтствующія приращенія работы становятся все меньше и меньше, по мѣрѣ того какъ давленіе дѣлается выше. Для всѣхъ однако предѣловъ давленія, нынѣ примѣняемыхъ, всякое увеличеніе давленія въ котлѣ будетъ имѣть слѣдствіемъ значительное приращеніе силы машины, при одинаковыхъ всѣхъ прочихъ условіяхъ.

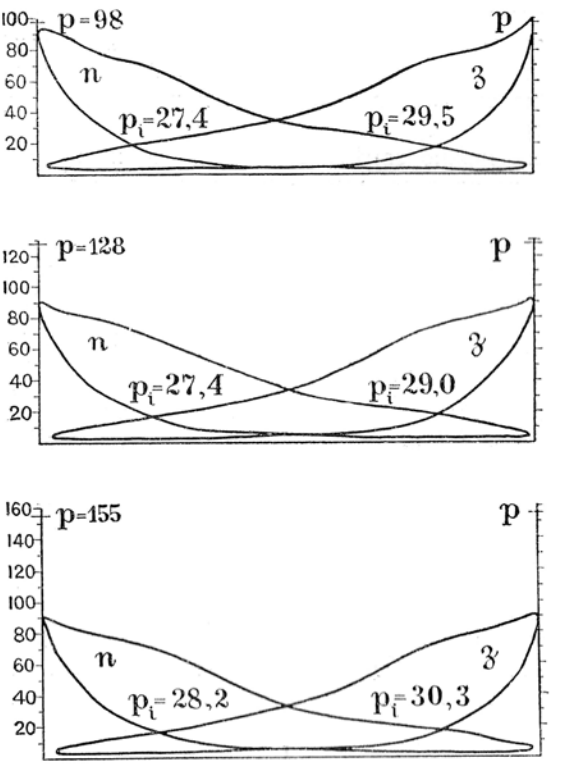
Въ связи съ приведенными діаграмами будетъ интересно отмѣтить, что возрастаніе давленія пара сопровождается повышеніемъ экономіи: требуется меньше пара на лошадиную силу въ часъ, и индикаторъ показываетъ бо́льшую степень сухости пара при выпускѣ—результатъ, зависящій, безъ сомнѣнія отъ того, что количество теплоты, проходящей черезъ цилиндры, ростетъ быстрѣе, чѣмъ разница температуръ, которой подвержены стѣнки цилиндровъ. Эти факты и нѣкоторые другіе представлены здѣсь въ видѣ таблички:

Давленіе въ котлѣ по манометру	Среднее дѣйствит. давленіе для всѣхъ четырехъ концовъ цилиндровъ	Наименьшее противное давленіе въ среднемъ для всѣхъ четырехъ концовъ цилиндровъ	Расходъ пара на индикаторную лошадь въ часъ (по танку)	Вѣсъ влажнаго пара въ цилиндрахъ за одинъ оборотъ	Степень сухости по количеству пара при выпускѣ	Разность температуры въ цилиндрахъ
англ. фунт. на кв. дюйм.			англ. фунт. *)		%	по Fahr.
98,4	29,37	3,1	28,8	1,052	84,4	110,9
123,0	42,17	5,5	26,3	1,303	84,6	119,0
143,3	50,79	7,2	24,8	1,454	85,6	127,0

*) 1 килогр. = 2,2 англ. фунт.

Діаграмы, соотвѣтствующія различнымъ степенямъ открытія регулятора.

На фиг. 516 приведенъ рядъ діаграмъ, показывающихъ вліяніе степени открытія регулятора. Здѣсь постоянными остаются отсѣчка, скорость и среднее дѣйствительное давленіе. Перемѣнныя—давленіе въ котлѣ и слѣдовательно степень открытія регулятора, которая служила средствомъ для того, чтобы для всѣхъ діаграмъ поддерживать



приблизительно одинаковымъ среднее дѣйствительное давленіе. Давленіе въ котлѣ для отдѣльныхъ діаграмъ было 98, 128 и 155 фунт. соотвѣтственно, а начальное давленіе въ каждомъ случаѣ приблизительно 90 фунт.

Изъ фактовъ, обнаруживаемыхъ этими діаграмами, всего замѣчательнѣе тотъ, что онѣ очень схожи по виду. Обыкновенно принимаютъ, что при прикрытомъ регуля-

торѣ на всемъ дальнѣйшемъ пути, отъ входа пара въ паропроводную трубу до выхода его изъ выпускного окна, происходитъ паденіе давленія, такъ называемое проволакиваніе пара (wire-drawing). Но изъ діаграмъ явствуетъ, что паровыя трубы и золотниковыя коробки образуютъ резервуаръ, удовлетворяющій требованіямъ цилиндровъ почти такъ же совершенно, какъ и самъ котелъ при открытомъ вполнѣ регуляторѣ. Во всякомъ случаѣ послѣдняя пара діаграмъ (которыя были сняты, когда начальное давленіе благодаря прикрытію регулятора было уменьшено почти до половины давленія въ котлѣ) представляетъ распредѣленіе пара, которое во всѣхъ отношеніяхъ такъ же выгодно, какъ и то, которое представлено первою парою діаграмъ, снятыхъ при вполнѣ открытомъ регуляторѣ.

Кстати можно замѣтить, что такъ какъ проволакиваніе у регулятора высушиваетъ паръ соотвѣтственно расширенію его до болѣе низкаго давленія, то можно ожидать, что расходъ пара машиною будетъ меньше при болѣе высокомъ давленіи пара въ котлѣ,—предположеніе, подтверждаемое испытаніями. Расходъ пара для испытанія при давленіи въ котлѣ въ 98 фунтовъ на 5,7 процента больше, чѣмъ для испытанія при давленіи въ котлѣ въ 155 фунтовъ, но условія, представляемыя послѣднимъ испытаніемъ не такъ выгодны, какъ то было бы при уменьшеніи отсѣчки и увеличеніи начальнаго давленія.

Индикаторныя діаграмы вообще оказываются очень поучительными, и въ связи съ ними открывается много интересныхъ вопросовъ, заслуживающихъ обсужденія. Приведенныя здѣсь діаграмы въ этомъ отношеніи не представляютъ изъ себя что-либо исключительное, но текстъ нарочно былъ по возможности сжатъ для того, чтобы сами діаграмы могли служить главной характеристикой того или другого ряда испытаній, и съ этой стороны онѣ не лишены интереса.

Приложеніе VIII.

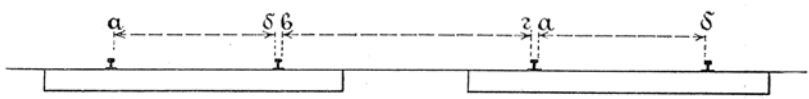
ПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫЯ РАСПОРЯЖЕНІЯ, КАСАЮЩІЯСЯ УСТРОЙСТВА ПАРОВОЗОВЪ

(ИЗВЛЕЧЕНІЯ).

О предѣлахъ размѣровъ подвижного состава.

(Изъ Министерскаго Постановленія № 1, 1860 г.).

1. Ширина пути, считая между внутренними гранями рельсовъ а б (фиг. 517 на стр. 564): . . . . . 0с,714=5′
2. Ширина между путями, считая между внѣшними *) гранями рельсовъ в г (фиг. 518) . . . . . 1с=7′



Фиг. 518.

3. Наибольшая ширина подвижного состава

на высотѣ отъ уровня рельсовъ

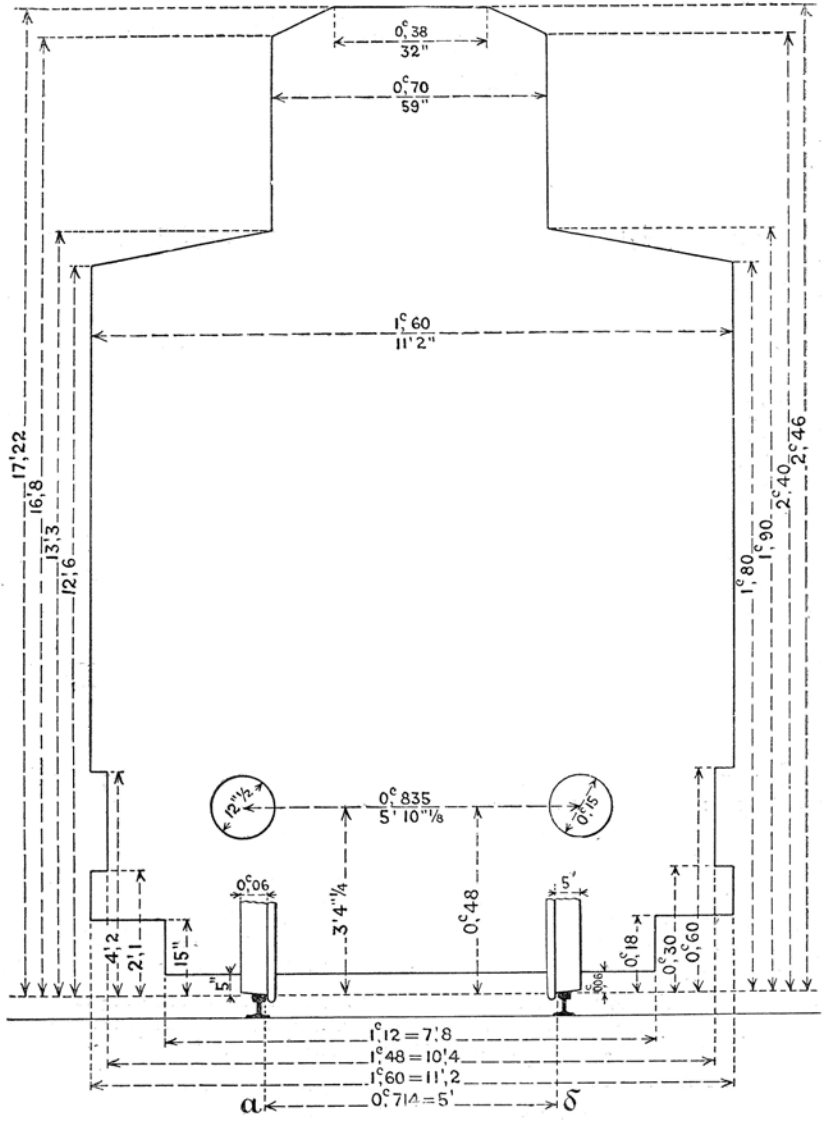
отъ	0с,06=5′′	до	0с,18=15′′	должна быть	1с,12=7′,84
„	0с,18=15′′	„	0с,30=2′,1		1с,60=11′,2
„	0с,30=2′,1	„	0с,60=4′,2		1с,48=10′,4
„	0с,60=4′,2	„	1с,80=12′,6		1с,60=11′,2
„	1с,90=13′,3	„	2с,40=16′,8		0с,70=59′′
„	2с,46=17′,22				0с,38=32′′

Примѣчаніе. Показанные предѣлы высоты не должны быть переходимы какъ въ порожнемъ состояніи подвижного состава, такъ и при наибольшей нагрузкѣ.

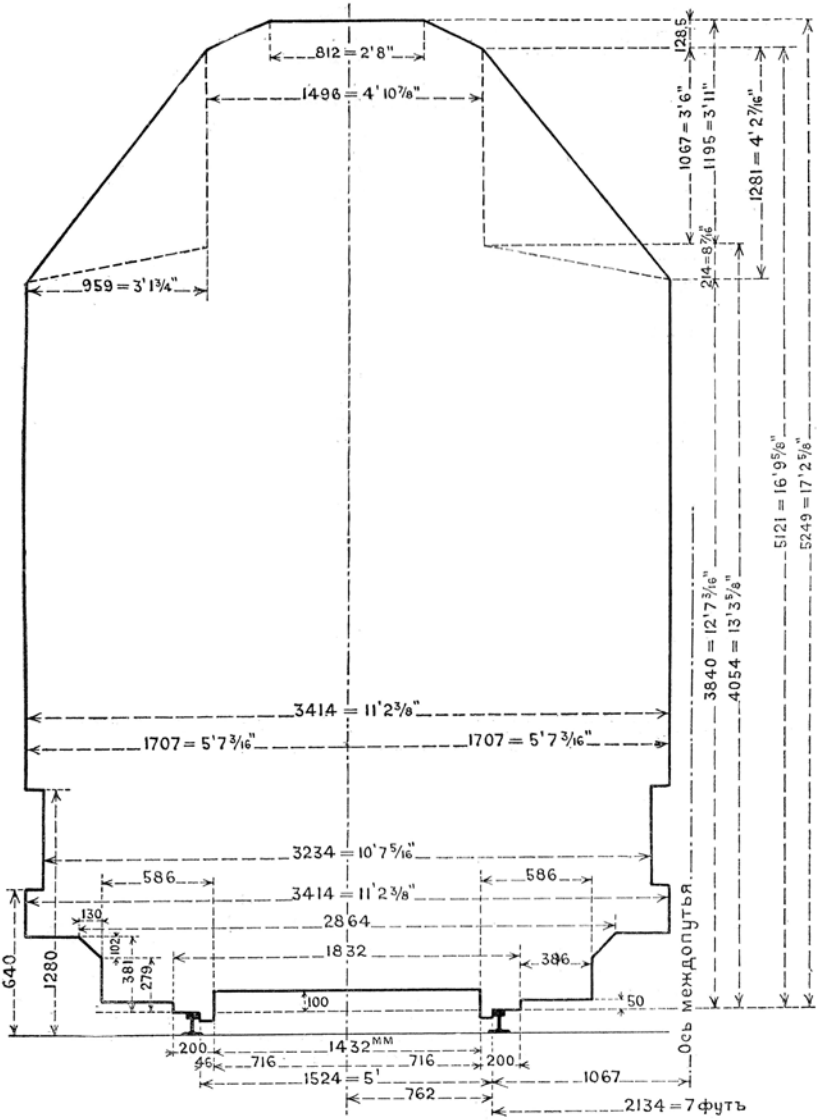
---

*) При постройкѣ дорогъ, начиная съ 1874 года, ширина междопутья опредѣлялась между внутренними гранями крайнихъ рельсовъ двухъ путей.

Дорогамъ, построеннымъ до 1874 г. включительно, предложено Министерствомъ П. С. перейти къ 7-ми футовому междопутью, опредѣляемому по разстоянію *между внутренними гранями* рельсовъ (Циркуляръ Департамента же-


0c38
32"
0c70
59"
1c60
11'2"
17'22
16'8
13'3
12'6
1c80
1c90
2c40
2c46
12"½
0c835
5'10"⅛
0c15
0c06
3'4"¼
0c48
5'
4'2
2'1
15"
5"
0c18
0c30
0c60
1c12=7'8
1c48=10'4
1c60=11'2
0c714=5'
a
δ

Фиг. 517.


812 = 2'8"
1496 = 4'10⅞"
959 = 3'1¾"
1285
1067 = 3'6"
1195 = 3'11"
1281 = 4'2⅞"
214 = 8⅞"
5121 = 16'9⅝"
5249 = 17'2⅝"
3840 = 12'7⅜"
4054 = 13'3⅝"
3414 = 11'2⅜"
1707 = 5'7⅜"
1707 = 5'7⅜"
3234 = 10'7⅝"
586
586
3414 = 11'2⅜"
130
102
2864
1832
386
381
279
640
1280
100
50
Ось междупутья
200
1432 мм
716
716
200
1524 = 5'
1067
762
2134 = 7 футъ

Фиг. 519.

4. Наименьшее возвышеніе паровозныхъ зольниковъ и другихъ частей подвижного состава надъ уровнемъ рельсовъ . . . . . 0с,06=5″
6. Наибольшая высота дымовыхъ трубъ паровозовъ надъ уровнемъ рельсовъ . . . . . 2с,46=17′,22
9. Наименьшій діаметръ буферныхъ подушекъ . . . . 0с,15=12″1/2
10. Наименьшая ширина обода колесъ подвижного состава . . . . . 0с,06=5″

Пункты 7 и 8 этого постановленія отмѣнены, и постановленіемъ Управлявшаго Министерствомъ П. С. отъ 26-го октября 1892 г. за № 16107 опредѣлено:

а) разстояніе центровъ буферовъ отъ поверхности рельсовъ во вновь проектируемомъ подвижномъ составѣ должно быть . . . . . 1060 мм.
и для подвижного состава, находящагося въ службѣ, можетъ измѣняться лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ, а именно для находящихся въ покоѣ паровозовъ, тендеровъ и пасажирскихъ вагоновъ, какъ въ груженомъ, такъ и въ порожнемъ состояніи отъ 970 мм. до 1085 мм.

б) горизонтальное разстояніе между центрами буферовъ въ проектируемомъ подвижномъ составѣ должно быть 1782 мм.
и въ подвижномъ составѣ, находящемся въ службѣ, можетъ уклоняться отъ этой нормы не болѣе какъ на 10 мм., т. е. должно быть въ предѣлахъ отъ 1772 до 1792 мм.

Объ устройствѣ, установкѣ и содержаніи паровыхъ котловъ, а также порядкѣ освидѣтельствованія оныхъ.

(Изъ Правилъ, утвержденныхъ Министромъ Финансовъ 30 Іюля 1890 г.).

II. Конструкція паровыхъ котловъ.

Изъ § 2. Стѣнки котловъ, находящіяся, вполнѣ или частью, въ соприкосновеніи съ продуктами горѣнія, должны быть изготовляемы исключительно изъ сварочнаго желѣза, литого незакаливающагося желѣза или красной мѣди. Не возбраняется употребленіе латуни для прикасающихся къ продуктамъ горѣнія дымогарныхъ трубокъ, если внутренній діаметръ таковыхъ трубокъ не превосходитъ четырехъ дюймовъ.

Употребленіе, для вышеозначенныхъ стѣнокъ и трубокъ, другихъ матеріаловъ допускается не иначе какъ съ особаго разрѣшенія Министра Финансовъ, по предварительномъ разсмотрѣніи въ Совѣтѣ

лѣзныхъ дорогъ отъ 12 ноября 1893 г. № 18260).

Этимъ же циркуляромъ Д-та ж. дорогъ было объявлено, что новое предѣльное очертаніе подвижного состава (черт. 519 на стран. 565) пока не вводится еще, какъ обязательное, и желѣзнымъ дорогамъ предложено привести (помощью подкладокъ) шатунные (дышловые) клинья паровозовъ въ положеніе, при которомъ эти клинья не могли бы опускаться ниже 30 мм. надъ уровнемъ рельсовъ.

Торговли и Мануфактуръ устройства и образа дѣйствія котловъ, для коихъ испрашивается отступленіе отъ общаго правила.

Изъ § 3. Уровень воды въ постоянныхъ и подвижныхъ паровыхъ котлахъ, употребляемыхъ на сушѣ, долженъ быть по крайней мѣрѣ на четыре дюйма выше наивысшей черты соприкасающихся съ продуктами горѣнія стѣнокъ котла, если только эти стѣнки подвергаются опасности быть раскаленными.

Примѣчаніе 1. Стѣнкою котла, не подверженною опасности накаливанія, признается та, до соприкосновенія съ которою продукты горѣнія должны пройти по поверхности нагрѣва, превосходящей площадь рѣшетки (на которой горитъ топливо) въ 40 разъ, если естественная тяга, производимая дымовою трубою, усиливается посредствомъ впускаемой въ трубу струи пара, и въ 20 разъ, если такого усиленія естественной тяги не имѣется.

Примѣчаніе 2. Изложенныя въ семъ параграфѣ правила не относятся къ котламъ, составленнымъ изъ трубъ, въ которыхъ циркулируетъ вода, если внутренній діаметръ этихъ трубъ не превышаетъ четырехъ дюймовъ, и къ вертикальнымъ трубчатымъ котламъ, поверхность нагрѣва которыхъ не превосходитъ ста квадратныхъ футовъ.

III. Арматура паровыхъ котловъ.

§ 4. Всѣ постоянные и подвижные паровые котлы должны быть снабжены по крайней мѣрѣ двумя предохранительными клапанами, изъ которыхъ одинъ долженъ имѣть устройство, не дозволяющее машинисту измѣнять нагрузку клапана. Нагрузка клапановъ должна быть такова, чтобы они открывались при наивысшемъ давленіи, для котораго разрѣшено употребленіе котла; размѣры же клапановъ должны быть сообразованы съ парообразовательною способностью котла. Если грузъ дѣйствуетъ при посредствѣ рычага, то наивысшему давленію пара въ котлѣ должно соотвѣтствовать положеніе груза въ самомъ концѣ рычага. Предохранительные клапаны должны быть устроены такимъ образомъ, чтобы всегда возможно было повѣрить исправное ихъ состояніе.

Примѣчаніе. Въ подвижныхъ, а также пароходныхъ и паровозныхъ котлахъ, допускаются пружинные предохранительные клапаны.

Изъ § 5. Каждый паровой котелъ долженъ быть снабженъ вѣрнымъ манометромъ съ сифонною трубкою. На скалѣ или цыферблатѣ манометра должна быть проведена замѣтная черта въ томъ мѣстѣ, гдѣ долженъ быть указатель при наивысшемъ, допускаемомъ при работѣ, давленіи внутри котла.

Манометръ долженъ помѣщаться на видномъ для кочегара мѣстѣ.

§ 6. При каждомъ паровомъ котлѣ, имѣющемъ не болѣе двухсотъ квадратныхъ футовъ площади нагрѣва, равно какъ и при котлахъ локомобилей, должно быть по крайней мѣрѣ по одному надежному питательному прибору, могущему поддерживать нормальный уровень воды въ котлѣ, при самомъ усиленномъ его дѣйствіи. Для котловъ, имѣющихъ болѣе 200 кв. фут. поверхности нагрѣва, требуется два такихъ же питательныхъ прибора; при томъ оба прибора должны приводиться въ дѣйствіе независимо одинъ отъ другого и

такъ, чтобы, въ случаѣ порчи одного прибора, другой могъ бы дѣйствовать. Два независимые питательные прибора признаются достаточными и для нѣсколькихъ котловъ, въ одномъ помѣщеніи расположенныхъ, но съ тѣмъ чтобы размѣры каждаго прибора были съ избыткомъ достаточны для питанія всѣхъ котловъ.

Питательный приборъ долженъ соединяться съ котломъ посредствомъ клапана, который давленіемъ пара извнутри котла долженъ запираться.

§ 7. При каждомъ паровомъ котлѣ должна быть водоуказательная стеклянная трубка и по крайней мѣрѣ два крана для показанія уровня воды въ котлѣ, изъ коихъ каждый долженъ имѣть отдѣльное соединеніе съ котломъ; кромѣ того могутъ быть и другія соотвѣтствующія этой же цѣли приспособленія. При водоуказательной трубкѣ долженъ быть ясно обозначенъ красною или бѣлою продольною полосою наинизшій допускаемый уровень воды въ котлѣ. Водоуказательные краны надлежитъ располагать такъ, чтобы нижній находился на горизонтѣ наинизшаго уровня. Водоуказательные краны и краны при водоуказательныхъ трубкахъ должны быть устроены такъ, чтобы ихъ, для устраненія засоренія, можно было протыкать по прямому направленію.

§ 8. Паровые котлы должны быть устроены такъ, чтобы было возможно очищать ихъ внутреннія стѣнки при помощи одного или нѣсколькихъ отверстій, или другихъ приспособленій.

§ 15. При испытаніи котловъ гидравлическимъ давленіемъ, которое входитъ въ составъ внутренняго ихъ освидѣтельствованія, соблюдаются слѣдующія правила: а) паровые котлы, предназначенные къ употребленію при дѣйствительномъ давленіи не свыше *одной* атмосферы, подвергаются дѣйствительному давленію *втрое* сильнѣе того наибольшаго дѣйствительнаго давленія, при которомъ котелъ предназначается къ дѣйствію; б) паровые котлы, предназначенные къ употребленію при дѣйствительномъ давленіи, превышающемъ одну атмосферу, но не болѣе *пяти атмосферъ*, подвергаются при испытаніи дѣйствительному давленію *вдвое* сильнѣе того наибольшаго дѣйствительнаго давленія, при которомъ котелъ предназначается къ работѣ, но во всякомъ случаѣ не менѣе *трехъ атмосферъ*; в) котлы, предназначаемые къ работѣ при дѣйствительномъ давленіи болѣе *пяти* атмосферъ, испытываются дѣйствительнымъ давленіемъ, равнымъ наибольшему, допускаемому для котла, дѣйствительному давленію, *увеличенному на пять атмосферъ;* г) давленіе, коему подвергается котелъ при испытаніи, опредѣляется преимущественно посредствомъ вывѣреннаго манометра, который, равно какъ и насосъ, для производства испытанія необходимый, должны быть доставляемы ревизующимъ техникомъ; д) пробное давленіе поддерживается при испытаніи въ теченіе времени, достаточнаго для тщательнаго осмотра всѣхъ частей котла; г) котелъ признается выдержавшимъ испытаніе, если: 1) въ котлѣ не оказывается признака разрыва, 2) не замѣчаются измѣненія, остающіяся и по окончаніи испытанія, 3) не замѣчается течи, при чемъ однако выходъ воды черезъ швы и заклепки въ видѣ мелкой пыли или мелкихъ капель (такъ называемыхъ слезокъ) течью не считается; ж) кипятильники испытываются точно такъ же, какъ и котлы.

Изъ Инструкціи относительно устройства, установки, содержанія, освидѣтельствованія и испытанія паровозныхъ и другихъ паровыхъ котловъ на желѣзныхъ дорогахъ, подвѣдомственныхъ Министерству Путей Сообщенія.

(Постановленіе Министра П. С. 30 апр. 1893 г. № 5846).

II. Устройство паровыхъ котловъ.

§ 2. Устройство всѣхъ паровыхъ котловъ должно удовлетворять условіямъ, указаннымъ въ §§ 2-мъ и 3-мъ Правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ.

Устройство паровыхъ котловъ должно сверхъ того удовлетворять требованіямъ техническихъ условій устройства и содержанія подвижного состава, издаваемыхъ въ развитіе Постановленія Министра Путей Сообщенія, отъ 7 іюня 1891 года, № 7044 *).

Примѣчаніе 1. Указаніе § 3-го Правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ о томъ, что уровень воды въ подвижныхъ паровыхъ котлахъ долженъ быть, по крайней мѣрѣ, на четыре дюйма выше соприкасающихся съ продуктами горѣнія стѣнокъ котла, должно быть, въ примѣненіи къ паровознымъ котламъ, относимо къ тому положенію паровоза, когда онъ находится въ покоѣ на горизонтальномъ пути; при этомъ однако же не должно быть допускаемо, чтобы на самыхъ крутыхъ склонахъ дороги уровень воды въ паровозномъ котлѣ опускался ниже, чѣмъ на два люйма надъ упомянутыми стѣнками котла.

III. Арматура паровыхъ котловъ.

1. Предохранительные клапаны.

§ 3. Всѣ постоянные и подвижные паровые котлы должны быть снабжены по крайней мѣрѣ двумя предохранительными клапанами, имѣющими устройство, указанное въ § 4-мъ Правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ; паровозные котлы въ отношеніи снабженія ихъ предохранительными клапанами должны удовлетворять сверхъ того и требованіямъ пункта г. § 27-го Правилъ содержанія и употребленія подвижного состава*). Къ числу подвижныхъ паровыхъ котловъ, о которыхъ говорится въ примѣчаніи къ означенному выше § 4-му изданныхъ Министерствомъ Финансовъ Правилъ и для которыхъ допускаются пружинные предохранительные клапаны,—причисляются и паровые котлы, устанавливаемые въ желѣзнодорожныхъ вагонахъ.

2. Самоплавящіяся пробки.

§ 4. Топка каждаго паровознаго котла должна быть снабжена, въ наивысшей части своего потолка, по крайней мѣрѣ двумя само-

*) Постановленіе это (заключающее въ себѣ Правила содержанія и употребленія подвижного состава) отмѣнено 8 февраля 1898 года (съ изданіемъ Правилъ Технической Эксплоатаціи желѣзныхъ дорогъ).

плавящимися пробками, залитыми свинцомъ или другимъ не менѣе, чѣмъ свинецъ, легкоплавкимъ металомъ.

Примѣчаніе. Въ тѣхъ случаяхъ, когда площадь, занимаемая паровымъ котломъ, не превышаетъ одного квадратнаго метра, допускается снабженіе котла лишь одною самоплавящеюся пробкою.

3. Искроудержательныя приспособленія.

§ 5. Паровозные, локомобильные, а также устанавливаемые въ желѣзнодорожныхъ вагонахъ, паровые котлы, отапливаемые топливомъ, выдѣляющимъ при его сожиганіи раскаленные угольки (искры), должны быть снабжены,—согласно требованію пункта з § 27-го Правилъ содержанія и употребленія подвижного состава*),—искроудержательными приспособленіями, какъ при дымовой трубѣ, такъ и при зольникѣ.

4. Манометры.

§ 6. Относительно манометровъ при паровыхъ котлахъ должны быть въ точности соблюдаемы всѣ указанія § 5-го правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ, при чемъ на паровозномъ котлѣ манометръ (пунктъ д § 27-го Правилъ содержанія и употребленія подвижного состава *) долженъ быть помѣщенъ такъ, чтобы кромѣ кочегара онъ былъ доступенъ для наблюденія и всѣмъ прочимъ лицамъ паровозной бригады.

5. Питательные приборы.

§ 7. Снабженіе паровыхъ котловъ питательными приборами должно быть производимо согласно § 6-му Правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ, при чемъ питательные приборы паровозныхъ котловъ должны сверхъ сего удовлетворять еще слѣдующимъ условіямъ, указаннымъ въ пунктѣ а § 27-го Правилъ содержанія и употребленія подвижного состава *):

а) каждый изъ двухъ питательныхъ приборовъ по своимъ размѣрамъ долженъ доставлять нужное во время ѣзды, для питанія котла, количество воды; и

б) одинъ изъ сихъ приборовъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы можно было снабжать котелъ водою во время стоянки паровоза, а равно качать воду для тушенія пожара.

6. Приборы для указанія уровня воды въ котлѣ.

§ 8. При каждомъ паровомъ котлѣ (въ томъ числѣ и паровозномъ) должны быть устроены, согласно указаніямъ § 7-го Правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ, приборы для показанія уровня воды въ котлѣ. Паровозные котлы должны, кромѣ того, удовлетворять требованіямъ пунктовъ б и в § 27-го Правилъ содержанія и употребленія подвижного состава *).

Устройство оправъ водомѣрнаго стекла должно быть таково, чтобы оно допускало возможность продуванія каналовъ этихъ оправъ.

---

*) Правила эти отмѣнены 8 февраля 1898 года (съ изданіемъ Правилъ Технической Эксплоатаціи ж. дорогъ).

7. Приспособленія для очистки внутреннихъ стѣнокъ котловъ.

§ 9. Для очистки внутреннихъ стѣнокъ котловъ должны быть устраиваемы приспособленія, указанныя въ § 8-мъ Правилъ, изданныхъ въ 1890 году Министерствомъ Финансовъ; устроенныя для сей цѣли въ стѣнкахъ котловъ отверстія (люки, лазы) должны быть герметически закрываемы во время службы котловъ.

8. Паровой свистокъ.

§ 10. Каждый паровозный котелъ, согласно требованію, изложенному въ пунктѣ е § 27-го Правилъ содержанія и употребленія подвижного состава *), долженъ быть снабженъ паровымъ свисткомъ.

О нормальномъ разстояніи между внутренними гранями колесныхъ шинъ

(изъ циркуляровъ: Начальника Управленія ж. д. отъ 13 апрѣля 1888 г. за № 3807 и Департамента ж. д. отъ 9-го декабря 1899 г. за № 13967).

Нормальное разстояніе между внутренними гранями шинъ колесъ одной и той же оси паровозовъ и вагоновъ равно 1440 мм., съ допущеніемъ отступленій не свыше 3 мм. въ ту или другую сторону.

Объ американскихъ фонаряхъ на паровозахъ

(циркуляръ Д-та ж. д. отъ 27 сентября 1893 г. № 15029).

Впереди паровозовъ, отправляемыхъ съ поѣздами большой скорости, обязательна постановка американскихъ фонарей съ посеребренными или никелированными рефлекторами.

О наибольшей скорости паровоза

(изъ утвержденныхъ 8 февраля 1898 года Министромъ Путей Сообщенія Правилъ Технической Эксплоатаціи желѣзныхъ дорогъ, открытыхъ для общаго пользованія).

§ 65. Наибольшая скорость паровоза опредѣляется на каждой дорогѣ для каждаго типа паровозовъ, въ зависимости отъ его кон-

*) Правила эти отмѣнены 8 февраля 1898 года (съ изданіемъ Правилъ Технической Эксплоатаціи ж. дорогъ).

струкціи, Начальникомъ дороги, при чемъ, безъ особаго разрѣшенія Министерства Путей Сообщенія, устанавливаемая наибольшая скорость не должна превосходить предѣла, при которомъ число оборотовъ въ одну минуту движущихъ колесъ паровоза превышаетъ:

а) въ пасажирскихъ паровозахъ 260

б) въ товарныхъ паровозахъ 225.

Общія техническія условія, которымъ должны удовлетворять воздушные тормаза пасажирскихъ поѣздовъ

(изъ циркуляра Д-та ж. д. отъ 7 апрѣля 1890 г. за № 3891).

§ 1. Непрерывные тормаза, вновь устанавливаемые къ подвижному составу, должны быть автоматическіе, дѣйствующіе сжатымъ или разрѣженнымъ воздухомъ.

§ 2. Вагоны, снабженные непрерывными тормазами, должны быть приспособлены къ пользованію ихъ тормазами, при слѣдованіи въ прямомъ сообщеніи по дорогамъ, имѣющимъ тормаза соотвѣтственнаго дѣйствія (сжатымъ или разрѣженнымъ воздухомъ), и для сего всѣ соединенія воздухопроводныхъ трубъ, какъ между тендерами и вагонами, такъ и между сими послѣдними, должны быть, на подлежащихъ дорогахъ, тождественнаго устройства и согласованы съ таковыми соединеніями въ ИМПЕРАТОРСКИХЪ поѣздахъ.

§ 3. Дѣйствіе тормаженія должно быть энергичное и быстрое, распространяющееся на всѣ тормазные вагоны поѣзда съ возможно малыми промежутками времени.

§ 4. Число вагонныхъ тормазныхъ осей въ поѣздѣ должно быть не менѣе указаннаго въ § 90 Правилъ Движенія *), при чемъ для скоростей свыше 55 верстъ въ часъ это число осей опредѣляется особымъ разсчетомъ, представляемымъ на утвержденіе Департамента желѣзныхъ дорогъ.

§ 5. Нажатіе колодокъ должно быть расчитано такъ, чтобы оно въ зависимости отъ конструкціи вагона, составляло: при одностороннемъ нажатіи отъ 0,5 до 0,6 давленія, передаваемаго осью на рельсы, а при двухстороннемъ нажатіи—не менѣе 0,8 упомянутаго давленія.

§ 6. Внутри каждаго вагона поѣзда должно быть устроено приспособленіе для затормаживанія поѣзда; соотвѣтственные приборы должны быть располагаемы на видныхъ и доступныхъ мѣстахъ съ необходимымъ огражденіемъ отъ случайностей.

§ 7. На дорогахъ, имѣющихъ уже неавтоматическіе тормаза:

---

*) Правила эти отмѣнены 8 февраля 1898 года (съ изданіемъ Правилъ Технической Эксплоатаціи жел. дорогъ).

а) паровозы должны быть снабжены приспособленіями для дѣйствія, въ случаѣ надобности, и автоматическими тормазами соотвѣтственной системы сжатаго или разрѣженнаго воздуха;

б) въ каждомъ вагонѣ поѣзда должно быть устроено приспособленіе для вполнѣ надежной и быстрой подачи машинисту сигнала остановки; соотвѣтственные приборы должны быть располагаемы внутри вагоновъ на видныхъ и доступныхъ мѣстахъ, съ необходимымъ огражденіемъ отъ случайностей. Такимъ приспособленіемъ не можетъ считаться сигнальная веревка.

Техническія условія на изготовленіе и поставку паровозовъ и тендеровъ *).

§ 1. *Общія условія.*—Матеріалы, употребляемые на изготовленіе паровозовъ и тендеровъ, должны по качеству соотвѣтствовать назначенію частей, для которыхъ они будутъ употреблены, и не имѣть пороковъ, вліяющихъ на ихъ прочность и долговѣчность службы.

Всѣ матеріалы могутъ быть подвергнуты испытаніямъ, при чемъ количество испытаній во всѣхъ трехъ случаяхъ, когда оно не оговорено настоящими техническими условіями, предоставляется усмотрѣнію пріемщика, но однако же оно не должно превосходить $2^0/_0$ отъ предъявленнаго къ пріемкѣ количества.

Примѣчаніе. Если $2^0/_0$ отъ количества испытуемыхъ частей составляетъ менѣе единицы, то пріемщику предоставляется испытать одну часть.

Матеріалы, идущіе на изготовленіе частей не отвѣтственныхъ въ смыслѣ прочности, по незначительности дѣйствующихъ на нихъ силъ (какъ напр. желѣзо для обшивки, площадокъ, тендерныхъ баковъ и т. п.) не подлежитъ испытанію на разрывъ.

Запасныя части паровозовъ и тендеровъ должны быть настолько точно исполнены, чтобы онѣ могли быть употребляемы для всѣхъ паровозовъ одной серіи безъ особой пригонки, кромѣ пришабриванія и притирки.

Всѣ части движущаго и парораспредѣлительнаго механизмовъ, не подлежащія окраскѣ, а также всѣ рукоятки приводовъ и всѣ части арматуры, отдѣланныя на станкахъ, должны быть отшлифованы;

---

*) Приказомъ Министра Путей Сообщенія отъ 5 іюля 1897 г. за № 113 предложено:

1. Принять къ руководству означенныя технической условія *какъ нормальныя.*

2. Считать эти нормальныя техническія условія обязательными для руководства по заказамъ какъ казенныхъ, такъ и частныхъ желѣзныхъ дорогъ, подлежащихъ вѣдѣнію Министерства Путей Сообщенія.

Примѣчаніе. Въ тѣхъ случаяхъ, когда заказчикъ находитъ необходимымъ отступить отъ требованій нормальныхъ техническихъ условій, должно быть испрошено утвержденіе Министра Путей Сообщенія.

однако всѣ эти части могутъ ставиться и безъ дальнѣйшей отдѣлки, если онѣ чисто обработаны.

Остальныя части должны быть отдѣланы правильно и возможно чисто.

Всѣ гайки и головки болтовъ движущаго и парораспредѣлительныхъ механизмовъ, цилиндровыхъ и золотниковыхъ крышекъ, а также гайки арматуры должны быть обработаны на станкахъ въ калибръ. Всѣ стальныя гайки или головки болтовъ могутъ быть оставлены и черными, если онѣ изготовлены способомъ штампованія съ точностью до 0,5 мм. въ болтахъ до 1 дюйма діаметромъ и до 1 мм. въ болтахъ большихъ размѣровъ, при чемъ отступленія въ размѣрахъ допускаются лишь въ меньшую сторону; гайки, подлежащія частому отвинчиванію, должны быть цементованы и закалены. Гайки и болты должны быть по шкалѣ Витворта.

Размѣтка, обработка на станкахъ, точная пригонка и установка всѣхъ частей паровоза и тендера должны исполняться по шаблонамъ, калибрамъ, мѣркамъ, крючкамъ и провѣрочнымъ приборамъ.

Степень точности изготовленія частей паровозовъ и тендеровъ должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

а) части, приготовленныя отковкой, отливкой и прокаткой, за исключеніемъ тѣхъ, точность изготовленія коихъ оговорена особо въ настоящихъ техническихъ условіяхъ, а также тѣхъ, кои отдѣлываются по шаблонамъ и калибрамъ, не должны отступать отъ чертежа въ смыслѣ уменьшенія болѣе 10% площади поперечнаго сѣченія; въ смыслѣ же увеличенія размѣровъ должны: 1) не увеличивать общаго вѣса паровоза или тендера и проектной нагрузки на оси болѣе допускаемыхъ; 2) не затруднять постановку и сборку другихъ частей паровоза или тендера и 3) не вліять на правильность работы во время службы паровоза;

б) размѣры частей, обрабатываемыхъ на станкахъ, не подлежащіе отдѣлки въ калибръ, могутъ отступать отъ чертежа до 1 мм. какъ въ сторону уменьшенія, такъ и увеличенія ихъ;

в) размѣры частей, отдѣлываемыхъ въ калибръ, принимаются по калибру, который изготовляется точно по чертежу.

Въ отдѣльныхъ случаяхъ пріемщикъ можетъ допустить отступленія отъ калибра, не вредящія правильной сборкѣ и работѣ паровоза; при этомъ однако же отступленія эти не должны нарушать плотности соединенія частей, пригоняющихся шабровкой, притиркой или инымъ способомъ (напр. поверхности соприкасанія золотника и лица, поверхности въ соединеніяхъ трубъ и т. п.).

Допускаемыя выше отступленія въ размѣрахъ отдѣльныхъ частей не должны вліять на правильность работы паровоза и тендера.

На всѣхъ отъемныхъ частяхъ каждаго паровоза и тендера долженъ быть выбитъ заводскій нумеръ паровоза.

Примѣчаніе. Ежели на чертежахъ паровоза и тендера будетъ обозначена нормальная нумерація отдѣльныхъ частей ихъ, то таковая должна быть выбита на соотвѣтственныхъ частяхъ.

§ *2. Чертежи.*—Паровозы и тендеры изготовляются по выданнымъ заводу чертежамъ. Чертежи должны быть провѣрены заводомъ до приступа къ работамъ. Независимо отъ сего, въ случаѣ обнаруженія во время работъ какихъ либо несогласованій или неясностей въ чертежахъ, таковыя должны быть устранены по взаимному соглашенію завода и лица, на то уполномоченнаго заказчикомъ; если

же такового нѣтъ, то по соглашенію завода съ пріемщикомъ.

§ *3. Характеристика паровоза и тендера.*

а) Котелъ:

внутренній наименьшій діаметръ котла,
наружный діаметръ дымогарныхъ трубокъ,
число дымогарныхъ трубокъ,
поверхность нагрѣва (наружная) дымог. трубокъ,
„ „ (внутренняя) топки,
„ „ полная,
площадь рѣшетки,
отопленіе,
давленіе пара по манометру.

б) Паровая машина:

діаметръ цилиндра высокаго давленія,
„ „ низкаго „
ходъ порошня.

в) Ходовая часть:

діаметръ ведущей оси,
число спаренныхъ осей,
діаметръ бѣгунка,
число бѣгунковъ,
база паровоза,
нагрузка на ось,
число тормазныхъ осей,
процентъ тормаженія.

г) Тендеръ:

діаметръ колесъ,
число осей,
нагрузка на ось,
объемъ водяного бака,
тормаженіе { система, процентъ.

д) Вѣсъ:

паровоза { въ порожнемъ состояніи, въ рабочемъ „
тендера { въ порожнемъ состояніи, въ рабочемъ „

§ *4. Котелъ.*—Котелъ долженъ быть склепанъ изъ листовъ сварочнаго или литого желѣза.

Листы по наружному виду не должны имѣть недостатковъ вредныхъ для котла.

Въ толщинѣ листовъ допускаются отступленія: въ меньшую сторону 1/2 мм. и въ большую 1 1/2 мм., что однако не должно увеличивать общаго вѣса паровоза и проектной нагрузки на ось болѣе допускаемыхъ.

Примѣчаніе. При заказѣ отдѣльныхъ листовъ котельнаго желѣза допуски противъ указанныхъ на чертежахъ или въ нарядѣ размѣровъ могутъ быть въ длинѣ 12 мм., а ширинѣ 6 мм.

Листы сварочнаго желѣза должны выдерживать не менѣе 34 килогр. вдоль и 30 килогр. сопротивленія на кв. мм. поперекъ прокатки съ удлиненіемъ не менѣе 50% вдоль и 8% поперекъ волоконъ. Испытаніе нормальнаго образца, шириною около 30 мм. и толщиною, равною толщинѣ испытуемаго листа, производится со-

гласно установленной на сей предметъ инструкціи.

Примѣчаніе. Для листовъ, прокатываемыхъ въ обоихъ направленіяхъ, какъ то: передней рѣшетки, лобового, ухватнаго и верхняго листовъ, наружной топки и днища колпака — нормы эти берутся какъ среднія изъ результатовъ двухъ испытаній, взятыхъ въ двухъ направленіяхъ, составляющихъ прямой уголъ, при чемъ онѣ должны быть не ниже 32 килогр. сопротивленія на кв. мм. и 12% удлиненія.

Испытанію подвергается 5% листовъ по выбору пріемщика, при чемъ образцы берутся изъ излишковъ длины и ширины листовъ или изъ вырѣзовъ ихъ, когда таковые полагаются на чертежахъ. При неудовлетворительныхъ результатахъ испытаній число ихъ удваивается, а ежели и въ повторенныхъ испытаніяхъ окажется хотя бы одно по результатамъ неудовлетворительное, то успытанію подвергается каждый листъ отдѣльно. Листы, давшіе неудовлетворительное переиспытаніе, бракуются.

Листы литого желѣза. Химическій анализъ на фосфоръ, сѣру и углеродъ дѣлается при одинаковыхъ чугунахъ отъ каждой десятой плавки, а при разныхъ чугунахъ отъ каждой пятой плавки. Содержаніе фосфора не должно быть болѣ 0,05%. Химическій анализъ имѣетъ только факультативное значеніе, не долженъ вписываться въ акты и не можетъ служить причиной браковки листовъ или задержкой въ пріемкѣ ихъ.

Результаты произведенныхъ заводомъ химическихъ анализовъ представляются пріемщикомъ въ Главную Заводскую Инспекцію.

Всѣ листы литого желѣза испытываются на изгибъ въ холодномъ и горячемъ состояніи и разрывъ, при чемъ пробные бруски берутся изъ оставленныхъ при нихъ припусковъ или вырѣзовъ, если таковые полагаются по чертежамъ.

Примѣчаніе, Нѣсколько листовъ, вырѣзанныхъ изъ одного прокатаннаго листа, при испытаніи принимаются за одинъ.

Проба на изгибъ. Кромки полосъ, предназначенныхъ на изгибъ, должны быть отдѣланы на станкахъ и ребра ихъ могутъ быть скруглены.

1. При испытаніи на изгибъ въ холодномъ состояніи пробная полоса, подвергнутая сгибанію: для листовъ толщиною до 20 мм.— вплотную и для болѣе толстыхъ листовъ — на 180° около стержня равной имъ толщины, не должна давать на наружной поверхности сгиба трещинъ и разрывовъ.

2. При испытаніи на изгибъ въ горячемъ состояніи пробная полоса, нагрѣтая до темно-краснаго каленія и подвергнутая сгибанію до сдваиванія, не должна давать трещинъ на наружной поверхности сгиба.

Пробамъ на изгибъ могутъ подвергаться полосы, нагрѣтыя до темно-краснаго каленія и охлажденныя въ водѣ.

Проба на разрывъ. При испытаніи на разрывъ литое котельное желѣзо должно давать: для листовъ толщиною до 20 мм. отъ 33 до 40 килогр. сопротивленія на кв. мм. при наименьшемъ удлиненіи 25%, а сумма цифръ сопротивленія и двойного удлиненія должна быть не менѣе 90; и для листовъ толщиною болѣе 20 мм. (верхушечный, рѣшетка и крышка парового колпака) сопротивленіе должно быть отъ 30 до 40 килогр. на кв. мм. при наименьшемъ удлиненіи 25%, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и двойного удлиненія должна

быть не менѣе 90.

При сопротивленіи на разрывъ болѣе 40 килогр. на кв. мм. удлиненіе должно увеличиваться не менѣе 2% на каждый килогр. сопротивленія сверхъ минимальныхъ 25% удлиненія.

Указанныя нормы сопротивленій и удлиненій относятся согласно инструкціи къ образцамъ нормальнаго типа, шириною около 30 мм. и толщиною, равною толщинѣ испытуемаго листа. Если при испытаніи два образца дали неудовлетворительные результаты, то листъ бракуется; если же только одинъ образецъ, то листъ подвергается переиспытанію того же рода, какому первоначально онъ не удовлетворилъ. Листъ, не выдержавшій переиспытанія, бракуется.

Примѣчаніе. Вырѣзанные для испытанія кривые бруски могутъ выпрямляться подъ молотомъ при темно-красномъ нагрѣвѣ.

Желѣзо накладокъ по качеству должно быть не ниже желѣза листовъ, соединяемыхъ этими накладками. Отверстія для заклепокъ должны быть совершенно точныя, для чего передъ клепкой они должны быть пройдены развертками или же образованы сверленіемъ черезъ собранные вмѣстѣ листы; подъ головками заклепокъ должны быть образованы конусные бортики, соотвѣтственно которымъ должны быть раззенкованы съ обѣихъ сторонъ заклепочныя дыры. Передъ клепкой листы должны быть пригнаны настолько тщательно, чтобы по окончаніи клепки кромки верхнихъ листовъ прилегали къ нижнимъ плотно, безъ зазоровъ. Тѣло заклепки должно вполнѣ выполнять дыру, назначенную для заклепки.

Для склепки котловъ могутъ употребляться заклепки изъ сварочнаго или литого желѣза. Сварочное желѣзо для заклепокъ должно имѣть сопротивленіе на разрывъ не менѣе 36 килогр. на кв. мм. при удлиненіи не менѣе 20%. Литое желѣзо должно выдерживать отъ 36 до 40 килогр. сопротивленія на кв. мм. при наименьшемъ удлиненіи 25%, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и двойного удлиненія должна быть не менѣе 90; при сопротивленіи на разрывъ болѣе 40 килогр. на кв. мм. удлиненіе должно увеличиваться не менѣе $2^1/_2$% на каждый килограммъ сопротивленія, сверхъ минимальныхъ 25% удлиненія. Кромѣ того стержень заклепочнаго желѣза испытывается на изгибъ въ холодномъ и горячемъ состояніи и, согнутый вплотную, не долженъ давать на наружной поверхности сгиба трещинъ. На головкахъ заклепокъ, образованныхъ въ горячемъ состояніи, трещинъ не допускается.

Кромки листовъ, для удобства чеканки, должны быть скошены и швы обчеканены изнутри и снаружи.

Листы огневой коробки и матеріалъ топочныхъ связей, изготовляемыхъ изъ красной мѣди, должны удовлетворять техническимъ условіямъ на сей предметъ (см. ниже технич. услов. на красную листовую мѣдь).

Связи должны быть просверлены или пробиты съ обоихъ концовъ на длину не менѣе 35 мм.

До расклепки головокъ, связи должны быть туго завернуты, при чемъ рѣзьба связей должна быть чистая, безъ заусеницъ и строго соотвѣтствовать рѣзьбѣ отверстій.

Топочныя связи и анкерные болты могутъ быть желѣзные изъ сварочнаго или литого желѣза, выдерживающаго: отъ 32 до 40 килогр. на кв. мм. сопротивленія при удлиненіи не менѣе 20% для сварочнаго и 28% для литого желѣза; пробу на изгибъ вплотную и

сплющиваніе на 1/2 первоначальнаго діаметра безъ поврежденій металла.

Кольцо топочнаго отверстія, нижняя топочная рама, крышки колпаковъ, сѣдалища люковъ, втулки поперечныхъ связей, анкерные болты, боковыя опоры топки, колосниковыя балки и т. п. части изготовляются изъ сварочнаго или литого желѣза, или отливаются изъ стали; въ случаѣ изготовленія ихъ отливкой онѣ должны быть отожжены.

Заклепки для скрѣпленія рамы съ топочными листами должны быть точеныя, при чемъ діаметръ ихъ въ холодномъ состояніи не долженъ отличаться отъ діаметра отверстія болѣе чѣмъ на 1/2 мм.

Гидравлическое испытаніе котла съ поставленной на немъ арматурой производится при манометрическомъ давленіи на пять атмосферъ выше рабочаго давленія пара въ котлѣ.

Каждый котелъ, выдержавшій означенное испытаніе безъ остающагося измѣненія формы и течи швовъ, долженъ быть заштемпелеванъ на видномъ мѣстѣ, съ показаніемъ предѣльнаго рабочаго давленія пара въ атмосферахъ, года, мѣсяца и дня испытанія, и имѣть надлежащее свидѣтельство испытанія котла пріемщикомъ.

§ 5. *Дымогарныя трубы.*—Дымогарныя трубы должны удовлетворять установленнымъ на сей предметъ техническимъ условіямъ (см. ниже технич. усл. на жел. дымог. трубы).

Укрѣпленіе трубъ въ обѣихъ рѣшеткахъ производится обжатіемъ вальцевымъ приборомъ.

§ 6. *Принадлежности котла и арматура.*—Типъ дымовой трубы долженъ быть указанъ при выдачѣ заказа; заводу же предоставляется для пробныхъ поѣздокъ изготовить одну трубу по своему усмотрѣнію.

Одновременно съ выборомъ типа дымовой трубы должно быть указано, нужно ли изготовленіе искроудержательныхъ сѣтокъ въ поддувалѣ и дымовой коробкѣ.

Зольникъ, клапаны его, дверца дымовой коробки и топочная дверца должны быть возможно плотно пригнаны.

Всѣ флянцовыя соединенія, какъ-то: флянцы пароваго колпака, предохранительныхъ клапановъ, круглыхъ люковъ котла, соединенія паровыхъ трубъ, патрубковъ инжекторовъ и т. п., должны быть сдѣланы на притиркѣ безъ всякихъ мягкихъ прокладокъ.

Паровыя трубы, послѣ напайки флянцевыхъ колецъ, должны подвергаться гидравлическому давленію: паропроводная на 20 атмосферъ, ресиверная на 12 и паровыпускная на 8 атмосферъ.

Предохранительные клапаны должны вывѣряться съ точностью до 5 (пяти) фунтовъ на манометрическое давленіе, равное рабочему давленію пара въ котлѣ, послѣ чего должны быть поставлены контрольныя шайбы и трубки съ назначенными на нихъ мм. длинами.

Пружинные клапаны должны быть испытаны грузами въ . . . пудовъ.

Всѣ соединенія арматуры съ котломъ и частей ея между собою должны быть вполнѣ герметичны противу пара давленіемъ на одну атмосферу выше рабочаго; мягкія прокладки въ соединеніяхъ, образованныхъ рѣзьбою или притирочными кольцами, не допускаются.

Всѣ клапаны и краны, регуляторные золотники и т. п. должны плотно закрываться и не пропускать пара или воды. Манипуляція ими, равно какъ и всѣми другими приводами конуса, сифона, водомѣрнаго стекла и т. д. должна производиться легко, съ малыми

усиліями руки.

Инжекторы должны качать чисто, безъ утери воды, всѣ клапаны ихъ должны быть тщательно притерты.

Всѣ арматурныя части въ мѣстахъ, не подлежащихъ окраскѣ, должны быть тщательно отдѣланы, грани гаекъ правильны. Всѣ отливки для арматуры должны быть вполнѣ плотны, безъ поръ и свищей.

Всѣ ребра и углы какъ арматурныхъ частей, такъ равно и частей приводовъ должны быть настолько сглажены, чтобы не производить царапинъ на рукахъ.

Манометръ долженъ быть системы. . . . . ; противъ цыфры рабочаго давленія пара должна быть поставлена красная черта; нуль шкалы манометра долженъ соотвѣтствовать одной абсолютной атмосферѣ.

Водомѣрное стекло должно быть снабжено футляромъ системы Горделичка или подобнымъ ему устройствомъ, защищающимъ паровозную прислугу отъ пораненія осколками стекла, а также приспособленіемъ для одновременнаго закрыванія кранов водомѣрнаго стекла на разстояніи, если не примѣнена къ нимъ клапанная система.

Конусъ и сифонная трубка должны быть тщательно вывѣрены при постановкѣ.

Желѣзная обшивка котла и топки должна имѣть возможно правильную форму, а стыки ея тщательно пригнаны. Котелъ предварительно обшивается. . . . . .

Всѣ шпильки, поставленныя въ стѣнкѣ котла или топки, должны завертываться безъ сурика или бѣлилъ, имѣть хорошую рѣзьбу и въ соединеніяхъ быть совершенно непроницаемыми для пара и воды, при наибольшихъ допущенныхъ для котла пробныхъ давленіяхъ. Чеканка около соединеній ихъ до окончательной пріемки котла воспрещается.

Бронза арматурныхъ частей кромѣ конусныхъ пробокъ и вентильныхъ клапановъ, подлежащихъ притиркѣ, должна быть состава: мѣди 88 ч., олова 12 ч. и цинка 3 ч. или другого соотвѣтствующаго по качеству сплава.

Конусные пробки и клапаны вентилей должны отливаться изъ сплава нѣсколько мягче противу означеннаго, такъ чтобы притирка болѣе дѣйствовала на нихъ, нежели на стаканы и сѣдалища клапановъ.

§ 7. *Цилиндры и механизмъ.*—Цилиндры должны быть изготовлены изъ свѣтло-сѣраго чугуна, показывающаго въ изломѣ мелкозернистое и однородное строеніе, безъ недостатковъ въ отливкѣ, вліяющихъ на прочность ихъ и исправность службы, при чемъ небольшія отдѣльныя раковины допускается задѣлывать съ разрѣшенія на то пріемщика.

Вполнѣ готовые и собранные съ крышками цилиндры подвергаются испытанію гидравлическимъ пресомъ на давленіе пятью атмосферами выше рабочаго давленія пара въ котлѣ; цилиндры низкаго давленія системы „Компаундъ“ испытываются давленіемъ, равнымъ давленію пара въ котлѣ.

Всѣ части цилиндровъ должны быть отдѣланы по шаблонамъ и калибрамъ. Цилиндровыя и золотниковыя крышки должны быть притерты и поставлены безъ всякихъ прокладокъ, за исключеніемъ переднихъ золотниковыхъ крышекъ, постановка которыхъ допускается на тонкихъ (около 1 мм.) азбестовыхъ прокладкахъ. Золотники,

изготовляемые изъ фосфористой бронзы, должны соотвѣтствовать шаблонамъ.

Поршни должны быть желѣзные штампованные или литые.

Кольца поршней должны быть изготовлены изъ мягкаго чугуна.

Поршневыя скалки должны быть кованныя изъ стали съ сопротивленіемъ не менѣе 55 килогр. на кв. мм. при удлиненіи не менѣе 18%.

Паралели должны быть кованныя или литыя изъ стали съ сопротивленіемъ не менѣе 60 килогр. на кв. мм. при удлиненіи не менѣе 10%. На концахъ паралелей должны быть поставлены риски, соотвѣтствующія крайнимъ положеніямъ поршня.

Крейцкопфъ — желѣзный штампованный или литой изъ стали. Вкладыши крейцкопфа изготовляются изъ бронзы: 82 ч. красной мѣди, 10 ч. олова и 8 ч. цинка или другого соотвѣтствующаго по качествамъ сплава.

Продувательные краны цилиндровъ не должны пропускать пара въ закрытомъ состояніи; приводъ ихъ долженъ дѣйствовать свободно съ малымъ усиліемъ на рукоятку.

Цилиндровыя и золотниковыя масленки должны дѣйствовать вполнѣ исправно, не пропуская пара въ соединеніяхъ и клапанахъ.

Цилиндры должны быть обложены деревомъ и обшиты желѣзомъ.

Дышла (шатуны) изготовляются изъ кованной стали, выдерживающей на разрывъ не менѣе 48 килогр. при удлиненіи не менѣе 20%.

Подшипники дышловые дѣлаются изъ бронзы состава: 82 ч. красной мѣди, 16 ч. олова и 2 ч. цинка или другого соотвѣтствующаго по качествамъ сплава. Дышловыя пряжки, камни крейцкопфныхъ подшипниковъ, крейцкофные клинья, сцѣпные валки, ихъ кольца и головки нажимныхъ болтовъ должны быть цементованы и закалены.

Всѣ тяги парораспредѣленія и золотниковыя рамы съ тягами изготовляются изъ хорошаго сварочнаго желѣза или мягкой стали; кулисы и ихъ валъ—стальные литые или кованные.

Примѣчаніе 1. При парораспредѣленіи Джоя кулисные камни и всѣ кольца парораспредѣлительнаго механизма должны быть изъ твердой фосфористой бронзы, кромѣ колецъ золотниковыхъ тягъ, которыя дѣлаются изъ мягкой стали, цементованной и закаленной. Кулисы, кулисные валки и кулачки золотниковой тяги должны быть цементованы и закалены.

Примѣчаніе 2.—Во всѣхъ случаяхъ, когда по настоящимъ условіямъ или по чертежамъ требуется цементація или закалка, части, подвергнутыя калкѣ, должны быть настолько тверды, чтобы шлифная пила не оставляла на нихъ царапинъ.

Всѣ части движущаго и парораспредѣлительнаго механизма должны изготовляться съ особою тщательностью по калибрамъ и шаблонамъ.

Золотники должны быть тщательно вывѣрены, послѣ чего на золотниковой тягѣ и скалкѣ должны быть поставлены провѣрочные кернера на разстояніи 300 мм. одинъ отъ другого.

§ 8. *Паровозная рама.*—Продольныя рамы должны быть изъ сварочнаго или литого желѣза безъ наружныхъ пороковъ, вредящихъ ихъ прочности, при чемъ допускается отступленіе противъ указанной на чертежѣ толщины ихъ до $1^1/_2$ мм. въ большую и 1 мм. въ меньшую сторону.

Пробные нормальные образцы прямоугольные, шириною равною толщинѣ рамы и толщиною около 10 мм., или круглые, діаметромъ около 15 мм., должны при испытаніи на разрывъ давать: для сварочн-

наго желѣза 32 килогр. вдоль и 30 килогр. сопротивленіе на кв. мм. поперекъ прокатки при удлиненіи не менѣе 8%, и для литого желѣза: отъ 32 до 42 килогр. сопротивленія на кв. мм. при удлиненіи не менѣе 20%, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и двойного удлиненія должна быть не менѣе 80, и кромѣ того пробная полоса съ отдѣланными кромками должна въ холодномъ состояніи изгибаться на 180° около стержня діаметромъ, равнымъ ея толщинѣ, безъ трещинъ.

Испытанію на разрывъ подвергается одна изъ пяти предъявленныхъ къ пріемкѣ рамъ; если хотя одно испытаніе дастъ неудовлетворительные результаты, то переиспытанію подвергаются всѣ предъявленныя рамы.

Испытанію на изгибъ подвергаются всѣ рамы, при чемъ пробныя полосы могутъ быть взяты изъ припусковъ или кусковъ, выдолбленныхъ при отдѣлкѣ рамъ.

Поперечныя и иныя (кромѣ продольныхъ) крѣпленія рамъ изготовляются изъ литого и сварочнаго желѣза или литыя изъ стали.

Продольныя рамы должны изготовляться по шаблонамъ, причемъ верхняя кромка рамъ должна быть отдѣлана подъ линейку. Во всѣхъ поперечныхъ скрѣпленіяхъ кромки угольниковъ, прилегающія къ продольнымъ рамамъ, должны быть отдѣланы на станкахъ съ соблюденіемъ возможно точнаго разстоянія между рамами. Всѣ дыры въ соединеніяхъ какъ для болтовъ, такъ и для заклепокъ должны быть точныя, пройденныя развертками, при чемъ болты должны входить съ молотка и заклепки должны быть плотно высажены въ дырахъ.

Всѣ части тягового прибора и запасныя цѣпи должны быть изъ сварочнаго желѣза 1-го сорта или литого желѣза, дающаго при разрывѣ отъ 36 до 42 килогр. сопротивленія на кв. мм. при наименьшемъ удлиненіи 25%, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и двойного удлиненія должна быть не менѣе 90; кромѣ того литое желѣзо должно хорошо свариваться и не давать закалки. Собранный тяговый приборъ подвергается испытанію на растяженіе усиліемъ 12300 килогр. (750 пудовъ), при чемъ онъ не долженъ обнаруживать остающагося измѣненія въ своихъ частяхъ.

§ 9. Бандажи, оси, колеса и скаты должны удовлетворять техническимъ условіямъ на поставку сихъ предметовъ (см. ниже технич. условія на бандажи, оси, колеса и скаты).

Подвѣсныя ресоры должны быть изготовлены изъ литой стали согласно съ чертежами, при чемъ допускаются слѣдующія отступленія: а) въ длинѣ хорды ресоры (разстояніе между центрами ушковъ) не болѣе 0,5% и б) въ высотѣ фабричной стрѣлы ресоры не болѣе 6 мм. Передъ сборкою вогнутыя поверхности ресоръ смазываются смѣсью сала съ масломъ и графитомъ. Всѣ ресоры подвергаются слѣдующимъ испытаніямъ на изгибъ: а) ресора съ заранѣе измѣренною стрѣлкою подвергается дѣйствію груза, вызывающаго напряженіе въ листахъ около 100 килогр. на кв. мм.; измѣренный по снятіи сей нагрузки остающійся прогибъ не долженъ быть болѣе 3% отъ величины прогиба ресоры подъ пробнымъ грузомъ и б) ресора, дважды нагруженная послѣ перваго испытанія тѣмъ же грузомъ, не должна давать остающагося прогиба болѣе 1/2 мм.

Хомуты кованные желѣзные или стальные литые должны быть натянуты настолько прочно, чтобы при ударахъ молотка вѣсомъ около 4 фунтовъ не замѣчалось сдвига ихъ по листамъ. На верхнемъ листѣ ресоры должна быть выбита заводская марка.

Подвѣсные ресорные стержни изготовляются изъ мягкаго сварочнаго или литого желѣза.

Упорные ресорные стержни и скобы ихъ, изготовляемые изъ желѣза или стали, должны быть цементованы и закалены.

Буксы должны быть желѣзныя кованныя или стальныя литыя.

Буксовыя челюсти дѣлаются изъ твердой стали. Буксовые клинья, изготовляемые изъ литого желѣза или стали, должны быть цементованы и закалены.

Буксовые подшипники отливаются изъ бронзы состава: 82 ч. красной мѣди, 10 ч. олова, 8 ч. цинка или изъ другого соотвѣтствующаго по качествамъ сплава. На внутренней поверхности подшипники имѣютъ углубленія, заливаемыя бабитомъ.

§ *10. Будка.*—Будка, изготовленная изъ листоваго желѣза, должна быть собрана изъ листовъ хорошо выправленныхъ.

Площадка, изготовляемая изъ листовъ рифленаго желѣза, должна быть хорошо выправлена.

Перила должны имѣть точеныя или чисто откованныя колонки; прутья перилъ равно какъ и штанги котла должны имѣть гладкую поверхность, хотя и могутъ ставиться безъ отдѣлки на станкахъ.

Перила и штанги котла должны быть крашенныя.

На паровомъ котлѣ и тендерѣ каждаго паровоза должны быть съ обѣихъ сторонъ поставлены нумерныя доски съ обозначеніемъ фирмы завода, заводскаго нумера и года постройки.

§ *11. Тендеръ.*—Тендеръ изготовляется по утвержденнымъ чертежамъ.

Качество матеріаловъ и сборка рамъ должны отвѣчать условіямъ, поставленнымъ для рамъ паровозовъ.

Колеса, оси, бандажи должны удовлетворять техническимъ условіямъ на ихъ поставку (см. ниже технич. условія на колеса, оси и бандажи).

Ресоры должны удовлетворять тѣмъ же условіямъ, какъ и ресоры для паровозовъ.

Закалка частей должна быть произведена въ тѣхъ случаяхъ, которые предусмотрѣны на утвержденныхъ чертежахъ.

Буксы и ихъ направляющія должны быть чугунныя или стальныя.

Подшипники буксовые—бронзовые, состава: 82 ч. мѣди красной, 10 ч. олова и 8 ч. цинка, или другого соотвѣтствующаго по качеству сплава.

На внутренней поверхности подшипники имѣютъ углубленія, заливаемыя бабитомъ. Передъ заливкой бабита боковыя грани углубленій должны быть подчищены зубиломъ или другимъ способомъ, дабы предупредить образованіе по краямъ заливовъ прошлаковокъ.

Примѣчаніе. Замѣчаніе относительно заливокъ бабита должно примѣняться и къ изготовленію подшипниковъ паровоза.

Всѣ части тормазного прибора должны быть тщательно урегулированы и настолько хорошо собраны, чтобы при оттормаживаніи всѣ колодки свободно отходили отъ колесъ.

Водяной бакъ изготовляется изъ литого или сварочнаго желѣза.

Въ мѣстахъ опоры бака на рамы должны быть проложены просмоленныя дубовыя прокладки; стыки внутренней деревянной обшивки бака—проконопачены и просмолены.

§ *12. Окраска.*—Наружная и внутренняя поверхность котла, внутренняя поверхность тендернаго бака, обшивка котла должны быть покрыты сурикомъ; котелъ за три раза, тендерный бакъ и обшивка за два раза. Всѣ видныя неполированныя части паровоза и тендера, а также рамы и колеса должны быть окрашены въ указан-

ный заблаговременно цвѣтъ. Окраска должна быть произведена на хорошей загрунтовкѣ за три раза и покрыта лакомъ за два раза.

§ *13. Инструменты.*—Заводъ обязуется поставить съ каждымъ паровозомъ нижеслѣдующіе инструменты и принадлежности:

1) пику,
2) рѣзакъ,
3) скребокъ для золы,
4) вилки для очистки шлака,
5) трамбовку для заколачиванія пробокъ,
6) угольную лопату,
7) шлаковую лопату,
8) щипцы для колосниковъ,
9) прутъ для прочистки дымогарныхъ трубъ,
10) прутъ для промывки котла,
11) скребокъ для чистки накипи,
12) 12 желѣзныхъ пробокъ для дымогарныхъ трубъ,
13) 12 деревянныхъ „ „ „ „
14) 2 желѣзныхъ домкрата съ боковымъ движеніемъ, съ масивною колонкой и принадлежностями на 15 тоннъ подъемной силы каждый,
15) топоръ съ топорищемъ,
16) желѣзную кувалду въ 18 фунтовъ,
17) ручной молотокъ въ $2^1/_2$ фунта,
18) мѣдный „ „ $4^1/_2$ „
19) свинцовый „ „ 8 фунтовъ,
20) французскій ключъ (универсальный),
21) наборъ гаечныхъ ключей,
22) 2 отжимки для крышекъ цилиндровъ,
23) штопоръ для набивки сальниковъ,
24) „ „ грундбуксы,
25) 2 зубила плоскихъ,
26) 2 зубила острыхъ,
27) бастардовый большой напильникъ,
28) 3 плоскихъ напильника,
29) 3 полукруглыхъ напильника,
30) 3 круглыхъ „
31) 2 круглыхъ пробоя для шпилекъ,
32) отвертку,
33) 2 боксовальныхъ лома,
34) круглый ломикъ,
35) бидонъ для масла въ 30 фунтовъ
36) „ „ „ „ 5 „
37) смазочную масленку въ $2^1/_2$ фунта,
38) спринцовку для масла,
39) ведро для сала (съ крышкою) въ 25 фунтовъ,
40) кастрюлю для сала,
41) 2 желѣзныхъ ведра для воды,
42) американскій фонарь,
43) 2 буферныхъ фонаря,
44) футляръ съ сигнальными стеклами,
45) фонари для манометра и водомѣрнаго стекла,
46) ручной фонарь для машиниста,
47) ламповую щетку,
48) ножницы,

49) ящикъ съ 3-мя водомѣрными стеклами,
50) 2 наконечника съ гайками къ пожарнымъ кранамъ,
51) брандспойтъ и пеньковый рукавъ (съ резиновой прокладкою) длиною въ 10 саженъ,
52) наконечникъ съ гайкой къ водовыпускному крану,
53) метлу,
54) запасное винтовое сцѣпленіе со шкворнемъ для сцѣпленія паровоза съ тендеромъ,
55) запасный винтовой приборъ для сцѣпленія тендера съ вагонами.
56) веревку толщиною въ 50 мм. и длиною 15 метровъ,
57) одинъ запасный комплектъ колосниковъ (цѣлая рѣшетка) на 10 паровозовъ, а также одинъ комплектъ на остатокъ отъ дѣленія числа заказываемыхъ паровозовъ на десять и
58) 6 висячихъ замковъ для ящиковъ тендера.

§ *14. Матеріалы.*—Пріемщикъ имѣетъ право потребовать отъ завода предъявленія документовъ пріобрѣтенія всѣхъ матеріаловъ, входящихъ въ постройку паровозовъ и тендеровъ.

§ *15.* Модели всѣхъ чугунныхъ, бронзовыхъ и мелкихъ стальныхъ отливокъ паровозныхъ и тендерныхъ частей, за исключеніемъ патентованныхъ, а равнымъ образомъ и чертежи всѣхъ частей должны быть доставлены безплатно въ количествѣ комплектовъ, опредѣленномъ въ договорѣ.

§ *16. Испытаніе паровозовъ.*—Для выясненія доброкачественности сборки всѣ паровозы, до обшивки и окраски ихъ, должны быть подвергнуты провѣрочному испытанію съ очереднымъ поѣздомъ между ближайшими къ заводу станціями на пути протяженіемъ не менѣе 10 верстъ.

Кромѣ означенныхъ провѣрочныхъ испытаній, производимыхъ на путяхъ дороги, прилегающей къ заводу, каждый паровозъ подвергается окончательному испытанію, смотря по условіямъ договора, на дорогѣ, на которую паровозъ сей будетъ назначенъ, или на ближайшей къ заводу дорогѣ. Испытанія эти производятся на пути протяженіемъ не менѣе 50 верстъ въ присутствіи пріемщиковъ и уполномоченнаго завода, и о нихъ составляются надлежащіе акты.

При окончательныхъ испытаніяхъ паровозы должны удовлетворить условіямъ, соотвѣтствующимъ ихъ типу.

Техническія условія на поставку ресоръ *).

§ 1. Ресоры должны быть изготовлены изъ литой стали согласно съ чертежами, строго наблюдая, чтобы концы листовъ плотно прилегали къ сосѣднимъ листамъ какъ при свободномъ, такъ и при нагруженномъ состояніи ресоры; отступленія же допускаются слѣдующія:

а) въ длинѣ хорды ресоры (разстояніе между центрами ушковъ) не болѣе 0,5% и

*) См. выноску стр. 573.

б) въ высотѣ фабричной стрѣлы ресоры не болѣе 6 мм.

§ 2 Передъ сборкою вогнутыя поверхности ресоры смазываются смѣсью сала съ масломъ и графитомъ.

§ 3. Ресоры подвергаются слѣдующимъ испытаніямъ на изгибъ:

а) ресора съ заранѣе измѣренною стрѣлкою подвергается дѣйствію груза, вызывающаго напряженіе въ листахъ ея около 100 килог. на кв. мм., измѣренный по снятіи сей нагрузки остающійся прогибъ не долженъ быть болѣе 3% отъ величины прогиба ресоры вышеозначеннымъ пробнымъ грузомъ;

б) ресора, дважды нагруженная послѣ перваго испытанія тѣмъ же грузомъ, не должна давать остающагося прогиба болѣе 1/2 мм.

§ 4. Ресоры пасажирскихъ вагоновъ кромѣ того нагружаются 2/5 вышеозначеннаго груза и затѣмъ подвергаются не менѣе 25 колебаніямъ дѣйствіемъ добавочной силы, равной половинѣ этой послѣдней нагрузки, т. е. 1/5 пробнаго груза; при этомъ она не должна давать остающагося прогиба.

§ 5. Двумъ первымъ испытаніямъ подвергаются всѣ ресоры, третьему же испытанію — 5% отъ предъявленнаго къ пріему количества.

§ 6. Цилиндрическія спиральныя ресоры изъ стали круглаго и прямоугольнаго сѣченія испытываются такъ же, какъ и подвѣсныя листовыя ресоры.

§ 7. Коническія спиральныя ресоры прямоугольнаго сѣченія для нормальныхъ товарныхъ вагоновъ испытываются на сжатіе прессомъ до полной осадки ихъ, при чемъ ресора при третьемъ сжатіи должна возвращаться къ той же высотѣ, которую имѣла послѣ второго сжатія.

§ 8. Для спиральныхъ ресоръ, не подходящихъ къ означеннымъ типамъ, заказчикъ заранѣе указываетъ требуемыя имъ техническія условія поставки ихъ.

Техническія условія на поставку ресорной стали*).

Ресорная сталь, предъявленная къ пріемкѣ въ видѣ отдѣльныхъ полосъ, должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

а) снаружи не имѣть раковинъ, пленъ, трещинъ и другихъ недостатковъ;

б) въ изломѣ имѣть мелкозернистое, однородное сложеніе;

в) нормальный незакаленный образецъ, шириною около 30 мм., долженъ давать при разрывѣ не менѣе 70 килгр. на кв. мм. сопротивленія при наименьшемъ удлиненіи 8%, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и удвоеннаго удлиненія должна быть не менѣе 90;

г) полоса ресорной стали, закаленная и отпущенная при условіяхъ изготовленія ресоръ, помѣщается на опоры съ разстояніемъ

*) См. выноску стр. 573.

въ 600 мм. и подвергается дѣйствію груза, приложеннаго по срединѣ и опредѣленнаго по формулѣ:

$$P = \frac{19}{180} \cdot ab^2,$$

гдѣ P обозначаетъ грузъ въ клгр.

a ширина
b толщина
} ресорной стали въ мм.

Нагрузка эта соотвѣтствуетъ напряженію въ 95 клгр. на кв. мм. по снятіи груза полоса не должна давать остающагося прогиба.

Вышеозначеннымъ механическимъ испытаніямъ подвергаются на разрывъ 2% и на изгибъ 1% отъ предъявленнаго къ пріему количества ресорной стали.

Въ случаѣ полученія неудовлетворительнаго результата испытаній, переиспытывается двойное количество образцовъ; партія, давшая неудовлетворительное переиспытаніе, бракуется.

Техническія условія на поставку кривошиповъ *).

§ 1. Размѣры пальцевъ кривошиповъ, а равно и расположеніе ихъ на колесахъ, должны соотвѣтствовать чертежу.

§ 2. Пальцы кривошиповъ должны быть изготовлены изъ литой, хорошо прокатанной стали и до обточки отожжены.

§ 3. Матеріалъ пальцевъ при испытаніи на разрывъ пробнаго образца діаметромъ около 20 мм. долженъ давать не менѣе 60 килограмовъ на кв. мм. сопротивленія при удлиненіи не менѣе 12%. При чемъ сумма цыфръ сопротивленія и удвоеннаго удлиненія должна быть не менѣе 85.

§ 4. Насадка пальцевъ должна производиться подъ давленіемъ отъ 30 до 50 тоннъ для сцѣпныхъ пальцевъ и отъ 50 до 80 тоннъ для ведущихъ (поршневыхъ) пальцевъ.

Техническія условія на изготовленіе и поставку скатовъ *).

§ 1. Скаты должны быть изготовлены согласно съ чертежами; входящія въ составъ ихъ колеса, оси и шины должны удовлетворять техническимъ условіямъ на поставку означенныхъ предметовъ, для чего они испытываются до сборки скатовъ.

§ 2. Надѣваніе шинъ на колеса паровозныя, тендерныя и всякія литыя производится до насадки колесъ на оси; надѣваніе шинъ

*) См. выноску стр. 573.

на вагонныя кованныя колеса производится послѣ насадки колесъ на оси.

Помѣщеніе какихъ-либо прокладокъ между ободомъ и насаженною на него шиною не допускается.

§ 3. Насадка колесъ на оси производится подъ давленіемъ отъ 85 до 120 тоннъ для паровозныхъ и тендерныхъ колесъ, отъ 50 до 80 тоннъ для вагонныхъ колесъ при насадкѣ на ось колеса съ шиной, и отъ 40 до 70 тоннъ при насадкѣ колеса на ось до надѣванія шины на колесо. Давленія эти опредѣляются по діаграмамъ индикаторнаго прибора; на индикаторныхъ діаграмахъ отмѣчается только наибольшее давленіе, полученное до момента упиранія буртика оси въ ступицу колеса.

Примѣчаніе. Соприкасающіяся поверхности ступицы и шейки оси должны быть гладко обточены мелкой стружкою.

§ 4. Надѣваніе шинъ на колеса должно производиться при помощи нагрѣва ихъ въ горячемъ воздухѣ безъ доступа продуктовъ горѣнія, въ мазутѣ, маслѣ или инымъ способомъ (если таковой способъ будетъ разрѣшенъ Министромъ Путей Сообщенія), дающимъ равномѣрный нагрѣвъ шины; разность въ діаметрахъ шины и обода, опредѣляющая натягъ шины, должна заключаться въ предѣлахъ 0,75—1 мм. на одинъ метръ діаметра.

§ 5. Шины послѣ сборки скатовъ обтачиваются согласно чертежа.

§ 6. Заводъ гарантируетъ удовлетворительную службу частей, входящихъ въ составъ скатовъ (шины, оси и колеса) согласно указаній, изложенныхъ въ техническихъ условіяхъ на поставку сихъ частей.

Техническія условія на изготовленіе и поставку шинъ *).

§ 1. Шины должны быть изготовлены изъ литой стали однороднаго мелкозернистаго сложенія, прокаткой цѣльной штуки безъ всякой сварки и не имѣть видимыхъ недостатковъ въ матеріалѣ, вредныхъ для ихъ службы.

Шины послѣ прокатки должны быть надлежащимъ образомъ ограждены отъ быстраго и неравномѣрнаго охлажденія.

§ 2. Размѣры отдѣльныхъ шинъ должны соотвѣтствовать чертежамъ (въ черномъ видѣ) съ точностью во внутреннемъ діаметрѣ до 2 мм. меньше и до $1^1/_2$ мм. больше заданнаго—для шинъ діаметромъ по кругу катанія до 1250 мм.; до 3 мм. меньше и 2 мм. больше заданнаго—для шинъ наружнаго діаметра болѣе 1250 мм.; въ толщинѣ до 2 мм. въ обѣ стороны и въ ширинѣ до 2 мм. болѣе и 1 мм. менѣе заданныхъ. Боковыя поверхности шинъ должны быть параллельны между собою и перпендикулярны къ оси. Вообще прини-

*) См. выноску стр. 573.

маются только такія шины, изъ коихъ можно выточить шину по чертежу въ чистомъ видѣ.

§ 3. Шины, удовлетворяющія условіямъ наружнаго осмотра и обмѣра, испытываются въ количествѣ одного процента (1%) отъ предъявленной къ пріемкѣ партіи на разрывъ и ударъ бабой.

Проба на разрывъ.—Изъ каждой пробной шины выдѣлывается по одному нормальному образцу діаметромъ около 20 мм.; бруски для нихъ вырѣзываются въ холодномъ состояніи изъ куска шинъ, выправленнаго подъ молотомъ при нагрѣваніи не свыше темно-краснаго каленія.

При испытаніи на разрывъ пробные образцы должны давать сопротивленіе не менѣе 65 клгр. на кв. мм. для вагонныхъ шинъ и 70 клгр. на кв. мм. для паровозныхъ и тендерныхъ шинъ, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и удвоеннаго удлиненія должна быть не менѣе 90 при наименьшемъ удлиненіи 8%.

Проба на ударъ бабой.—Приспособленіе (коперъ) для испытанія бандажей, накавальня и фундаментъ ея должны быть устроены согласно требованіямъ, изложеннымъ въ циркулярѣ относительно устройства аналогичнаго приспособленія для испытанія рельсъ.

Ударная поверхность бабы должна быть закруглена на дугѣ круга, описанной радіусомъ не менѣе 150 мм.

Прокладка, по которой ударяется бабой, должна быть ограничена сверху плоскою поверхностью, а профиль нижняго ея очертанія долженъ соотвѣтствовать поперечному профилю шинъ. Прокладка эта должна быть по возможности не тяжелѣе 20 клгр.

Приспособленіе для опусканія бабы должно быть устроено такъ, чтобы оно не препятствовало свободному паденію бабы и предохраняло отъ случайнаго ея паденія: рекомендуется устройство прибора, показанное на чертежѣ, приложенномъ къ „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ за 1892 г., листъ XXV.

Для испытанія шинъ подставка должна имѣть очертаніе по кривой, описанной радіусомъ въ 150 мм. Необходимо озаботиться, чтобы опорная поверхность для испытуемыхъ шинъ была приспособлена къ удержанію ихъ на мѣстѣ.

Пробныя шины при толщинѣ ихъ въ 65 мм. подвергаются 3-мъ ударамъ бабы вѣсомъ 30 пудовъ, развивающимъ работу въ 420 пудофутовъ; при этомъ послѣ 3-го удара шина не должна показывать признаковъ разрушенія; при большей или меньшей толщинѣ шины высота удара должна быть соотвѣтственно увеличена или уменьшена въ размѣрѣ 0,1 фута на каждый милиметръ излишней или меньшей толщины.

Заводъ при предъявленіи шинъ для испытанія даетъ вѣдомость ихъ по плавкамъ.

Если при испытаніи партіи шинъ получится неудовлетворительный результатъ, то переиспытывается изъ каждой плавки одна шина; если и при такомъ повторительномъ испытаніи получатся неудовлетворительные результаты, то всѣ шины изъ плавки, которая дала неудовлетворительное переиспытаніе, бракуются.

§ 4. На каждой шинѣ на плоской ея грани, со стороны противоположной гребню, должны быть выбиты: марка завода, время изготовленія и заводскій нумеръ шины; буквы и цыфры эти, высотою 10 мм. и глубиною 4 мм., выбиваются приблизительно на разстояніи 15 мм. отъ внутренней окружности шины.

§ 5. Шины, удовлетворяющія вышеозначеннымъ условіямъ, при-

нимаются по дѣйствительному ихъ вѣсу.

Въ случаѣ, если шины прокатаны съ напусками, превосходящими допускаемые § 2 условій предѣлы, то онѣ должны быть приняты съ неоплатой за лишній вѣсъ противъ нормальнаго, опредѣляемаго вышеуказанными допусками.

§ 6. При заказѣ менѣе 50 шинъ, онѣ включаются для пріемки и испытанія въ общую партію съ шинами по другимъ заказамъ; въ случаѣ же невозможности сдѣлать это, испытанію подвергается одна добавочная, изготовленная на счетъ заказчика, шина.

§ 7. Заводъ гарантируетъ удовлетворительную службу шинъ въ теченіе слѣдующихъ сроковъ, начиная съ 1-го Января слѣдующаго за поставкой года: шины паровозныя и тендерныя—въ теченіе двухъ лѣтъ и вагонныя шины—въ теченіе трехъ лѣтъ.

Означенный срокъ гарантіи паровозныхъ шинъ обязателенъ лишь при условіи, что дороги-потребительницы не будутъ допускать выбоинъ болѣе 7 мм. Всѣ шины, лопнувшія или сломавшіяся въ теченіе срока гарантіи, за исключеніемъ шинъ, поврежденныхъ при столкновеніи поѣздовъ, сходахъ съ рельсъ и другихъ тому подобныхъ случаяхъ, замѣняются заводомъ новыми штука за штуку.

Шины, изъятыя изъ службы раньше истеченія срока гарантіи вслѣдствіе износа ихъ, замѣняются заводомъ новыми въ количествѣ, пропорціональномъ недослуженнымъ изношенными шинами срокамъ, такъ, чтобы количество прежде доставленныхъ и не выдержавшихъ гарантіи шинъ, со вновь доставленными, прослужило установленный срокъ, при чемъ дроби $^1/_2$ и болѣе считаются за единицу, а менѣе $^1/_2$ отбрасываются.

Изъятіе изъ службы шинъ, подлежащихъ замѣнѣ на основаніи условій гарантіи, должно быть удостовѣрено актами за подписью начальниковъ мастерскихъ или депо.

Поврежденныя шины должны быть замѣнены новыми не позже четырехъ мѣсяцевъ со дня полученія о томъ письменнаго извѣщенія, съ доставкой на дорогу за счетъ завода. Если въ указанный срокъ шины не будетъ доставлены на дорогу, то онѣ заказываются на счетъ завода.

Пришедшія въ негодность шины хранятся на дорогѣ безплатно въ теченіе 4-хъ мѣсяцевъ со дня извѣщенія о томъ завода, а затѣмъ, если отъ завода не послѣдовало никакого распоряженія объ этихъ шинахъ, онѣ продаются дорогой, и вырученная сумма, за вычетомъ расходовъ по продажѣ и храненію сверхъ 4-хъ мѣсяцевъ, выдается заводу.

Техническія условія на изготовленіе и поставку желѣзныхъ и стальныхъ колесъ *).

§ 1. Колеса могутъ быть кованныя изъ сварочнаго или литого желѣза, или стальныя литыя.

*) См. выноску стр. 573.

§ 2. Размѣры колесъ должны соотвѣтствовать чертежамъ, при чемъ въ частяхъ, не подлежащихъ обработкѣ (внутр. поверх. обода, спицы, наружный діаметръ ступицы и пр.), допускается отступленіе въ сторону уменьшенія ихъ до 5% и въ сторону увеличенія до 10%; въ отдѣльныхъ же частяхъ допускается въ обѣ стороны: по наружному діаметру обода—1 мм., по ширинѣ его—0,5 мм., во внутреннемъ діаметрѣ ступицы – 0,5 мм. и по ширинѣ ея—1 мм.

§ 3. Кованныя колеса могутъ быть сдѣланы изъ сварочнаго или литого желѣза; они должны быть хорошо прокованы и настолько тщательно проварены, чтобы на мѣстахъ сварки не было видимыхъ недостатковъ, вредящихъ прочности колеса.

§ 4. Литыя колеса должны быть отлиты изъ мягкой однородной стали безъ видимыхъ пороковъ, вредящихъ ихъ прочности, и послѣ снятія формъ отожжены.

§ 5. Колеса въ количествѣ 1% отъ предъявленной къ пріемкѣ партіи подвергаются слѣдующимъ пробамъ:

а) *Проба на ударъ.*—Колесо, установленное въ вертикальномъ положеніи на неупругой опорѣ, устроенной согласно циркуляра Техническаго комитета отъ 30 Марта 1878 г. за № 4201, подвергается двумъ ударамъ бабы вѣсомъ въ 30 пудовъ, падающей съ высоты 3,5 футовъ для вагонныхъ и 5 футовъ для паровозныхъ и тендерныхъ колесъ; при этомъ на испытуемомъ колесѣ, хотя бы оно изогнулось, не должно проявляться трещинъ и признаковъ излома.

Примѣчаніе. Если тендерныя колеса имѣютъ размѣры вагонныхъ, то испытываются какъ эти послѣднія.

б) *Проба на раздачу ступицы.*—Черезъ ступицу пробнаго колеса проталкивается слегка коническая оправка подъ давленіемъ, равнымъ полуторному противъ назначеннаго для насадки колесъ на оси, при чемъ въ ступицѣ не должно проявляться ни малѣйшихъ трещинъ. Размѣры оправки вырабатываются заводами путемъ опытовъ. Вагонныя кованныя колеса, вмѣсто пробы на раздачу ступицы, разбиваются бабой, для чего дѣлается вдоль по діаметру колеса надрѣзъ глубиною въ 25 мм., вскрываемая поверхность должна обнаружить однородное строеніе метала и удовлетворительность сварки.

Примѣчаніе. По усмотрѣнію завода проба (б) можетъ быть замѣнена раздачей ступицы помощью коническихъ секторовъ, которая происходитъ слѣдующимъ образомъ: на стержень, проходящій въ центрѣ секторовъ, производятся удары бабой до момента увеличенія діаметра ступицы на 3% противъ первоначальнаго, при чемъ на ступицѣ не должно проявляться трещинъ.

Проба колесъ на раздачу ступицы по діаметру на 3% должна быть введена, какъ обязательная: для стальныхъ литыхъ колесъ черезъ одинъ годъ по утвержденіи настоящихъ условій, а для желѣзныхъ черезъ три года.

Въ случаѣ неудовлетворительныхъ результатовъ количество испытаній удваивается; партія колесъ, давшая неудовлетворительное переиспытаніе, бракуется. При заказѣ менѣе 50 колесъ они включаются для пріемки и испытанія въ общую партію съ колесами по другимъ заказамъ; въ случаѣ же невозможности сдѣлать это, испытанію подвергается одно добавочное, изготовленное за счетъ заказчика, колесо.

§ 6. На ступицѣ каждаго колеса съ наружной стороны должны быть выбиты: марка завода, время изготовленія и заводскій нумеръ

колеса.

§ 7. Колеса, удовлетворяющія вышеозначеннымъ условіямъ, принимаются по дѣйствительному ихъ вѣсу.

§ 8. Заводъ гарантируетъ удовлетворительную службу колесъ въ теченіе шести лѣтъ съ 1 Января слѣдующаго за поставкой года. Всѣ колеса, пришедшія въ теченіе срока гарантіи въ негодность по неудовлетворительности матеріала или работы, замѣняются заводомъ новыми безплатно штука за штуку, за исключеніемъ колесъ, поврежденныхъ при столкновеніи поѣздовъ, сходѣ съ рельсъ и другихъ тому подобныхъ случаяхъ.

Причина изъятія изъ службы колесъ, подлежащихъ замѣнѣ на основаніи условій гарантіи, должна быть удостовѣрена актами за подписью начальниковъ мастерскихъ или депо.

Поврежденныя колеса должны быть замѣнены новыми не позже 4-хъ мѣсяцевъ со дня полученія о томъ письменнаго извѣщенія, съ доставкою на дорогу за счетъ завода. Если въ указанный срокъ колеса не будутъ доставлены на дорогу, то они заказываются за счетъ завода.

Пришедшія въ негодность колеса хранятся на дорогѣ безплатно въ теченіе 4-хъ мѣсяцевъ со дня извѣщенія о томъ завода, а затѣмъ если отъ завода не послѣдовало никакого распоряженія объ этихъ колесахъ, они продаются дорогой и вырученная сумма, за вычетомъ расходовъ по продажѣ и храненію сверхъ 4-хъ мѣсяцевъ, возвращается заводу.

Техническія условія на изготовленіе и поставку осей *).

§ 1. Оси должны быть изготовлены изъ литой механически уплотненной стали, по всей массѣ однородной, безъ недостатковъ въ матеріалѣ, вредныхъ для ихъ службы, при чемъ паровозныя и тендерныя оси должны быть прокованы или пресованы. Оси послѣ изготовленія ихъ должны быть надлежащимъ образомъ ограждены отъ быстраго и неравномѣрнаго охлажденія.

§ 2. Оси должны быть изготовлены согласно съ чертежами, при чемъ для осей, изготовляемыхъ въ черномъ видѣ, допускаются слѣдующія отступленія: въ діаметрахъ средней ихъ части, не подлежащей обточкѣ, до 2 мм. болѣе и 1 мм. менѣе заданныхъ, въ длинѣ осей до 10 мм. болѣе; въ діаметрахъ же частей, подлежащихъ обточкѣ, до 5 мм. болѣе противъ размѣровъ чертежа оси въ черномъ видѣ; для полуобточенныхъ осей въ мѣстахъ не отдѣланныхъ допускаются вышеуказанныя отступленія, въ остальныхъ же онѣ должны соотвѣтствовать чертежу.

Вообще принимаются только такія осевыя болванки, изъ которыхъ возможно выточить ось по чертежу въ чистомъ видѣ безъ черновинъ на мѣстахъ обработки.

Примѣчаніе 1. Шейки осей въ черномъ видѣ должны

*) См. выноску стр. 573.

представлять цилиндры безъ буртиковъ.

Примѣчаніе 2. На чертежахъ осей полуобточенныхъ и въ черномъ видѣ должны быть показаны размѣры ихъ въ чистомъ видѣ.

§ 3. Оси вагонныя и тендерныя, удовлетворяющія условіямъ наружнаго осмотра и обмѣра, испытываются на разрывъ въ количествѣ двухъ (2) процентовъ, предъявленной къ пріемкѣ партіи (см. § 4). Вагонныя оси, кромѣ испытанія на разрывъ, подвергаются, въ количествѣ половины процента ($0{,}5^0/_0$), но не менѣе одной оси, еще и ударной пробѣ (см. § 4). По взаимному соглашенію пріемщика съ заводомъ часть образцовъ для испытанія на разрывъ вагонныхъ осей, соотвѣтствующая $0{,}5^0/_0$, можетъ быть взята изъ концовъ осей, испытанныхъ раньше ударной пробой.

Если при испытаніи вагонныхъ и тендерныхъ осей получится неудовлетворительный результатъ, то переиспытывается изъ каждой плавки еще одна ось; всѣ оси той плавки, которая при испытаніи дала неудовлетворительные результаты, бракуются.

Паровозныя оси, удовлетворяющія условіямъ наружнаго осмотра и обмѣра, предъявляются къ испытанію каждая съ прибылью; изъ послѣдней вытачивается брусокъ установленной длины для испытанія на разрывъ. При предъявленіи паровозныхъ осей въ количествѣ четырехъ штукъ или менѣе, каждая изъ нихъ подвергается испытанію на разрывъ; при предъявленіи же къ испытанію большаго количества штукъ осей, на каждыя четыре оси или менѣе, сверхъ первыхъ четырехъ, испытывается одна ось.

Если при испытаніи паровозныхъ осей, предъявленныхъ въ количествѣ 4 или менѣе осей, получится неудовлетворительный результатъ, то соотвѣтственная ось бракуется.

Если же неудовлетворительный результатъ испытанія будетъ относиться къ оси, выбранной изъ группы въ 4 оси, то изъ представляемой ею группы въ 4 оси берется для переиспытыванія еще одна ось и въ случаѣ неудовлетворительнаго результата такого переиспытанія бракуется вся группа четырехъ осей *).

§ 4. При испытаніи на разрывъ круглый нормальный образецъ установленной длины и діаметромъ около 20 мм., вырѣзанный изъ куска тендерной или вагонной оси и изъ прибыльной части паровозной оси въ холодномъ состояніи, долженъ давать отъ 50 до 60 кил. на кв. мил. сопротивленія и не менѣе $15^0/_0$ удлиненія, при чемъ сумма цыфръ сопротивленія и удвоеннаго удлиненія должна быть не менѣе 90.

При ударной пробѣ вагонныхъ осей таковыя помѣщаются на двѣ подставки, расположенныя одна отъ другой на 4 фута, и, будучи послѣ каждаго удара поворачиваемы въ обратную сторону онѣ должны выдерживать, безъ всякихъ признаковъ поврежденія, 5 ударовъ бабы, вѣсомъ 30 пудовъ, падающей съ высоты 15 футъ *).

§ 5. Заводъ, при предъявленіи осей къ пріемкѣ, долженъ представить пріемщику засвидѣтельствованную заводской администраціею вѣдомость таковыхъ осей, по плавкамъ, и химическій анализъ послѣднихъ, при чемъ содержаніе фосфора не должно превышать $0{,}15^0/_0$.

---

*) Настоящею редакціею этого параграфа замѣнена первоначальная, согласно циркуляру Департамента желѣзныхъ дорогъ отъ 29-го сентября 1898 года за № 17086.

При заказѣ вагонныхъ и тендерныхъ осей менѣе пятидесяти штукъ онѣ включаются для пріемки и испытанія въ общую партію съ осями по другимъ заказамъ. Въ случаѣ же невозможности это выполнить, заводъ готовитъ для нуждъ испытанія, за счетъ заказчика, одну лишнюю, сверхъ заказанныхъ, ось *).

§ 6. Въ мѣстахъ центровъ чисто и грубо обточенныхъ осей должны быть высверлены цилиндрическія отверстія глубиною до 20 мм. и діаметромъ въ 6 мм., края ихъ расточиваются на конусъ.

§ 7. На осяхъ должны быть выбиты: марка завода, время изготовленія и заводскій нумеръ оси.

§ 8. Оси, удовлетворяющія вышеозначеннымъ условіямъ, принимаются по дѣйствительному вѣсу ихъ.

Въ случаѣ, если оси откованы съ напусками, превосходящими допускаемые § 2 сихъ условій предѣлы, то онѣ должны быть приняты съ неоплатой за излишній вѣсъ противъ нормальнаго, опредѣляемаго вышеуказанными допусками.

§ 9. Заводъ гарантируетъ удовлетворительную службу осей въ теченіе 5 лѣтъ, считая этотъ срокъ гарантіи съ 1 Января, наступающаго послѣ дня пріемки осей на заводѣ.

Всѣ оси лопнувшія или сломавшіяся въ теченіе вышеуказаннаго срока гарантіи, за исключеніемъ осей, поврежденныхъ при столкновеніи поѣздовъ, сходѣ съ рельсовъ и другихъ тому подобныхъ случаяхъ, замѣняются заводомъ безплатно штука за штуку. Изъятіе изъ службы осей, подлежащихъ замѣнѣ на основаніи условій гарантіи, должно быть удостовѣрено актами за подписью начальниковъ мастерскихъ или депо.

Поврежденныя оси должны быть замѣнены новыми не позже четырехъ мѣсяцевъ со дня полученія о томъ письменнаго извѣщенія съ доставкою на дорогу за счетъ завода. Если въ указанный срокъ оси не будутъ доставлены на дорогу, то онѣ заказываются за счетъ завода. Пришедшія въ негодность оси хранятся въ теченіе 4 мѣсяцевъ со дня извѣщенія о томъ завода, а затѣмъ, если отъ завода не послѣдовало никакого распоряженія объ этихъ осяхъ, то онѣ продаются и вырученная сумма, за вычетомъ расходовъ по продажѣ и храненію сверхъ 4 мѣсяцевъ, выдается заводу.

Техническія условія на поставку красной листовой и болтовой мѣди **).

§ 1. *Мѣдные листы.*—Предъявляемая къ сдачѣ мѣдь листовая, мѣдные топочные листы и мѣдныя рѣшетчатыя стѣнки въ видѣ отдѣльныхъ листовъ должны быть изготовлены изъ мягкой, ковкой,

*) См. выноску стр. 592.
**) См. выноску стр. 573.

чистой и совершенно однородной мѣди.

Наружная поверхность листовъ должна быть гладкая и не имѣть недостатковъ, вредныхъ для ихъ службы.

Листы должны быть обрѣзаны соотвѣтственно размѣрамъ, обозначеннымъ при заказѣ. Въ длинѣ и ширинѣ листовъ могутъ быть допущены отклоненія отъ назначенныхъ при заказѣ размѣровъ въ ту и другую сторону до 5 мм. для прямыхъ листовъ и для загнутыхъ по чертежу листовъ—до 3 мм. въ ширину и до 5 мм. въ длину.

Въ размѣрахъ толщины листовъ менѣе 1800 мм. ширины могутъ быть допущены отклоненія въ сторону увеличенія или уменьшенія: а) при толщинѣ до 20 мм. включительно не болѣе $5^0/_0$, и б) при толщинѣ болѣе 20 мм. не болѣе одного мм., отступленія болѣе значительныя должны быть не болѣе $3^0/_0$ толщины.

Примѣчаніе 1. При листахъ шириною болѣе 1800 мм. допуски въ длинѣ и ширинѣ повышаются до 8 мм. въ ту или другую сторону, допуски же въ толщинѣ увеличиваются до $8^0/_0$ въ бо́льшую или меньшую сторону.

Примѣчаніе 2. Если предъявленные къ пріемкѣ предметы будутъ въ размѣрахъ отличаться отъ заказанныхъ болѣе допускаемыхъ выше предѣловъ, но изъ нихъ возможно приготовить издѣліе по чертежу, то пріемщику предоставляется право принять таковые.

Примѣчаніе 3. Химическій анализъ мѣдныхъ листовъ обязателенъ для завода, но результаты его не могутъ служить причиной браковки или задержки въ пріемкѣ. Произведенный заводомъ химическій анализъ не вписывается въ акты, но представляется пріемщикомъ въ Главную Заводскую Инспекцію.

§ 2. Удовлетворяющіе изложеннымъ въ § 1 условіямъ наружнаго осмотра листы плоскіе и согнутые дѣлятся на партіи по 10 штукъ, остатокъ менѣе десяти листовъ считается за десять.

Для листовъ толщиною 6 и болѣе милиметровъ пріемщикъ выбираетъ изъ каждой партіи по одной пробѣ на разрывъ; на изгибъ въ холодномъ и горячемъ состояніи испытывается каждый листъ.

Для листовъ толщиною менѣе 6 мм. и до 1,5 мм. пріемщикъ выбираетъ изъ каждой партіи по одной пробѣ на изгибъ въ холодномъ и горячемъ состояніи.

Для листовъ тоньше 1,5 мм. берется на изгибъ только одна проба изъ каждыхъ двухъ партій, при чемъ если при листахъ нѣтъ припусковъ, то разрѣшается для испытанія загибать углы ихъ.

Испытанія на разрывъ и на изгибъ въ горячемъ и холодномъ состояніи производятся слѣдующимъ образомъ:

А. *Проба на разрывъ.* При испытаніи на разрывъ нормальный образецъ шириною около 25 мм. долженъ выдерживать: а) для листовъ толщиною болѣе 10 мм. не менѣе 20 клгр. на кв. мм. сопротивленія при удлиненіи $36^0/_0$ или 21 клгр. при удлиненіи $35^0/_0$ или сжатіи поперечнаго сѣченія $45^0/_0$, б) для листовъ толщиною отъ 8 до 10 мм. не менѣе $30^0/_0$ удлиненія и в) для листовъ тоньше 8 мм. не менѣе $25^0/_0$ удлиненія.

Примѣчаніе. Листы толщиною 6 мм. и менѣе, испытанію на разрывъ не подвергаются.

и Б. *Испытаніе на изгибъ.* Пробные бруски, взятые въ холодномъ состояніи отъ предъявленныхъ къ сдачѣ листовъ, должны

выдерживать безъ признаковъ надлома: а) изгибъ на 180° въ холодномъ состояніи и б) при началѣ краснаго каленія (450—500° Ц.) для листовъ толщиною до 20 мм. изгибъ вплотную, а для листовъ отъ 20 мм. до 32 мм. изгибъ на внѣшній уголъ 135°.

Примѣчаніе. Листы толще 32 мм. на изгибъ не испытываются.

Всѣ образцы должны быть взяты въ направленіи узкихъ кромокъ листовъ.

Образцы для разрыва должны быть приготовлены механической обработкой съ гладкими поверхностями.

Образцы для испытанія на изгибъ должны быть шириной около 30 мм. съ опиленными гладкими кромками.

Въ случаѣ, если испытаніе одного листа данной группы дало бы неудовлетворительные результаты, то всѣ листы этой группы подвергаются всѣмъ вышеуказаннымъ испытаніямъ.

Листы, давшіе при пробѣ на разрывъ или изгибъ неудовлетворительные результаты, могутъ быть отожжены и переиспытаны, при чемъ листы, не выдержавшіе переиспытанія, бракуются.

§ 3. *Топки.*—Топки должны быть исполнены во всемъ согласно съ выданными чертежами. Топочные листы должны удовлетворять §§ 1 и 2 настоящихъ условій. Родъ матеріала заклепокъ, расположеніе и форма головокъ ихъ должны быть исполнены согласно чертежу. Отверстія для заклепокъ въ двухъ склепываемыхъ листахъ должны быть совершенно точныя, для чего эти отверстія должны быть передъ клепкой или пройдены развертками, или же образованы сверленіемъ черезъ собранные вмѣстѣ листы. Подъ головками заклепокъ образовываются конусные буртики, для которыхъ дѣлается съ обѣихъ сторонъ раззенковка дыръ. Передъ клепкой листы должны быть пригнаны настолько тщательно, чтобы по окончаніи клепки кромки верхнихъ листовъ прилегали къ нижнимъ совершенно плотно.

Чеканка дѣлается извнутри и снаружи. Тѣло заклепки должно вполнѣ заполнять дыру, назначенную для заклепки, на головкахъ не допускаются трещины и чеканка ихъ обязательна. Матеріалъ мѣдныхъ заклепокъ долженъ удовлетворять техническимъ условіямъ для красной болтовой мѣди. Желѣзныя заклепки должны удовлетворять техническимъ условіямъ на испытаніе и пріемку заклепокъ для котловъ.

§ 4. Склепка можетъ быть машинная или ручная и должна производиться: а) машинная при условіи, чтобы давленіе было не менѣе 90 клгр. на кв. мм. площади поперечнаго сѣченія заклепки, и б) ручная такъ, чтобы она заканчивалась при темно-вишневомъ каленіи.

§ 5. *Мѣдь болтовая.* Подлежащая поставкѣ болтовая мѣдь должна быть отлита изъ чистой и совершенно однородной мѣди и чисто прокатана или тянута до требуемыхъ заказомъ размѣровъ. Въ размѣрахъ діаметровъ болтовой мѣди могутъ быть допущены отклоненія до 0,25 мм. въ сторону увеличенія и уменьшенія ихъ. Длина же ихъ можетъ быть на 10 мм. болѣе заказа, если болты заказаны опредѣленной длины. Если же они заказаны неопредѣленной длины, то они не должны быть короче 3 метровъ для болтовъ діаметромъ 35 мм. и любой длины для болтовъ діаметромъ свыше 35 мм. На наружной поверхности прутьевъ не должно быть недостатковъ, вредныхъ для ихъ службы.

§ 6. Изъ каждой партіи въ 100 штукъ прутьевъ одинаковаго діаметра, удовлетворяющихъ по наружному осмотру вышесказаннымъ

требованіямъ, выбирается пріемщикомъ одинъ прутъ, который подвергается слѣдующимъ испытаніямъ:

а) *Проба на разрывъ.* При испытаніи на разрывъ нормальный образецъ діаметромъ, равнымъ діаметру испытуемаго прута, долженъ выдерживать не менѣе 21 клгр. на кв. мм. сопротивленія при удлиненіи не менѣе 38% или сжатіи поперечнаго сѣченія 50%.

Примѣчаніе. Болтовая мѣдь діаметромъ менѣе 15 мм. и болѣе 30 мм. испытанію на разрывъ не подвергается, за исключеніемъ случаевъ, особо оговоренныхъ въ заказѣ.

б) *Проба на изгибъ.* Отрѣзокъ, взятый въ холодномъ состояніи отъ выбраннаго пріемщикомъ прута, долженъ выдержать безъ признаковъ надлома въ холодномъ состояніи изгибъ на 180°, при чемъ для образцовъ толщиною въ 30 мм. и менѣе изгибаніе должно быть вплотную.

Примѣчаніе. Прутья діаметромъ болѣе 30 мм. никакимъ испытаніямъ не подвергаются.

в) *Проба на расклепываніе въ холодномъ состояніи.* Отъ прута отрѣзывается цилиндрикъ длиною равной двумъ діаметрамъ прута и, будучи поставленъ на наковальню и осаженъ давленіемъ съ торца на половину первоначальной высоты, онъ не долженъ обнаруживать признаковъ надлома.

Примѣчаніе 1. Этому испытанію подвергается болтовая мѣдь діаметромъ въ предѣлахъ отъ 12 мм. до 30 мм.

Если образецъ не выдержитъ хотя одно изъ вышеописанныхъ испытаній, то берется для испытанія два образца и таковые подвергаются тому испытанію, котораго образецъ не выдержалъ при первомъ испытаніи; если при первомъ испытаніи хотя одинъ образецъ дастъ неудовлетворительные результаты, то вся партія бракуется.

Примѣчаніе 2. Заводъ имѣетъ право, если найдетъ нужнымъ, подвергнуть болты вторичному отжигу до переиспытанія.

§ 7. *Мѣдныя трубы.* Предъявляемыя къ сдачѣ трубы красной мѣди должны быть изготовлены цѣльнотянутыми (безъ спая), изъ чистой, совершенно однородной мѣди.

Поверхности трубъ должны быть чисты, безъ недостатковъ, вредныхъ для ихъ службы.

§ 8. Трубы должны быть изготовлены тѣхъ именно размѣровъ, какіе указаны въ чертежахъ и приложенной къ договору вѣдомости, при чемъ допускаются слѣдующія отклоненія: 1) длина трубъ можетъ быть болѣе назначенной на 10 мм.; 2) наружный діаметръ трубъ можетъ быть болѣе или менѣе назначеннаго: а) для трубъ съ наружнымъ діаметромъ до 50 мм.—на 0,25 мм.; и б) для трубъ съ наружнымъ діаметромъ болѣе 50 мм. и до 100 мм.—на 0,50 мм.; в) для трубъ съ наружнымъ діаметромъ болѣе 100 мм.—на 0,75 мм.; 3) толщина стѣнъ трубъ наружнымъ діаметромъ до 50 мм. должна быть одинакова съ точностью до 0,25 мм. и наружнымъ діаметромъ болѣе 50 мм., она должна быть одинакова съ точностью до 0,35 мм.

§ 9. Трубы, удовлетворяющія требованіямъ наружнаго осмотра, подвергаются испытанію внутреннимъ гидравлическимъ давленіемъ, руководствуясь нижеслѣдующимъ: трубы съ наружнымъ діаметромъ до 100 мм., при толщинѣ стѣнъ 2,5 мм. и болѣе, испытываются на 35 атмосферъ и при толщинѣ стѣнъ менѣе 2,5 мм., испытываются на 25 атмосферъ; трубы съ наружнымъ діаметромъ отъ 100 до 150 мм. и при толщинѣ стѣнъ въ 3 мм. и болѣе испытываются на 20 ат-

мосферъ; и при толщинѣ стѣнъ менѣе 3 мм.—на 15 атмосферъ; трубы съ наружнымъ діаметомъ болѣе 150 мм., при толщинѣ стѣнъ въ 4 мм. и болѣе, испытываются на 20 атмосферъ и при толщинѣ стѣнъ отъ 3—4 мм. давленіемъ на 15 атмосферъ.

При испытаніи гидравлическимъ давленіемъ не должно оказываться ни малѣйшей течи или просачиванія.

§ 10. Трубы наружнымъ діаметромъ болѣе 50 мм., выдержавшія гидравлическое испытаніе, раздѣляются на партіи по 100 штукъ каждая, изъ каждой партіи берется одна труба по выбору пріемщика и подвергается послѣ предварительнаго отжига слѣдующимъ испытаніямъ:

А. Кузнечному. 1) Для трубъ съ наружнымъ діаметромъ болѣе 50 мм. и до 75 мм.—отгибаніе флянца шириною отъ 16 до 20 мм. 2) Для трубъ съ наружнымъ діаметромъ болѣе 75 и до 100 мм. и для трубъ діаметромъ болѣе 100 мм., но толщиною стѣнокъ менѣе 3,5 мм. отгибаніе флянца шириною отъ 20 до 24 мм.

При этихъ испытаніяхъ на образцахъ не должно обнаруживаться признаковъ надлома.

Б. Разрывному. Взятая отъ трубъ полоса мѣди шириною около 30 мм. и приготовленная по формѣ нормальнаго образца, должна послѣ предварительнаго отжига при испытаніи ея на разрывъ выдержать сопротивленіе не менѣе 21 клгр. на квадр. мм. при удлиненіи не менѣе 25% для образцовъ по длинѣ трубы и не менѣе 20%—для образцовъ поперекъ трубы. Этому испытанію подвергаются лишь трубы съ наружнымъ діаметромъ болѣе 100 мм. и толщиною стѣнъ въ 3,5 мм. и выше.

§ 11. Партія, удовлетворяющая всѣмъ вышеозначеннымъ требованіямъ, принимается; въ противномъ случаѣ она дѣлится на двѣ части, и изъ каждой части вновь выбирается пріемщикомъ одна труба, которая подвергается тѣмъ же испытаніямъ; если при этомъ переиспытаніи получится неудовлетворительный результатъ, то соотвѣтственная часть партіи бракуется.

§ 12. За листы, топки, болты и трубы, удовлетворяющіе вышеуказаннымъ условіямъ, уплата производится по дѣйствительному вѣсу.

§ 13. Заводъ обязанъ сохранять испытанные образцы (сдѣлавши на нихъ надлежащія помѣтки) въ теченіе одного года со дня пріемки мѣди, и таковые образцы предъявляются по требованію.

Техническія условія на поставку трубъ красной мѣди, предназначаемыхъ для наконечниковъ къ дымогарнымъ трубамъ *).

§ 1. Трубы красной мѣди, предназначаемыя для наконечниковъ, должны быть изготовлены цѣльнотянутыя, не паянныя.

*) См. выноску стр. 573.

§ 2. По наружному виду трубы должны быть по возможности прямыя, круглыя и чистыя, безъ недостатковъ, вредныхъ для ихъ службы.

§ 3. Размѣры трубъ должны согласоваться съ размѣрами, назначенными въ заказѣ или на чертежѣ, приложенномъ къ заказу; при чемъ допускаются слѣдующія отступленія: а) наружный діаметръ можетъ быть болѣе или менѣе заданнаго на 0,25 мм.; б) длина трубъ можетъ быть болѣе или менѣе назначенной на 2 мм. при заказѣ ихъ въ видѣ нарѣзанныхъ наконечниковъ и до 10 мм., если трубы заказываются въ неразрѣзанномъ видѣ, и в) толщина стѣнокъ по всей окружности трубъ должна быть одинакова съ точностью до 0,25 мм.

§ 4. Трубы удовлетворяющія требованіямъ наружнаго осмотра, подвергаются внутреннему гидравлическому давленію въ 30 атмосферъ, при чемъ не должны оказывать ни малѣйшей течи.

§ 5. Опробованныя такимъ образомъ трубы раздѣляются на партіи по 100 шт. и изъ каждой партіи одна труба, по выбору пріемщика, подвергается слѣдующимъ кузнечнымъ испытаніямъ.

Послѣ отпуска конецъ трубы въ холодномъ состояніи долженъ выдержать: а) увеличеніе діаметра на 16% на разстояніи до 40 мм. отъ конца, увеличеніе производится вколачиваніемъ конической оправки въ трубу; б) уменьшеніе діаметра на 8% на разстояніи до 40 мм. отъ конца, уменьшеніе производится вколачиваніемъ трубы въ обжимное кольцо конической формы; в) образованіе флянца шириною отъ 14 до 20 мм.; г) сплющиваніе до полнаго прикосновенія внутреннихъ поверхностей трубъ; при всѣхъ этихъ испытаніяхъ на образцахъ не должно обнаруживаться трещинъ.

Въ случаѣ полученія неудовлетворительнаго результата испытаній, соотвѣтствующая партія раздѣляется на двѣ части по 50 штукъ и изъ каждой части одна труба подвергается переиспытаніямъ тѣхъ родовъ, коимъ первоначально трубы не удовлетворили; часть партіи, давшая неудовлетворительное переиспытаніе, бракуется.

§ 6. За наконечники, удовлетворяющіе вышеуказаннымъ условіямъ, уплата производится по дѣйствительному вѣсу ихъ.

§ 7. При заказѣ наконечниковъ для дымогарныхъ трубъ, таковые нарѣзаются изъ трубъ, предварительно принятыхъ на основаніи сихъ техническихъ условій.

Техническія условія на поставку желѣзныхъ дымогарныхъ трубъ *).

§ 1. Трубы должны быть изготовлены цѣльнотянутыя, не паянныя, изъ мягкаго сварочнаго или литого желѣза.

---

*) См. выноску стр. 573.

§ 2. Трубы должны быть прямыя, и на поверхностяхъ ихъ не должно быть пороковъ вредныхъ для ихъ службы.

§ 3. Размѣры трубъ должны согласоваться съ размѣрами, указанными на чертежѣ или въ заказѣ, при чемъ отступленія въ сихъ размѣрахъ не должны превосходить слѣдующихъ предѣловъ:

а) наружный діаметръ трубъ можетъ быть на $1^0/_0$ болѣе или менѣе обозначеннаго въ заказѣ;

б) толщина стѣнокъ можетъ быть до $10^0/_0$ болѣе и до $7^0/_0$ менѣе заданной.

§ 4. Толщина стѣнокъ трубъ провѣряется поштучнымъ взвѣшиваніемъ $10^0/_0$ предъявленныхъ къ пріемкѣ трубъ и сравненіемъ полученнаго вѣса съ ихъ нормальнымъ вѣсомъ.

Если пять или болѣе процентовъ взвѣшенныхъ трубъ окажутся слишкомъ легковѣсными или тяжеловѣсными, то провѣряется еще $20^0/_0$ предъявленныхъ къ пріемкѣ трубъ; въ случаѣ же неудовлетворительныхъ результатовъ второй провѣрки, взвѣшиваются поштучно всѣ трубы.

Нормальный вѣсъ трубъ обозначенъ въ прилагаемой таблицѣ *); въ частныхъ же случаяхъ онъ опредѣляется по удѣльному вѣсу метала ихъ.

Наруж. діам. трубокъ и ихъ толщина въ мм.	45×2½	45×3	? 56×3	47×2½	? 48×4	48×4
Вѣсъ въ фунт. на метръ.	6,354	7,557	7,713	6,641	6,790	10,455
Вѣсъ въ фунт. на футъ	1,938	2,304	2,352	2,026	2,071	3,189
Наруж. діам. трубокъ и ихъ толщина въ мм.	50×2½	50×3	51×2½	51×2¾	51×3	51×4
Вѣсъ въ фунт. на метръ.	7,163	8,506	7,314	7,920	8,667	11,222
Вѣсъ въ фунт. на футъ	2,179	2,857	1,225	2,416	2,638	3,423
Наруж. діам. трубокъ и ихъ толщина въ мм.	53×3	54×2½	54×3	58×3	61×3	90×3½
Вѣсъ въ фунт. на метръ	8,954	7,685	9,133	9,848	10,386	18,071
Вѣсъ въ фунт. на футъ	2,731	2,344	2,786	3,004	3,168	5,512

Примѣчаніе. При предъявленіи къ пріемкѣ трубъ съ мѣдными наконечниками опредѣляется нормальный вѣсъ послѣднихъ и соотвѣтственно вычитается изъ общаго вѣса трубъ съ наконечниками.

*) Къ сожалѣнію, таблица эта, напечатанная на стран. 762 въ № 32 Вѣстника М. П. С. за 1897 годъ, содержитъ нѣсколько опечатокъ (нѣкоторыя изъ нихъ здѣсь исправлены, однако не всѣ,—подлежащія исправленію отмѣчены вопросительнымъ знакомъ: вмѣсто 56×3 слѣдуетъ, вѣроятно, читать 46×3; вмѣсто 48×4——48×2½).

§ 5. Всѣ трубы, оказавшіяся по наружному осмотру и размѣрамъ удовлетворительными, испытываются, послѣ напайки мѣдныхъ наконечниковъ или безъ оныхъ, гидравлическимъ пресомъ и при внутреннемъ давленіи въ 30 атмосферъ не должны оказывать течи.

§ 6. Опробованныя такимъ образомъ трубы раздѣляются на отдѣльныя партіи по 200 шт. и изъ каждой такой партіи 2 трубы подвергаются слѣдующимъ испытаніямъ:

1) Въ холодномъ состояніи:
   а) на раздаваніе по діаметру,
   б) на осаживаніе по діаметру,
   в) на образованіе флянца изъ конца трубы.

   Примѣчаніе. Каждая пробная труба подвергается всѣмъ тремъ испытаніямъ въ холодномъ состояніи, при чемъ двумъ первымъ подвергаются концы трубъ (безъ мѣдныхъ наконечниковъ), а третье испытаніе производится надъ отрѣзкомъ трубы длиною 150—300 мм. Испытанія эти производятся въ теплыхъ помѣщеніяхъ, и если трубы лежали на морозѣ, то, въ случаѣ желанія завода, всѣ онѣ предварительно испытаній могутъ быть отожжены.

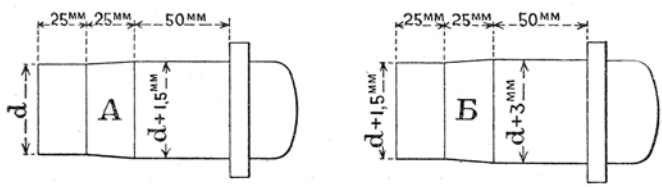
2) Въ горячемъ состояніи:
   а) на сплющиваніе части трубы,
   б) на сварку концовъ трубы.

   Примѣчаніе. Испытаніямъ въ горячемъ состояніи подвергается по возможности каждая пробная труба и во всякомъ случаѣ не менѣе половины ихъ.

Остатокъ, полученный при раздѣленіи трубъ на партіи въ 200 штукъ, считается за особую партію.

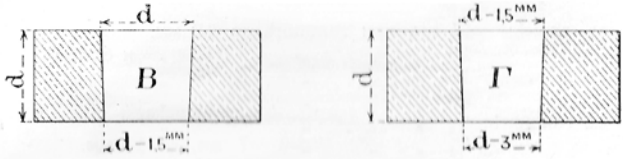
§ 7. Раздаваніе по діаметру трубъ производится послѣдователь-

Фиг. 520.



нымъ вколачиваніемъ двухъ оправокъ А и Б (фиг. 520) до увеличенія его на 6% безъ поврежденій метала трубы.

§ 8. Осаживаніе по діаметру трубы производится послѣдовательной нагонкой двухъ обжимочныхъ колесъ В и Г (фиг. 521) до уменьшенія его на 6 проц. безъ поврежденія метала трубы.



Фиг. 521.

§ 9. Конецъ трубы, образованный въ видѣ флянца послѣдовательнымъ отгибомъ съ одновременною расклепкою не на вѣсу, а на слегка скругленномъ ребрѣ наковальни постепенными легкими ударами ручника, вѣсомъ не болѣе 1,5 фунта, при ширинѣ флянца отъ 8 до 10 мм., не долженъ давать трещинъ и разрывовъ.

§ 10. Отрѣзокъ трубы длиною около 200 мм. долженъ при темно-красномъ каленіи сплющиваться вплотную при легкой ковкѣ безъ трещинъ и разрывовъ.

§ 11. Двѣ трубы, сваренныя при свѣтло-красномъ каленіи, должны выдерживать гидравлическое давленіе въ 30 атмосферъ безъ признаковъ течи въ мѣстахъ сварки.

§ 12. Если $^1/_5$ или болѣе испытаній дадутъ неудовлетворительные результаты, то переиспытанію всѣхъ родовъ подвергаются еще двѣ трубы изъ испытуемой партіи; если же менѣе $^1/_5$, то переиспытанію всѣхъ родовъ подвергается только одна труба, при чемъ производятся только тѣ испытанія, кои дали первоначально неудовлетворительные результаты.

Если при переиспытаніи получится хоть одинъ неудовлетворительный результатъ, то вся соотвѣтствующая партія бракуется.

§ 13. Если трубы заказываются съ мѣдными наконечниками, то послѣдніе должны быть взяты отъ трубъ, изготовленныхъ согласно техническихъ условій на ихъ поставку; припайка наконечниковъ должна быть выполнена согласно чертежа и настолько тщательно, чтобы, при сплющиваніи спаеннаго мѣста, желѣзо отъ мѣди не отдѣлялось, при чемъ этому испытанію подвергается по возможности каждая пробная (§ 6) труба и во всякомъ случаѣ не менѣе половины ихъ.

Техническія условія на поставку литого сортового желѣза (кромѣ листового и заклепочнаго *).

§ 1. Сортовое желѣзо должно быть чистой прокатки безъ недостатковъ, вредныхъ для его прочности.

§ 2. Размѣры сортоваго желѣза должны соотвѣтствовать даннымъ, обозначеннымъ въ заказѣ, при чемъ разрѣшаются слѣдующіе допуски въ ту и другую сторону:

*) См. выноску стр. 573.

а) *для полосового желѣза:*

въ длинѣ:	15 мм.	при толщинѣ	до 18 мм.
	25 „	„ „	18 „ и болѣе
въ ширинѣ:	10 „	„ „	до 18 „
	20 „	„ „	18 „ и болѣе
въ толщинѣ:	1/4 „	„ „	до 7 „
	1/2 „	„ „	7 мм. до 13 мм.
	1 „	„ „	13 мм. и болѣе

Примѣчаніе 1. Измѣреніе толщины производится на разстояніи 40 мм. отъ края полосы и не ближе 100 мм. отъ угловъ ея.

Примѣчаніе 2. Толщина полосъ тоньше 7 мм. считается удовлетворительной, если толщина одного изъ краевъ полосы соотвѣтствуетъ заданной въ предѣлахъ допуска 1/4 мм. въ обѣ стороны.

б) *для фасоннаго желѣза* *):

при ширинѣ полокъ менѣе 70 мм.:

въ длинѣ	10 мм.
„ ширинѣ	1/2 „
„ толщинѣ	1/4 „

при ширинѣ полокъ 70 мм. и болѣе:

въ длинѣ	50 мм.
„ ширинѣ	3 „
„ толщинѣ	1 1/2 „

в) *для круглаго и квадратнаго желѣза:*

при толщинѣ до 18 мм.:

въ длинѣ	10 мм.
„ поперечныхъ размѣрахъ	1/2 „

при толщинѣ 18 мм. и болѣе:

въ длинѣ	25 мм.
„ поперечныхъ размѣрахъ	1 „

§ 3. Литое желѣзо, оказавшееся по наружному осмотру и размѣрамъ удовлетворительнымъ, раздѣляется, для производства механическихъ испытаній, на партіи по сто (100) штукъ; остатокъ менѣе ста (100) штукъ составляетъ особую партію.

При пріемкѣ большого количества литого желѣза (свыше 300 штукъ) разрѣшается, по усмотрѣнію пріемщика, раздѣлять таковое на партіи слѣдующимъ образомъ: первыя триста штукъ по сто (100) штукъ и слѣдующія по 300 до 500 штукъ въ каждой партіи.

Партіи составляются отдѣльно для полосоваго, каждаго фасоннаго, круглаго и квадратнаго желѣза, разнящагося между собою не свыше 5 мм. по толщинѣ и 25 мм. по ширинѣ.

Изъ каждой партіи пріемщикъ выбираетъ четыре образца для испытаній на разрывъ, изгибъ въ холодномъ и горячемъ состояніи и закалку.

При сихъ испытаніяхъ литое желѣзо должно удовлетворять условіямъ, изложеннымъ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

*) Фасоннымъ желѣзомъ слѣдуетъ считать всякое угловое, тавровое, двутавровое, корытообразное, зетъ-образное и т. п.

Родъ литого желѣза.	Толщина въ мм.	Сопротивленіе R въ клгр. на кв. мм.	Удлиненіе i въ %	$R+2i$	Внѣшніе углы въ градусахъ при холодномъ изгибѣ.	Внѣшніе углы въ градусахъ при горячемъ изгибѣ.	Испытаніе на закалку.
Полосовое	4— 20	не менѣе 33	не менѣе 20	76	180° около круглаго стержня равной имъ толщины	180° вплотную.	Пробные бруски, нагрѣтые до вишнево-краснаго каленія и охлажденные въ водѣ, должны удовлетворять нормамъ испытаній ихъ на изгибъ въ холодномъ состояніи.
Фасонное	4— 20						
Круглое и Квадратное	4— 20						
Полосовое	20— 35	не менѣе 31	не менѣе 16	66	120°	180° около круглаго стержня равной имъ толщины	
Фасонное	20— 35						
Круглое и Квадратное	20—100						

Изготовленіе и испытаніе образцовъ на разрывъ производится согласно установленной на сей предметъ инструкціи.

Для испытанія на изгибъ фасонное желѣзо разрѣзается по углу.

Для испытанія сортоваго желѣза профилей болѣе толстыхъ, нежели обозначенные въ таблицѣ, пробные бруски могутъ изготовляться, по выбору пріемщика, послѣ предварительной прокатки или проковки такового до толщины, указанной въ таблицѣ, или послѣ раздѣленія его холоднымъ путемъ на части меньшаго поперечнаго профиля, но не менѣе 30 мм.: результаты испытанія такого желѣза должны удовлетворять условіямъ, установленнымъ въ таблицѣ для болѣе толстыхъ профилей.

Примѣчаніе. Число нагрѣвовъ при испытаніи литого желѣза на изгибъ въ горячемъ состояніи обусловливается лишь требованіемъ производства таковыхъ при темно-красномъ каленіи.

Въ случаѣ полученія неудовлетворительнаго результата при какой-либо пробѣ данной партіи, таковая проба повторяется надъ удвоеннымъ количествомъ образцовъ. Если партія состояла изъ 300 штукъ, то при переиспытаніи она принимается за одну партію; при большемъ же количествѣ штукъ она раздѣляется на части, которыя испытываются какъ отдѣльныя партіи.

Партія, давшая неудовлетворительное переиспытаніе, бракуется.

§ 4. Сортовое желѣзо принимается по дѣйствительному вѣсу.

Техническія условія на поставку сварочнаго сортового желѣза (кромѣ листового и заклепочнаго *).

§ 1. Сортовое желѣзо должно быть чистой прокатки, безъ недостатковъ, вредныхъ для его прочности, при чемъ по качеству оно раздѣляется на три сорта.

§ 2, Размѣры сортоваго желѣза должны соотвѣтствовать даннымъ, обозначеннымъ въ заказѣ, при чемъ разрѣшаются слѣдующіе допуски въ ту и другую сторону:

а) *для полосоваго желѣза*:

въ длинѣ:	15	мм.	при толщинѣ	до	18	мм.
	25	„	„		18	„ и болѣе.
въ ширинѣ:	10	„	„	до	18	„
	20	„	„		18	„ и болѣе.
въ толщинѣ:	1/4	„	„	до	7	„
	1/2	„	„		7	„ до 13 мм.
	1	„	„		13	„ и болѣе.

Примѣчаніе 1. Измѣреніе толщины производится на разстояніи 40 мм. отъ края полосы и не ближе 100 мм. отъ угловъ ея.

Примѣчаніе 2. Толщина полосъ тоньше 7 мм. считается удовлетворительной, если толщина одного изъ краевъ полосы соотвѣтствуетъ заданной въ предѣлахъ допуска 1/4 мм. въ обѣ стороны.

б) *для фасоннаго желѣза* *):

при ширинѣ полокъ менѣе 70 мм.:

въ длинѣ	10	мм.
„ ширинѣ	1/2	„
„ толщинѣ	1/4	„

при толщинѣ полокъ 70 мм. и болѣе:

въ длинѣ	50	мм.
„ ширинѣ	3	„
„ толщинѣ	1 1/2	„

в) *для круглаго и квадратнаго желѣза*:

при толщинѣ до 18 мм.:

въ длинѣ	10	мм.
„ поперечныхъ размѣрахъ	1/2	„

при толщинѣ 18 мм. и болѣе:

въ длинѣ	25	мм.
„ поперечныхъ размѣрахъ	1	„

§ 3. Сварочное желѣзо, каждаго сорта отдѣльно, оказавшееся по наружному осмотру и размѣрамъ удовлетворительнымъ, раздѣляется, для производства механическихъ испытаній, на партіи по сто (100) штукъ; остатокъ менѣе ста (100) штукъ составляетъ особую

*) См. выноску стр. 573.

*) Фасоннымъ желѣзомъ слѣдуетъ считать всякое угловое, тавровое, двутавровое, корытообразное, зетъ-образное и т. п.

партію.

При пріемкѣ большого количества сварочнаго желѣза (свыше 300 шт.) разрѣшается, по усмотрѣнію пріемщика, раздѣлять таковоэ на партіи слѣдующимъ образомъ: первыя триста штукъ по сто (100) штукъ и слѣдующія по 300 до 500 штукъ въ каждой партіи.

Партіи составляются отдѣльно для полосоваго, каждаго фасоннаго, круглаго и квадратнаго желѣза, разнящагося между собою не свыше 5 мм. по толщинѣ и 25 мм. по ширинѣ.

Изъ каждой партіи пріемщикъ выбираетъ для желѣза 1-го и 2-го сортовъ четыре образца для испытанія на разрывъ, изгибъ въ холодномъ и горячемъ состояніи и сварку, а для желѣза 3-го сорта три образца для испытанія въ холодномъ и горячемъ состояніи и сварку.

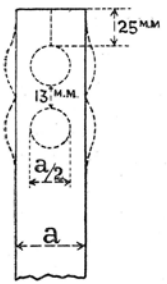
При сихъ испытаніяхъ сварочное желѣзо должно удовлетворять условіямъ, изложеннымъ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Сортъ.	Толщина въ м/м. сварочнаго желѣза.	Сопротивленіе въ клгр. на кв. мм.	Удлиненіе въ %.	Внѣшніе углы въ градусахъ при холодномъ изгибѣ.	Внѣшніе углы въ градусахъ при горячемъ изгибѣ.	Испытаніе на сварку.	Примѣчаніе.
1-й	до 30 вкл.	36	18	—	—	Желѣзо 1-го и 2-го сортовъ не должно обнаруживать никакихъ надрывовъ, разслоеній и трещинъ.	При испытаніяхъ на изгибъ
	болѣе 30	34	14	—	—		
	до 18 . .	—	—	180° вплотную.	—		
	18 до 43	—	—	180° около стержня равной имъ толщ.	—		
	болѣе 43	—	—	180° около стержня двойной толщины.	—		
	до 13 . .	—	—	—	180° вплотную см. примѣчан. а)		
	13 до 38	—	—	—	180° вплотную		
	болѣе 38	—	—	—			
2-й	до 30 вкл.	34	12	—	—	сваривается.	При испытаніяхъ 3-го сорта на изгибъ допускаются разрывы и трещины, но желѣзо не должно ломаться.
	болѣе 30	32	10	—	—		
	всякая .	—	—	180° около стержня двойной толщины.	180° около стержня равной имъ толщ.		
3-й	всякая .	—	—	Тоже.	Тоже.		

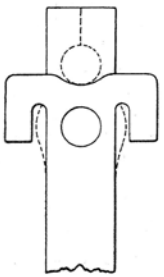
Примѣчаніе а. При свѣтлокрасномъ каленіи въ испытуемой полосѣ на разстояніи 25 мм. отъ конца, помощью конической продавки, пробивается по срединѣ отверстіе діаметромъ равнымъ половинѣ щирины полосы и затѣмъ второе та-

кое же отверстіе по срединѣ ширины въ разстояніи 13 мм. отъ края перваго отверстія; затѣмъ конецъ полосы разсѣкается вдоль до края перваго отверстія, какъ показано на фиг. 522, и разсѣчка отворачивается съ обѣихъ сторонъ (фиг. 523); при этомъ не должно обнаруживаться никакихъ надрывовъ, разслоевъ и трещинъ.

Фиг. 522.



Фиг. 523.



Если при испытаніи сварочнаго желѣза на разрывъ сопротивленіе будетъ ниже указанныхъ въ таблицѣ предѣловъ, но не менѣе однако для желѣза 1-го сорта 33 клгр. при толщинѣ до 30 мм. и 30 клгр. при большей толщинѣ, удлиненіе же будетъ превышать наименьшіе предѣлы, то допускается взаимный зачетъ ихъ, принимая одинъ процентъ увеличенія удлиненія эквивалентнымъ уменьшенію сопротивленія на $^1/_2$ клгр.

Изготовленіе и испытаніе образцовъ на разрывъ производится согласно установленной на сей предметъ инструкціи.

Для испытанія на изгибъ фасонное желѣзо разрѣзается по углу.

Для испытанія сортоваго желѣза профилей болѣе толстыхъ, нежели обозначенные въ таблицѣ, пробные брусками могутъ изготовляться, по выбору пріемщика, послѣ предварительной прокатки или проковки такового до толщины, указанной въ таблицѣ и/или послѣ раздѣленія его холоднымъ путемъ на части меньшаго поперечнаго профиля, но не менѣе 30 мм.; результаты испытанія такого желѣза должны удовлетворять условіямъ, установленнымъ въ таблицѣ для болѣе толстыхъ профилей.

Примѣчаніе 6. Число нагрѣвовъ при испытаніи сварочнаго желѣза на изгибъ въ горячемъ состояніи обусловливается лишь требованіемъ производства таковыхъ при темно-красномъ каленіи.

Въ случаѣ полученія неудовлетворительнаго результата при какой-либо пробѣ данной партіи, таковая проба повторяется надъ удвоеннымъ количествомъ образцовъ. Если партія состояла изъ 300 штукъ, то при переиспытаніи она принимается за одну партію; при большемъ же количествѣ штукъ она раздѣляется на части, которыя испытываются какъ отдѣльныя партіи.

Партія, давшая неудовлетворительное переиспытаніе, бракуется.

§ 4. Сортовое желѣзо принимается по дѣйствительному вѣсу.

Инструкція для изготовленія и испытанія нормальныхъ образцовъ металовъ на разрывъ

(утвержд. Министромъ П. С. 21 марта 1899 года).

Нормальные образцы приготовляются круглаго или плоскаго сѣченія, указанныхъ ниже размѣровъ, обточкой и обстрожкой брусковъ, вырѣзанныхъ изъ испытываемаго метала.

При изготовленіи образцовъ изъ болѣе крупныхъ сортовъ металовъ допускается, по усмотрѣнію пріемщика, раздѣлять таковые холоднымъ путемъ на куски меньшаго поперечнаго сѣченія, но не менѣе 30 мм., или уменьшать ихъ проковкой и прокаткой до надлежащихъ размѣровъ.

Испытанія должны быть производимы по возможности надъ образцами нормальныхъ размѣровъ.

Круглые образцы. Нормальный круглый образецъ имѣетъ діаметръ (d) въ 20 мм. и длину (l) цилиндрической части между кернами въ 200 мм.

Вообще же образцы круглаго сѣченія въ зависимости отъ толщины испытываемаго метала, дѣлаются преимущественно четырехъ діаметровъ (d), а именно:

10, 15, 20 и 25 мм.

Расчетная длина ихъ (l) берется пропорціональной квадратному корню изъ площади поперечнаго сѣченія (ω) по формулѣ

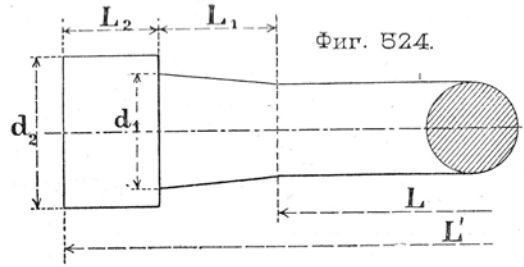
$$l = 11{,}3\sqrt{\omega}$$

Примѣчаніе. Для облегченія вычисленій можно принимать $l = 10d$.

На образцѣ, по его длинѣ, намѣчается 20 дѣленій.

Форма головокъ обусловливается видомъ захватовъ разрывной машины: предлагается однако придерживаться формы головокъ, соотвѣтствующей нормальнымъ сферическимъ вкладышамъ, принятымъ въ лабораторіяхъ согласно постановленіямъ Мюнхенской Конференціи 1884 г.

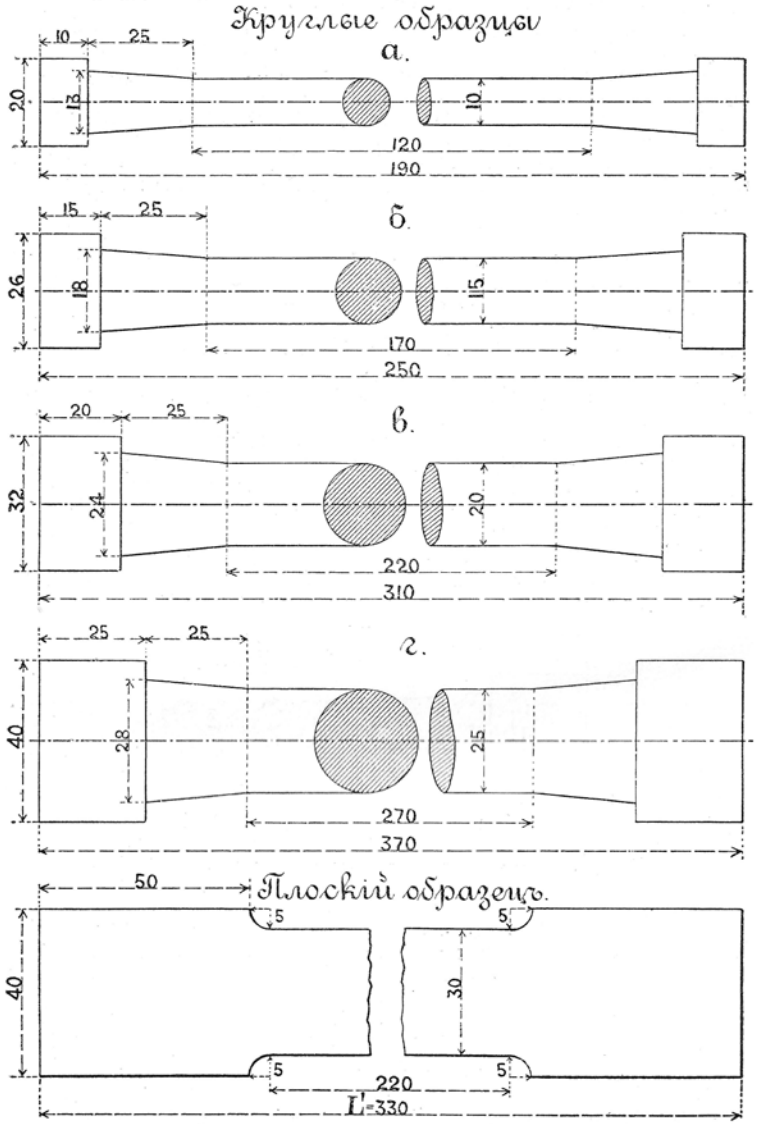
Въ послѣднемъ случаѣ образцы имѣютъ слѣдующіе размѣры (фиг. 524):



Фиг. 524.

Названіе размѣровъ		въ милиметрахъ			
Діаметръ образца	d =	10	15	20	25
„ широкаго основанія . . .	d_1 =	13	18	24	28
„ головки	d_2 =	20	26	32	40
Длина конической шейки	L_1 =	25	25	25	25
„ головки	L_2 =	10	15	20	25
„ цилиндрической части . . .	L =	120	170	220	270
Полная длина образца	L' =	190	250	310	370

Наименьшій нормальный діаметръ образцовъ въ 10 мм. примѣняется для металовъ, толщиною, позволяющей снабдить головки заплечиками не менѣе 3 мм., т. е. въ 16 и болѣе милиметровъ; круглые профиля меньшаго діаметра испытываются безъ обточки, въ естественномъ видѣ, закладка же образцовъ дѣлается помощью зажимовъ въ видѣ двухъ заершенныхъ вкладышей, которые обхватываютъ концы образца и стягиваются конической обоймицею.



Фиг. 525.

Формы образцовъ для испытанія металовъ на разрывъ (размѣры въ милиметрахъ).

Плоскіе образцы. Нормальный плоскій образецъ имѣетъ поперечное сѣченіе $a \times b = 10 \times 30$ мм. при длинѣ (l) между кернами въ 200 мм.

Такіе размѣры придаются въ тѣхъ случаяхъ, когда образцы приготовляются изъ штукъ съ большимъ поперечнымъ сѣченіемъ. Во всѣхъ случаяхъ, когда размѣры захватовъ дозволяютъ сохранить поверхностные слои испытываемой штуки, безразлично по ширинѣ и толщинѣ образца, таковые должны быть сохранены, и тогда принимаются слѣдующія размѣры сѣченій образцовъ, стараясь, по возможности, чтобы отношеніе ширины образца къ его толщинѣ было не болѣе трехъ:

1) *Для листовъ и полосъ.* Ширина образца 30 мм., толщина равна толщинѣ самой штуки. При толщинѣ свыше 25 мм. толщина принимается за ширину образца, толщина же послѣдняго берется въ 10 мм., и головка получаетъ небольшое утолщеніе (въ 1 мм.) не по ширинѣ образца, а по толщинѣ. Въ этихъ случаяхъ допускается вытачивать образцы круглаго сѣченія.

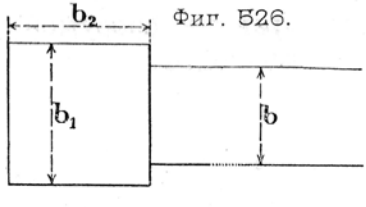
2) *Для брусковъ.* Если одинъ изъ поперечныхъ размѣровъ менѣе 25 мм., а другой не болѣе 30 мм., то образцы испытываются съ сохраненіемъ поперечныхъ размѣровъ самаго бруска и только, во избѣжаніе разрыва по линіи захвата, они спиливаются немного по тому измѣренію, которое принято въ образцѣ за толщину, для образованія запаса въ головкѣ. Въ случаѣ, когда ширина болѣе 30 мм., соблюдаются правила, указанныя для листовъ и полосъ.

Расчетная длина (l) такихъ образцовъ, въ томъ случаѣ, когда сѣченіе образца (ω) отступаетъ отъ сѣченія нормальнаго образца $10 \times 30 = 300$ кв. мм. болѣе чѣмъ на 5%, берется по формулѣ

$$l = 11{,}3\sqrt{\omega}$$

за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда въ предположеніи опредѣленной длины образца указано техническими условіями на изготовленіе испытуемаго матеріала какое либо соотношеніе между удлиненіемъ и толщиной образца.

Что касается головокъ, то форма и размѣры ихъ зависятъ отъ рода захватовъ, вообще же, въ предположеніи зажима зубчатыми щечками, для образца нормальной ширины $b = 30$ мм. размѣры головки должны быть слѣдующіе (фиг. 526): ширина $b_1 = b + 10 = 40$, длина $b_2 = 50$ мм.; сопряженіе образца съ головкой дѣлается закругленіемъ четвертью круга. При малой ширинѣ испытуемаго метала можно придавать головкѣ ширину, почти равную нормальной ширинѣ образца, но переходъ къ головкѣ долженъ быть плавный.



Фиг. 526.

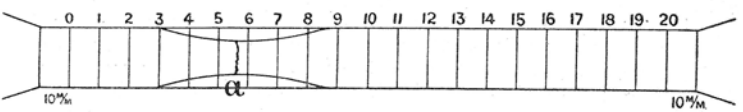
При испытаніяхъ, согласно постановленію Мюнхенской Конференціи, дѣлается фрезеромъ нарѣзка бороздъ на головкахъ образцовъ, чтобы достигнуть возможно правильнаго зажима ихъ зубчатыми щечками.

На образцѣ по его длинѣ намѣчается 20 дѣленій.

Производство отсчетовъ. Относительное удлиненіе образца послѣ разрыва вычисляется въ процентахъ отъ расчетной длины (l) образца и опредѣляется какъ сумма двухъ удлиненій, взятыхъ отъ мѣста разрыва до соотвѣтствующаго керна, опредѣляющаго расчетную длину.

Если разрывъ произошелъ внѣ средней трети расчетной длины, то отсчетъ удлиненія ведется отъ мѣста разрыва въ сторону большей части образца, при чемъ: а) если разрывъ произошелъ по одному изъ дѣленій, то абсолютное удлиненіе на всю расчетную длину (l) образца равно удвоенному увеличенію длины образца на десяти промежуткахъ, считая отъ дѣленія, по которому произошелъ разрывъ, въ сторону большей части разорваннаго образца, б) если же разрывъ произошелъ между дѣленіями, напримѣръ, по a (см. фиг. 527) между дѣленіями 5 и 6, то для полученія абсолютнаго удлиненія измѣряются послѣ разрыва:

Фиг. 527.



длина промежутка, гдѣ произошелъ разрывъ . . (5— 6)
„ сосѣднихъ девяти промежутковъ. . . . . (6—15)
„ „ десяти „ . . . . (6—16)

Сумма этихъ трехъ длинъ за вычетомъ l даетъ абсолютное удлиненіе образца на длину (l) мм.

Одновременно съ удлиненіемъ опредѣляется относительное суженіе разрывнаго сѣченія, выраженное въ процентахъ отъ первоначальнаго сѣченія, а именно $c = \frac{\omega - \omega_0}{\omega}$ 100, гдѣ ω и ω_0 первоначальная и разрывная площади сѣченія образца въ кв. милиметрахъ.

Опредѣленіе суженія обязательно лишь въ тѣхъ случахъ, когда это оговорено въ техническихъ условіяхъ.

Временное сопротивленіе на разрывъ (R) опредѣляется раздѣленіемъ полнаго разрывнаго груза на площадь первоначальнаго сѣченія испытуемаго бруска.

Изъ Правилъ сооруженія и эксплоатаціи паровозныхъ подъѣздныхъ къ желѣзнымъ дорогамъ путей общаго пользованія *)

(утвержд. Министромъ П. С. 8 іюня 1892 г.).

§ 4. Подъѣздные пути I и II разрядовъ имѣютъ ширину колеи той главной линіи, къ которой они примыкаютъ; для путей же III

*) Здѣсь, согласно § 3, разумѣются подъѣздные пути двухъ-рельсоваго типа, скорость движенія на которыхъ не превосходитъ 25 верстъ въ часъ.

разряда допускается и иная ширина колеи, но не менѣе $1'11''^{5}/_{8}$ (0,60 метра).

Примѣчаніе. Ширина колеи считается между внутренними гранями рельсовъ.

§ 30. Предѣльное очертаніе подвижного состава опредѣляется:

а) для путей, шириною колеи въ 5′, въ 4′ $8^{1}/_{2}''$ и въ 3′6″— нормальными чертежами, утвержденными Министромъ Путей Сообщенія для желѣзныхъ дорогъ государственнаго значенія, и

б) для путей съ шириною колеи въ 1,00 метръ ($3'3''^{3}/_{8}$) и въ 0,75 метра ($2'5''^{9}/_{16}$)—чертежами при семъ прилагаемыми *).

При примѣненіи ширины колеи иной, чѣмъ указанныя выше, слѣдуетъ въ каждомъ частномъ случаѣ, руководствоваться чертежемъ предѣльнаго очертанія, подвижного состава, установленнымъ симъ параграфомъ для ближайшей большей ширины колеи.

Никакая часть подвижного состава и никакой предметъ съ поѣзда, ни въ порожнемъ, ни въ нагруженномъ его состояніи, не должны выступать за предѣлы, установленные вышеозначенными чертежами.

§ 31. Наибольшая нагрузка на ось подвижного состава, въ рабочемъ его состояніи должна находиться въ соотвѣтствіи съ прочностью верхняго строенія пути и съ прочностью искусственныхъ сооруженій.

§ 32. Рабочее давленіе пара въ паровомъ котлѣ на подъѣздныхъ путяхъ допускается до 15 атмосферъ, сверхъ уравновѣшеннаго атмосфернаго.

§ 33. На каждомъ паровозѣ должны быть слѣдующія приспособленія и устройства:

а) не менѣе двухъ предохранительныхъ при котлѣ клапановъ, изъ коихъ хотя одинъ долженъ быть такъ устроенъ, чтобы представлялось невозможнымъ произвольно увеличивать его нагрузку, сверхъ установленной мѣры; нагрузка эта должна допускать вертикальное поднятіе клапана, на высоту достаточную для выпуска пара;

б) не менѣе двухъ аппаратовъ для питанія котла водою, могущихъ дѣйствовать независимо одинъ отъ другого; при томъ каждый изъ нихъ по своимъ размѣрамъ долженъ доставлять нужное во время ѣзды, для питанія котла, количество воды; одинъ изъ нихъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы можно было снабжать котелъ и во время стоянки паровоза, а равно качать воду для тушенія пожара;

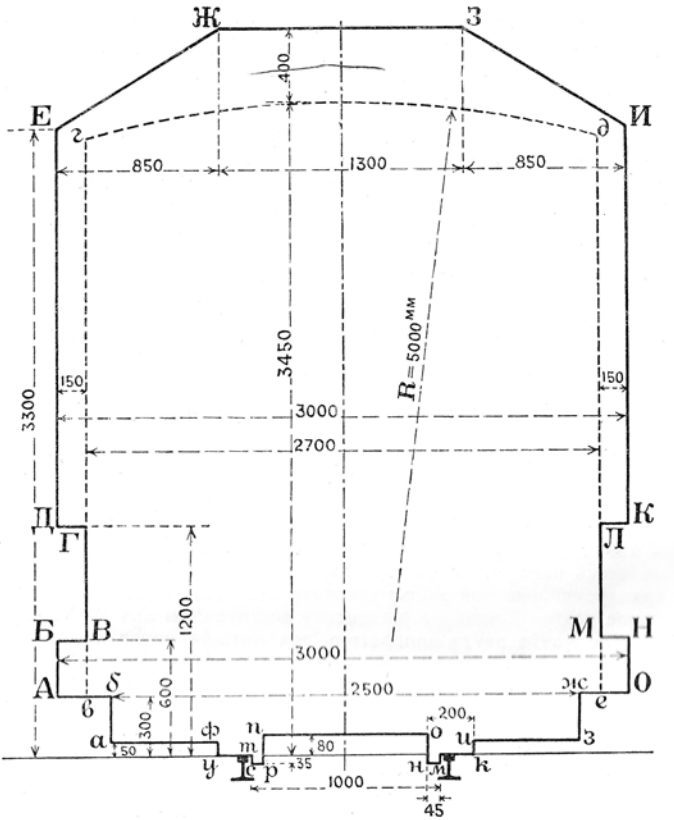
в) не менѣе двухъ независимыхъ другъ отъ друга приборовъ, показывающихъ уровень воды въ котлѣ; однимъ изъ нихъ должно быть водомѣрное стекло, огражденное предохранительною сѣткою, и поставленное на виду машиниста, при чемъ если для указанія уровня воды въ котлѣ, сверхъ водомѣрнаго стекла, употребляются пробные краны, то таковыхъ должно быть по крайней мѣрѣ два, и нижній изъ нихъ долженъ быть расположенъ на столько выше по-

---

*) Взамѣнъ первоначальныхъ впослѣдствіи были введены въ дѣйствіе другіе чертежи: фиг. 528 на стр. 612—Циркуляромъ Департамента желѣзныхъ дорогъ отъ 13 января 1898 года № 710, а фиг. 529 на стр. 613—Постановленіемъ Министра Путей Сообщенія отъ 11 декабря 1893 года № 20255.

При упомянутомъ здѣсь циркулярѣ было приказано разослать Правленіямъ Обществъ и Управленіямъ желѣзныхъ дорогъ, кромѣ чертежа предѣльныхъ очертаній подвижного состава и приближенія строеній къ путямъ, также правила пользованія этими предѣльными очертаніями.

толка топочной коробки, чтобы при всякомъ положеніи уровня воды въ паровозномъ котлѣ, на наибольшемъ допущенномъ для подъѣзднаго пути уклонѣ, оставался надъ топкою запасъ воды высотою въ



а, *б*, *в*, *д*, *е*, *г*, *ж*, *з*, *и*, *к*, *л*, *м*, *н*, *о*, *п*, *р*, *с*, *т*, *у*, *ф*, *а*— предѣльное очертаніе корпуса подвижного состава,

а, *б*, *А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *Ж*, *З*, *И*, *К*, *Л*, *М*, *Н*, *О*, *ж*, *з*, *и*, *к*, *л*, *м*, *н*, *о*, *п*, *р*, *с*, *т*, *у*, *ф*, *а*—предѣльное очертаніе выступающихъ частей подвижного состава.

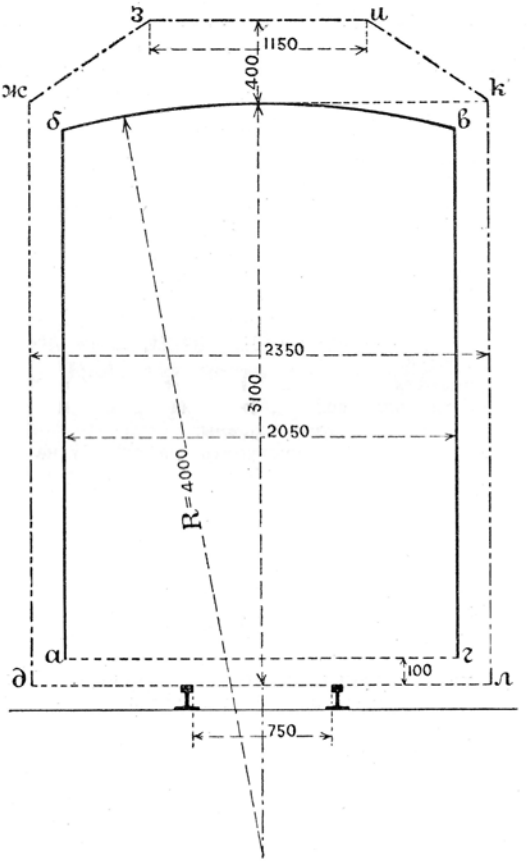
Фиг. 528.

50 мм.;

г) указатель низшаго допускаемаго уровня въ котлѣ;

д) не менѣе одной предохранительной пробки въ потолкѣ топки паровознаго котла;

е) манометръ, который долженъ имѣть ясно видимую отмѣтку,



а, *б*, *в*, *г*—очертаніе корпуса подвижного состава,

д, *ж*, *з*, *и*, *к*, *л*—очертаніе выступающихъ частей подвижного состава.

Фиг. 529.

соотвѣтствующую наибольшему давленію пара въ котлѣ;

ж) паровой свистокъ;

з) колоколъ или сигнальный рожокъ;

и) приспособленія для установленной сигнализаціи согласно положенія о сигналахъ;

і) приспособленія для удержанія вылетающихъ изъ трубы и топки искръ, а также выпадающихъ изъ топки углей;

к) тяговые и сцѣпные приборы и буферы спереди и сзади паровоза и тендера;

л) приспособленія для предупрежденія боксованія ведущихъ колесъ паровоза;

м) метельники;

н) самостоятельный тормазъ у паровоза или тендера;

о) фонари для сигнализаціи и для освѣщенія;

п) ступеньки для входа на паровозную площадку у топки паровоза;

р) помѣщеніе на паровозѣ или тендерѣ для необходимаго по мѣстнымъ условіямъ, количества топлива и воды.

§ 34. Если подъѣздной путь проходитъ по улицамъ городовъ или населенныхъ центровъ, въ предѣлахъ пристаней или вдоль набережной, то Министерствомъ Путей Сообщенія можетъ быть потребовано обязательное употребленіе соотвѣтствующаго топлива, а въ исключительныхъ случаяхъ даже могутъ быть потребованы двигатели спеціальнаго устройства.

§ 35. На подъѣздныхъ путяхъ, проложенныхъ по улицамъ городовъ и селеній, паровозы должны быть снабжены кожухами, закрывающими движущійся механизмъ машины.

§ 36. Паровозъ можетъ поступить на службу на подъѣздной путь не иначе, какъ послѣ техническаго освидѣтельствованія паровоза и признанія его исправнымъ и безопаснымъ для движенія.

На каждомъ паровозѣ должны быть сдѣланы слѣдующія надписи:

а) наибольшее допускаемое, сверхъ наружной атмосферы, давленіе пара въ котлѣ;

б) наибольшая, соотвѣтствующая конструкціи паровоза допускаемая скорость его хода;

в) годъ, мѣсяцъ, число и мѣсто послѣдняго испытанія паровознаго котла;

г) нумеръ, подъ которымъ значится паровозъ на подъѣздномъ пути;

д) годъ постройки паровоза и фирма завода, его строившаго.

Приложеніе IX.

НѢСКОЛЬКО ТЕРМИНОВЪ АНГЛІЙСКИХЪ, ФРАНЦУЗСКИХЪ И НѢМЕЦКИХЪ, ОТНОСЯЩИХСЯ КЪ ПАРОВОЗАМЪ.

[*а.* — англ.; *ф.* — франц.; *н.* — нѣм.
С. Ш. А.—Соединенные Штаты Америки]

Adhäsionsgewicht, *н.*—сцѣпной вѣсъ.
Adhérence, *ф.*—сцѣпленіе.
Adhesion, *а.*—сцѣпленіе.
Aschklappe, *н.*—клапанъ поддувала.
Back-pressure, *а.*—противное давленіе.
Betriebsfähig, *н.*—въ рабочемъ состояніи.
Bielle d'accouplement, *ф.*—спарникъ.
Bissel, *а.*—одноосная телѣжка системы *Bissel* (С. Ш. А.).
Blasrohr, *н.*—конусъ.
Blast-pipe, *а.*—конусъ.
Body of the wheel, *а.*—колесный центръ.
Bogie, *а.*—телѣжка (двухосная).
Boudin, *ф.*—закраина, гребень (колеса).
Bouton de manivelle, *ф.*—палецъ мотыля.
Cercles de contact, *ф.*—поршневыя кольца.
Connecting-rod, *а.*—шатунъ (ведущій).
Consolidation engine, *а.*—паровозъ съ четырьмя спаренными осями и съ одной вольной осью впереди (С. Ш. А.).
Coupling-rod, *а.*—спарникъ.
Cow-catcher, *а.*—отбрасыватель (С. Ш. А.).

Crank-axle, *a.*—колѣнчатая ось.
Crank-pin, *a.*—палецъ (кулакъ, цапфа) мотыля.
Cross-head, *a.*—салазки, крейцкопфъ, голова поршневого стержня.
Crosse du piston, *ф.*—салазки, крейцкопфъ, голова поршневого стержня.
Dampfstrahlpumpe, *н.*—инжекторъ.
Decapod engine, *a.*—паровозъ съ пятью спаренными осями и иногда еще съ одной вольной осью впереди (С. Ш. А.).
Démarrer, *ф.*—трогаться (съ мѣста).
Driving-wheels, *a.*—движущія колеса.
Effort de traction, *ф.*—сила тяги.
Eight-wheeler, *a.*—паровозъ съ двумя спаренными осями и съ двухосной телѣжкой впереди (С. Ш. А.).
Elbowing, *a.*—качка (паровоза).
Empatement, *ф.*—база (колесная).
Entretoises, *ф.*—связи, распорные и анкерные болты.
Equalizing-lever, *a.*—балансиръ.
Express-engine, *a.*—быстроходный паровозъ (скорый, курьерскій).
Fire-bars, *a.*—колосники.
Fire-grate, *a.*—колосниковая рѣшетка.
Flange, *a.*—закраина, гребень (колеса); фланецъ.
Flues, *a.*—жаровыя (прогарныя, дымогарныя) трубки
Frame, *a.*—рама.
Frames или **side-frames**, *a.*—продольныя балки рамы (швелера).
Galop, *ф.*—продольная качка (ныряньe).
Garniture, *ф.*—набивка.
Garniture en cuir, *ф.*—кожаный воротникъ.
Gaukeln, *н.*—качка (паровоза).
Gauge, *a.*—ширина пути, колея; калибръ; указатель.
Gauge (of goods-carriage), *a.*—габаритъ.
Gauge-cocks, *a.*—пробные краны.
Gestell, *н.*—рама; телѣжка.
Gleitbahnen, *н.*
Glissières, *ф.*
Guides, *a.*
—паралели, направляющіе бруски.
Grate area, *a.*—площадь рѣшетки.
Heating surface, *a.*—поверхность нагрѣва.
Heizfläche, *н.*—поверхность нагрѣва.
Horn-blocks, *a.*—буксовыя челюсти, лапы.

Horse-power, *a.*—паровая лошадь, лошадиная сила, лошадь, сила *).
Hülfsblasrohr, *н.*—сифонъ, форсовая трубка.
Journal, *a.*—шейка (осевая).
Kolbenhub, *н.*—ходъ поршня.
Kreuzkopfbolzen, *н.*—валокъ салазокъ (крейцкопфа).
Kuppelstange, *н.*—спарникъ.
Kurbelstange, *н.*—шатунъ (ведущій).
Kurbelzapfen, *н.*—палецъ мотыля.
Lacet, *ф.*—вилянье (паровоза).
Ladeprofil, *н.*—габаритъ.
Laufräder, *н.*—вольныя, поддерживающія колеса (бѣгуны).
Lenkachsen, *н.*—взаимно перестанавливающіяся оси.
Link, *a.*—кулиса; звено; тяга.
Man-hole, *a.* } —лазъ.
Mannloch, *н.* }
Mastodon, *a.*—то же, что *Twelve-wheeler*.
Mogul engine, *a.*— паровозъ съ тремя движущими осями и съ одной вольной осью впереди (С.Ш.А.).
Mud-hole, *a.*—люкъ.
Nicken, *н.*—продольная качка (нырянье).
Pare-étincelles, *ф.*—искроудержатель.
Patiner, *ф.*—боксовать.
Patins, *ф.*—полозья, башмаки (салазокъ).
Pattes d'araignée, *ф.*—канавки (въ подшипникѣ).
Pitching, *a.*—продольная качка (нырянье).
Plaques de garde, *ф.*—буксовыя челюсти, лапы.
Pleuelstange, *н.*—шатунъ (ведущій).
Pony-truck, *a.*—одноосная телѣжка *(bissel)*.
Pounding, *a.*—подбрасыванье, подпрыгиванье (паровоза).
Presse-étoupe, *ф.*—крышка (втулка) сальника.
Pressure gauge, *a.*—манометръ.

---

*) Подъ именемъ *Horse-Power (H.-P.)* принята въ Англіи и въ Сѣвероамериканскихъ Соединенныхъ Штатахъ за единицу производительности (мощности, работоспособности или быстроты работы) всякаго рода движителей работа въ 33000 фунтофутовъ въ минуту.

Французская единица *(cheval-vapeur)* и нѣмецкая *(Pferdekraft, Pferdestärke)* нѣсколько меньше (75 килограммметровъ въ секунду).

Prime, *а.*—бросать воду.
Radgestell, *н.*—колесный центръ.
Radstand, *н.*—база (колесная).
Rangirmaschine, *н.*—маневровый паровозъ.
Rebord, *ф.*—закраина, гребень (колеса).
Recul, *ф.*—подергиванье.
Reversing-gear, *а.*—переводный (перекидной) механизмъ.
Rocking, *а.* }
Rolling, *а.* } —боковая качка (паровоза).
Rostfläche, *н.*—площадь рѣшетки.
Roulis, *ф.*—боковая качка.
Rücken, *н.*—подергиванье.
Schenkel, *н.*—шейка (осевая).
Schieberstange, *н.*—золотниковый стержень.
Schlängeln, *н.*—вилянье.
Schleudern, *н.*—боксовать.
Schlingern, *н.*—вилянье.
Schubstange, *н.*—шатунъ (ведущій).
Schwanken, *н.*—боковая качка.
Segments du piston, *ф.*—поршневыя кольца.
Shouldering, *а.*—качка (паровоза).
Skid, *а.*—ѣхать (не катиться, а скользить, не вращаясь); тормозить такъ, что колесо перестаетъ вращаться.
Slide-valve, *а.*—золотникъ.
Slip, *а.*—боксовать (скользить, вращаясь).
Spark-arrester, *а.*—искроудержатель.
Spurkranz, *н.*—закраина, гребень (колеса).
Spurweite, *н.*—ширина пути, колеи.
Stampfen, *н.*—продольная качка и подпрыгиванье (паровоза).
Start, *а.*—трогаться (съ мѣста).
Stay-bolts, *а.* }
Stehbolzen, *н.* } —связи, распорные и анкерные болты.
Steuerungshebel, *н.*—переводный рычагъ.
Stopfbüchse, *н.*—сальникъ.
Stopfbüchsenring или **Grundbüchse**, *н.*—грундбукса.
Stroke, *а.*—ходъ (поршня).
Stuffing-box, *а.*—сальникъ.
Surface de chauffe, *ф.*—поверхность нагрѣва.
Surface de grille, *ф.*—площадь рѣшетки.
Switching, *а.*—маневры (станціонные).
Tail-motion, *а.*—вилянье.

Tangage, *ф.*—подергиванье.
Ten-wheeler, *а.*—паровозъ съ тремя спаренными осями и съ двухосной телѣжкой впереди (С. Ш. А.).
Trottle-lever, *а.*—регуляторный рычагъ (ручка).
Timbre (de la chaudière), *ф.*—предѣльное рабочее давленіе пара (за вычетомъ наружнаго).
Tractive power, *а.*—сила тяги.
Train, *ф.*—поѣздъ; телѣжка.
Train de roues, *ф.*—колесные скаты (колесныя пары, колесный станъ или комплектъ колесъ).
Trambahn, *н.*— | трамъ (рельсовый путь, укладываемый
Tramroad, *а.*— | не на особо подготовленномъ для него
Tramway, *а.*— | полотнѣ, а тамъ, гдѣ уже имѣется обыкновенная дорога).
Treibachse, *н.* | —движущая ось.
Triebachse, *н.* |
Treibstange, *н.*—ведущій шатунъ.
Trop-plein, *ф.*—вѣстовая трубка.
Truck, *а.*—телѣжка.
Tubes de fumée, *ф.*—жаровыя (дымогарныя, прогарныя) трубки.
Tube-plate, *а.*—трубочная доска.
Twelve-wheeler или **Mastodon**, *а.*—паровозъ съ четырьмя спаренными осями и съ двухосной телѣжкой впереди (С. Ш. А.).
Tyre или **tire**, *а.*—шина, бандажъ.
Ueberdruck, *н.*—давленіе (за вычетомъ наружнаго).
Umsteuerung, *н.*—переводный (перекидной) механизмъ.
Untergestell, *н.*—рама.
Valve-face, *а.*— | зеркало (лицо, столъ) золотника (въ
Valve-seat, *а.*— | золотниковой коробкѣ).
Valve-gear, *а.*—парораспредѣлительный механизмъ.
Wanken, *н.*—боковая качка.
Wasserstandsglas, *н.*—водоуказательное стекло (трубка).
Waste, *а.*—концы (для подбивки и для обтирки).
Wogen, *н.*—подбрасываньe, подпрыгиванье.
Wrist-pin, *а.*—валокъ салазокъ (головы поршневого стержня), кулакъ или палецъ (мотыля).
Zucken, *н.*—подергиванье.
Zugkraft, *н.*—сила тяги.

Приложеніе X.

ЛИТЕРАТУРА.

D. K. Clark. Railway machinery.—Glasgow, Edinburgh, London and New-York, 1855.

D. K. Clark and *Z. Colburn.* Recent practice in the locomotive engine (being a supplement to „Railway machinery"). 1860.

Z. Colburn. Locomotive engineering and the mechanism of railways.—Glasgow, Edinburgh and London. 1864—71.

Couche. Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer. — Paris, T. II, 1873; T. III, 1876.

Heusinger von Waldegg. Handbuch für specielle Eisenbahntechnik, III Bd. Locomotivbau. — Leipzig, 1875 (2-te Aufl. 1882).

M. Rühlmann. Allgemeine Maschinenlehre. 2-te Aufl. III Bd.—Braunschweig, 1877.

G. Meyer. Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues. 1-er Theil: Die Locomotiven.—Berlin, 1883.

Richard. Chaudière locomotive et son outillage.—Paris, 1886.

Л. А. Ераковъ. Сборникъ статей и записокъ по разнымъ техническимъ вопросамъ. Посмертное изданіе. СПБ. 1889.

Н. П. Петровъ. Сопротивленіе поѣзда на желѣзной дорогѣ. Курсъ С.-Петербургскаго Практическаго Технологическаго Института. СПБ. 1889.

A. T. Woods. Compound locomotives. Second edition, revised and enlarged by *D. L. Barnes.*—Chicago, 1893.

Ed. Sauvage. La machine locomotive. — Paris, 1894 (3-me éd. 1899).

П. Мухачевъ. Теорія и конструкція паровозовъ обыкновенныхъ ширококолейныхъ дорогъ. — Харьковъ, 1895.

G. Hughes. The construction of the modern locomotive. London, 1896.

Blum, Borries, Barkhausen. Die Eisenbahntechnik der Gegenwart.—Die Locomotiven.—Wiesbaden, 1897 (въ 1900 г. изданъ русскій переводъ).

D. L. Barnes (and *J. C. Whitridge*). Modern locomotives. Illustrations, specifications and details of typical American and European steam and electric locomotives. Published by the Railroad Gazette. New-York, 1897.

M. Demoulin. Traité pratique de la machine locomotive. 4vv. Paris, 1898.

Flamache, Huberti et *Stévart.* Traité d'exploitation des chemins de fer. Tome IV. Locomotive-Traction-Freins.—Liège, 1898 (premier fascicule).

J. Boulvin. Cours de mécanique appliquée aux machines professé à l'Ecole spéciale du génie civil de Gand. 6-me fascicule: Locomotives et machines marines. Paris, 1898.

Е. Е. Нольтейнъ. Курсъ паровозовъ. Лекціи, читанныя въ Императорскомъ Московскомъ Инженерномъ Училищѣ Вѣдомства Путей Сообщенія. $189^{8}/_{9}$ (литографированное изданіе, еще не законченное).

Періодическія изданія: *Revue générale des chemins de fer* (Paris); *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (Hannover-Wiesbaden); *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* и *Glasers Annalen* (Berlin); *Engineering* и *Engineer* (London); *Railroad Gazette* (New-York); *Инженеръ* (Кіевъ); *Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des chemins de fer* (Bruxelles).

ПОПРАВКИ.

На стрн. 28, стрк. 14 сверху
вмѣсто: качанія

слѣдуетъ читать:
каченія

На стрн. 39, стрк. 7 сверху

можно найти
доказательство этого въ брошюрѣ:
А. Д. Романовъ. Противовѣсы въ паровозахъ. СПБ. 1899.

На стрн. 39, стрк. 9 снизу
вмѣсто: вращеніе колесъ подъ вліяніемъ силъ инерціи около точекъ соприкасанія колесъ съ рельсами

правильнѣе сказать:
вращеніе колеснаго ската подъ вліяніемъ (предполагаемыхъ горизонтальными) силъ инерціи около вертикальныхъ (геометрическихъ)осей,проходящихъ черезъ точки соприкасанія колесъ съ рельсами

На стрн. 121, стрк. 2 сверху

слѣдовало бы прибавить:
и считаемыя отъ момента t_0, соотвѣтствующаго скорости v_0

На стрн. 210, стрк. 3 сверху
вмѣсто: 164

слѣдуетъ поставить:
167

На стрн. 222, стрк. 6 снизу
вмѣсто: коробки E

слѣдуетъ читать:
пробки E

На стрн. 240, стрк. 2 снизу
вмѣсто: 45

слѣдуетъ поставить:
45—54

На стрн. 285, фиг. 284,
вмѣсто: $\frac{1}{2}j$ . . . . . у A . . . . . ξ
„ $\frac{1}{2}j$ . . . . . у B . . . . . ζ

слѣдуетъ поставить:

На стрн. 286, стрк. 2 сверху *вмѣсто*: $\frac{1}{2}j$ . . . въ правой части уравненія . . . ξ
„ $\frac{1}{2}j$ „ лѣвой „ „ . . . ζ

слѣдуетъ поставить:

Тамъ же, строка 5 сверху *вмѣсто*: при одинаковости зазоровъ j между рельсами и закраинами шинъ для всѣхъ крайнихъ осей телѣжекъ,

слѣдуетъ читать: при незначительности разницы между величинами ξ и ζ

На стрн. 323, стрк. 1 сверху *вмѣсто*: K

слѣдуетъ поставить: R

На стрн. 339, фиг. 341, въ верхней части сосуда m не сплошная стѣнка, а

слѣдуетъ показать: противъ трубки двумя вертикальными черточками отверстіе, по ошибкѣ заштрихованное

На стрн. 381, стрн. 18 снизу *вмѣсто* запятой (,)

слѣдуетъ поставить точку (.)

На стрн. 393, фиг. 416, у V справа внизу

слѣдуетъ поставить значекъ 2

На стрн. 398, стрк. 7 сверху *вмѣсто*: выразиться

слѣдуетъ читать: выразится

На стрн. 399, стрк. 7 снизу послѣ: 51,25

слѣдуетъ вставить V

На стрн. 415, стрк. 1 выноски послѣ: то

можно вставить: для упрощенія задачи принять $\mu=\alpha+\beta V+\gamma V^2$ и опредѣлить α, β, γ по численнымъ результатамъ опытовъ *Galton*'а; впрочемъ

На стрн. 479, стрк. 2 сверху *вмѣсто*: (2/2+2/2)

слѣдуетъ исправить такъ: 2/2+2/3

На стрн. 494, у фиг. 485 *вмѣсто*: 8/3

слѣдуетъ поставить: 3/5