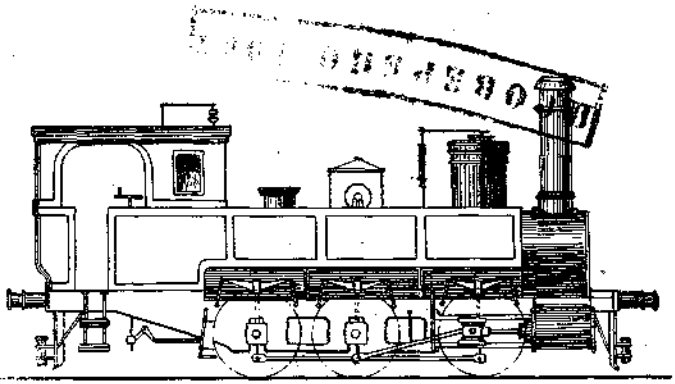
61 л 362.13
А 88 Отк
1990
09
пик.

ПАРОВАЯ МЕХАНИКА
И
ПАРОВОЗЫ.

830325

СОСТАВИЛЪ

Инженеръ В. Арцишъ.



ДИИТ
БИБЛИОТЕКА

СЕДЬМОЕ ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНІЕ.

1914

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Изданное мною руководство «Паровая механика и паровозы» пріобрѣло уже значительное число читателей, и для удовлетворенія вновь поступающихъ требованій я счелъ необходимымъ прибѣгнуть къ седьмому изданію своего перваго труда. Успѣхъ ободрилъ меня и укрѣпилъ въ сознаніи, что трудъ мой не напрасенъ, и что онъ въ состояніи удовлетворить быстро возрастающую потребность въ технической подготовкѣ лицъ, посвятившихъ себя желѣзнодорожному дѣлу. Имѣя въ виду людей начинающихъ и совершенно незнакомыхъ съ дѣйствіемъ паровой машины, я началъ съ изложенія основныхъ понятій о водяномъ парѣ и паровой машинѣ; заботясь же о постепенномъ переходѣ къ изученію болѣе сложныхъ процессовъ, я старался вмѣстѣ съ тѣмъ изложить все по возможности простымъ и яснымъ слогомъ, доступнымъ пониманію каждаго. Всѣ свѣдѣнія о паровой машинѣ вообще и о паровозахъ въ особенности даны самыя точныя, хотя и въ краткомъ объемѣ, и всѣ результаты выведены не только изъ теоретическихъ соображеній, но и провѣрены на практикѣ, какъ личнымъ опытомъ, такъ и при помощи личныхъ сношеній со многими опытными инженерами.

Настоящее изданіе отвѣчаетъ программѣ техническихъ желѣзнодорожныхъ училищъ, а равно дѣйстви-

тельной потребности лицъ на практическомъ ихъ поприщѣ, почему надѣюсь, что и настоящій трудъ не останется безъ нѣкоторой доли пользы въ отношеніи распространенія техническихъ знаній среди желѣзнодорожныхъ служащихъ.

Благодаря искренно всѣхъ уважаемыхъ лицъ за ихъ отзывы о моей книгѣ, которые приняты мною во вниманіе при настоящемъ изданіи ея, прошу не оставить меня своими замѣчаніями и на этотъ разъ; увѣряю, что все, что ни будетъ сказано, приму съ такимъ же вниманіемъ и благодарностью.

В. Арцишъ.

ПАРОВАЯ МЕХАНИКА.

ОБЩІЯ ПОНЯТІЯ.

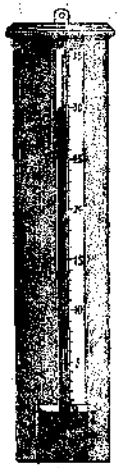
Величина атмосфернаго давленія.

Воздухъ, которымъ мы дышемъ, окружаетъ нашу землю слоемъ приблизительно 75 верстъ толщиною и называется *атмосферою*. Атмосфера своею тяжестью давитъ на землю и всѣ тѣла, находящіяся на ней, но мы не замѣчаемъ этого давленія, такъ какъ оно происходитъ со всѣхъ сторонъ съ одинаковою силою. Когда же равновѣсіе воздуха нарушается, напр. во время сильнаго нагрѣванія нѣкоторыхъ слоевъ его, и происходитъ вѣтеръ, тогда мы чувствуемъ давленіе воздуха, его тяжесть. Точно также, если высосать воздухъ изъ трубки, закрытой съ одного конца, то трубка моментально пристаетъ къ языку, такъ какъ давленіе на нее воздуха происходитъ только съ наружнаго конца и не уравновѣшивается уже давленіемъ изнутри.

Если взять стеклянную трубку, запаянную съ одного конца, длиною около 35 дюймовъ и такого діаметра, чтобы внутри ея сѣченіе составляло 1 квадр. дюймъ, и наполнить ее до краевъ чистою ртутью, а затѣмъ, закрывъ трубку пальцемъ, опрокинуть ее запаяннымъ концомъ вверхъ, а открытый конецъ погрузить на 2 дюйма въ сосудъ, также наполненный ртутью и отнять палецъ, то ртуть изъ трубки не вытечетъ, а только понизится дюйма на 3. Черт. 1. Если трубку погрузить болѣе чѣмъ на 3 дюйма или накло-

нить ее въ сторону, то уровень ртути въ трубкѣ остается на той же высотѣ. Въ верхнемъ концѣ трубки образуется пустота, а слѣдовательно не будетъ давленія на ртуть, между тѣмъ какъ снизу ртуть находится подъ давленіемъ атмосферы. Величина этого давленія уравновѣшивается вѣсомъ ртути, находящейся въ трубкѣ. Въ разсматриваемомъ случаѣ высота столба ртути въ трубкѣ надъ уровнемъ ртути въ сосудѣ будетъ около 30 дюймовъ, а вѣсъ ртути въ трубкѣ будетъ равенъ 15 англійскимъ фунтамъ *). Слѣдовательно давленіе атмосферы на 1 квадр. дюймъ равно 15 фунтамъ. Если взять трубку сѣченіемъ 2—3 и болѣе квадр. дюйм., то высота столба ртути будетъ та же; вѣсъ его хотя и увеличится при этомъ вдвое, втрое и болѣе, но за то передается на большую площадь.

Черт. 1.



Описанный приборъ называется *барометромъ* и служитъ для измѣренія давленія атмосферы, которое на высокихъ горахъ, очевидно, будетъ значительно меньше, вслѣдствіе меньшей толщины слоя воздуха, нежели въ глубокихъ оврагахъ; точно также передъ бурею, вслѣдствіе разрѣженія слоевъ атмосферы, барометръ падаетъ, т. е. высота столба ртути уменьшается. Высота ртутнаго столба въ 30 дюйм. (760 мм.) соотвѣтствуетъ *нормальному давленію* атмосферы.

Такъ какъ вѣсъ воды въ 13,6 раза меньше, нежели вѣсъ ртути, то высота водяного столба въ безвоздушномъ пространствѣ, подъ тѣмъ же давленіемъ атмосферы, будетъ $30 \times 13{,}6 = 34$ фута.

Для опредѣленія давленія пара принято въ механикѣ за единицу мѣры нормальное давленіе атмосферы, равное

*) Англійскій фунтъ немного больше русскаго, такъ что 15 фунтовъ англійскихъ соотвѣтствуютъ $16\frac{1}{4}$ русскимъ фунтамъ

15 фунтамъ на 1 квадр. дюймъ, такъ что если давленіе пара въ котлѣ 4 атмосферы, это значитъ, что давленіе его въ 4 раза больше атмосфернаго и составляетъ 15×4=60 фунт. на 1 квадр. дюймъ. Слѣдовательно каждый квадратный дюймъ поверхности котла испытываетъ давленіе изъ внутри 60 фунт., между тѣмъ какъ снаружи каждый квадратный дюймъ подвергается давленію атмосферы, т. е. 15 фунт., а потому сила, стремящаяся разорвать котелъ, будетъ лишь 45 фунт. на каждый квадр. дюймъ, т. е.—на одну атмосферу меньше. Наоборотъ, при образованіи пустоты внутри котла, вслѣдствіе охлажденія въ немъ пара, котелъ подвергается смятію отъ дѣйствія атмосфернаго давленія.

Въ французскихъ мѣрахъ давленіе атмосферы принимается равнымъ 1 килограмму ($2^1/_2$ фунта) на 1 квадр. сантиметръ.

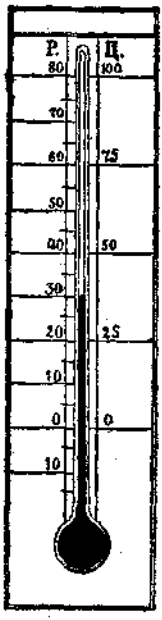
Кипѣніе воды.

Отдѣленіе паровъ съ поверхности воды имѣетъ мѣсто при всякой температурѣ лѣтомъ и зимою и называется *испареніемъ*. Доказательствомъ этому служитъ образованіе облаковъ во всякое время года, а равно высыханіе мокраго бѣлья и въ зимнее время. *Парообразованіе* же происходитъ во всей массѣ воды, но только при нагрѣваніи ея до той температуры, при которой упругость частицъ пара преодолѣваетъ давленіе верхняго слоя воды, а также наружное давленіе, дѣйствующее на поверхность воды. Въ открытомъ сосудѣ на воду давитъ атмосфера; въ закрытомъ-же сосудѣ можетъ находиться также воздухъ и еще паръ, образовавшійся изъ воды раньше.

Начало парообразованія или начало кипѣнія чистой прѣсной воды въ открытомъ сосудѣ происходитъ при 100° Ц.*)

*) Для измѣренія температуры тѣлъ употребляется термометръ, состоящій изъ стеклянной цилиндрической трубочки, запаянной вверху и оканчи-

Черт. 2.



вода же соленая, жирная и вообще содержащая много посторонних примѣсей, требуетъ для своего кипѣнія высшей температуры. Кромѣ того въ разрѣженномъ воздухѣ и на высокихъ горахъ кипѣніе воды происходитъ при низшей температурѣ, нежели въ низменныхъ мѣстахъ. Въ стеклянной трубочкѣ, лишенной воздуха, вода закипаетъ отъ теплоты руки, т. е. при 37° Ц.

Водяной паръ представляетъ газъ безцвѣтный, невидимый для глаза, какъ и воздухъ. Вѣсъ его составляетъ 0,6 вѣса воздуха—при одинаковыхъ объемахъ и упругости—т. е. онъ легче почти вдвое. 1 куб. футъ пара атмосферной упругости вѣситъ около $^1/_{25}$ фунта.

Упругость водяного пара.

Пусть на днѣ трубки, черт. 3, сѣченія 1 квадр. дюймъ, находится одинъ кубическій дюймъ воды; надъ водою находится поршень B, плотно прилегающій къ стѣнкамъ трубки. Предположимъ раньше, что поршень не имѣетъ собственнаго вѣса и что на его поверхность давитъ атмосфер-

---

вающейся внизу шарикомъ. Черт. 2. Шарикъ и часть трубочки наполнены чистою ртутью; въ верхней же части имѣется пустое пространство. Если термометръ погрузить въ тающій ледъ, то ртуть сначала быстро понизится, но потомъ остановится и будетъ стоять на одной точкѣ до тѣхъ поръ, пока весь ледъ не растаетъ. Точку, гдѣ остановится ртуть, отмѣчаютъ цифрой 0 и называютъ *точкою таянія льда* или *точкою замерзанія*. Если затѣмъ термометръ погрузить въ воду и нагрѣвать ее, то ртуть расширяется, уровень ея поднимается; когда вода закипитъ и будутъ выходить пары, ртуть остановится и будетъ стоять до тѣхъ поръ, пока вода кипитъ. Эта *точка кипѣнія* воды есть вторая постоянная точка термометра; ее отмѣчаютъ числомъ 80 или 100, смотря потому, дѣлятъ ли все это разстояніе на 80 или 100 равныхъ частей, называемыхъ градусами. Въ термометрѣ *Реомюра* этихъ градусовъ—80;

ный воздухъ съ силою 15 фунтовъ на квадр. дюймъ. Если начать подогрѣвать воду помощью спиртовой лампы, то температура воды будетъ возвышаться и когда она достигнетъ 100° Ц., то поршень начнетъ подниматься, образуя надъ водою кажущуюся пустоту, при чемъ объемъ воды уменьшается. Если продолжать нагрѣваніе дальше, то поршень будетъ подниматься все выше и выше до тѣхъ поръ, пока вода совершенно не исчезнетъ. Если теперь измѣрить весь объемъ пространства подъ поршнемъ, то найдемъ, что онъ въ 1700 разъ больше того объема, который раньше занимала вода. Такимъ образомъ мы получили паръ подъ давленіемъ 15 фунтовъ, т. е. упругости одной атмосферы.

Черт. 3.



Если предположить, что поршень B имѣетъ вѣсъ и что на воду въ трубкѣ давитъ кромѣ атмосфернаго воздуха еще и поршень съ такою же силою, т. е. всего 30 фунтовъ и затѣмъ подогрѣвать ее лампою, то замѣтимъ, что поршень начнетъ подыматься не при температурѣ 100° Ц., какъ это было раньше, а при 121° Ц. При дальнѣйшемъ подогрѣваніи, поднятіе поршня будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока вся вода подъ поршнемъ не испарится, при чемъ объемъ пространства, занятаго паромъ, будетъ не 1700 куб. дюймовъ, а 850, т. е. на половину меньше прежняго, но за то

у *Цельзія*—100. Ниже 0 имѣются также дѣленія, ихъ обозначаютъ знакомъ — въ отличіе отъ верхнихъ, которыя иногда обозначаютъ знакомъ +.

Термометръ Реомюра употребляется у насъ въ Россіи, термометръ же Цельзія, какъ стоградусный, болѣе удобенъ для научныхъ вычисленій. Для яснаго пониманія температуры необходимо послѣ числа градусовъ прибавлять названіе термометра первоначальными буквами Р или Ц. Чтобы перевести число градусовъ Р на число градусовъ Ц, должно данное число градусовъ Р помножить на $^5/_4$. Напр. 36^0 Р$=36\times{}^5/_4=45^0$ Ц. Обратно, чтобы перевести показанія, термометра Ц на Р, должно данное число градусовъ Ц, помножить на $^4/_5$. И такъ 30^0 Ц$=30\times{}^4/_5=24^0$ Р.

упругость пара въ послѣднемъ случаѣ будетъ вдвое болѣе, т. е. 30 фунтовъ на 1 квадр. дюймъ.

Если повторить нагрѣваніе воды подъ давленіемъ еще большимъ чѣмъ прежде, напр., прибавивъ на поршень грузъ въ 15 фунт., то замѣтимъ, что поднятіе поршня, а слѣдовательно начало кипѣнія воды будетъ при температурѣ 134° Ц., а объемъ подъ поршнемъ, который займетъ образовавшійся при этомъ паръ, будетъ составлять $^1/_3$ первоначальнаго, т. е. 567 куб. дюймовъ.

Отсюда слѣдуетъ: чѣмъ больше давленіе на паръ при его образованіи, тѣмъ меньшій объемъ онъ занимаетъ; точка кипѣнія воды или начало парообразованія тѣмъ выше, чѣмъ больше давленіе; упругость же пара тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе, подъ которымъ онъ образуется, т. е. подъ давленіемъ въ 2, 3, 4 раза большемъ и упругость его въ 2, 3, 4 раза больше. Такъ какъ кубическій футъ содержитъ въ себѣ 1728 куб. дюймовъ, то безъ большой погрѣшности можно принять, что 1 куб. дюймъ воды подъ давленіемъ 15 фунтовъ, образуетъ 1 куб. футъ пара, подъ давленіемъ 30 фун.—$^1/_2$ куб. фута, а подъ давленіемъ 45 фунт. —$^1/_3$ куб. фута и т. д. Наоборотъ, подъ давленіемъ $7^1/_2$ фунт. объемъ, занимаемый паромъ, будетъ 2 куб. фута.

Паръ, образованный изъ воды вышесказаннымъ способомъ, имѣетъ ту же самую температуру, какъ и вода, изъ которой онъ произошелъ и температура эта ему необходима, ибо коль скоро мы отнимемъ у него часть теплоты, то онъ тотчасъ же частью превратится въ воду.

Предположивъ, что въ трубкѣ вся вода испарилась и поршень поднялся до самаго верха, мы отнимемъ лампу и будемъ обливать трубку холодною водою, то на внутренней поверхности трубки будетъ образовываться роса и поршень начнетъ опускаться. Эта роса есть ничто иное, какъ капельки охладившагося пара, и поршень, опускаясь постоянно,

сдвигаетъ эти частицы внизъ до тѣхъ поръ, пока не займетъ прежняго своего положенія, при чемъ количество воды на днѣ трубки будетъ тоже, какъ и прежде. Такимъ образомъ вслѣдствіе охлажденія паръ обратился снова въ воду.

Паръ насыщающій и перегрѣтый.

Если производить нагрѣваніе воды въ плотно закрытомъ сосудѣ до кипѣнія ея, т. е. до 100° Ц, и затѣмъ продолжать это нагрѣваніе дальше, то замѣтимъ, что отдѣленіе паровъ будетъ постоянное и что когда температура воды достигнетъ до 121° Ц, то упругость паровъ возрастетъ до 2-хъ атмосферъ. Продолжая нагрѣваніе воды дальше, новое отдѣленіе паровъ снова будетъ имѣть мѣсто, и когда температура воды достигнетъ до 134° Ц, то упругость паровъ будетъ 3 атмосферы. Продолжая нагрѣваніе еще дальше до 144° Ц, найдемъ, что температурѣ этой соотвѣтствуетъ упругость пара, равная 4 атмосферамъ и т. д. Отсюда слѣдуетъ, что всякой температурѣ пара соотвѣтствуетъ особая упругость и что большая упругость пара, при повышеніи его температуры, достигается отдѣленіемъ изъ воды новаго количества пара, которое и насыщаетъ его до той упругости, которую онъ необходимо долженъ имѣть при данной температурѣ. Этотъ паръ, насыщающій вполнѣ данное пространство при данной температурѣ, называется *насыщеннымъ* или *насыщающимъ паромъ*. Необходимое условіе образованія насыщающаго пара—это постоянное соприкасаніе его съ горячею водою, изъ которой онъ образуется.

При увеличеніи пространства, занимаемаго насыщающимъ паромъ, тотчасъ же отдѣляется изъ воды новое количество пара, такъ что плотность его остается та же. Наоборотъ, при сжатіи насыщающаго пара, если сохраняется при этомъ прежняя температура, то нѣкоторое количество пара

обратится снова въ воду, чтобы сохранить прежнюю плотность. Если же понизить температуру насыщающаго пара, то часть ея немедля обратится въ воду, такъ какъ низшей температурѣ соотвѣтствуетъ меньшая плотность пара.

Если нѣкоторое количество пара упругости 1 атмосферы отдѣлить отъ горячей воды, изъ которой онъ образовался, заключить его въ особый плотно закрытый сосудъ и продолжать нагрѣваніе, то упругость такого пара будетъ возрастать весьма незначительно сравнительно съ температурою его. Такъ при повышеніи температуры пара на 1°, упругость его увеличится только на $^1/_{273}$ первоначальной упругости, или, чтобы упругость его увеличить вдвое, т. е. до 2-хъ атмосферъ, необходимо нагрѣть его на 273° Ц, между тѣмъ какъ насыщенный паръ уже при температурѣ 265° Ц имѣетъ упругость равную 50 атмосферамъ. Такой паръ называется *перегрѣтымъ* и по свойству своему сходенъ съ воздухомъ. Вѣсъ его при разныхъ температурахъ остается постояннымъ, между тѣмъ какъ насыщающій паръ съ возвышеніемъ температуры пріобрѣтаетъ большую плотность или вѣсъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ показаны плотность и температура, соотвѣтствующія разной упругости *сухого* насыщеннаго пара, т. е. такого, который не заключаетъ механической примѣси воды, т. е. влажности.

Упругость пара.		Темпер. пара и воды по Ц.	Плотность или вѣсъ 1 куб. ф. пара въ фун.	Упругость пара.		Темпер. пара и воды по Ц.	Плотность или вѣсъ 1 куб. ф. пара въ фун.
Въ атмосф.	Въ фунт. на квадр. дюймъ.			Въ атмосф.	Въ фунт. на квадр. дюймъ.		
0.2	3	60°	0.008	6	90	159°	0.21
0.4	6	76	0.017	7	105	165	0.24
0.6	9	86	0.025	8	120	171	0.27
0.8	12	94	0.034	9	135	176	0.30
1	15	100	0.04	10	150	180	0.33
2	30	121	0.07	11	165	184	0.37
3	45	134	0.11	12	180	188	0.40
4	60	144	0.14	13	195	192	0.43
5	75	152	0.18	14	210	195	0.46

Механическая работа пара.

Положимъ, что на днѣ трубки очень длинной, сѣченія 1 квадр. дюймъ, находится 1 кубич. дюймъ воды подъ давленіемъ поршня въ 15 фун. Поршень, какъ извѣстно, по мѣрѣ образованія пара будетъ подниматься вверхъ до высоты 1700 дюймовъ или 142 фут. Такъ какъ работа поднятія 15 фун. на высоту 142 футъ равносильна поднятію 1 фунта на высоты 142×15 фунтовъ, или же наоборотъ — поднятію 142×15 фунтовъ, на высоту 1 фута, то эта работа, выраженая въ *фунто-футахъ* будетъ 142×15×1=2130.

Поэтому работа пара, образовавшагося изъ 1 кубич. дюйма воды, выразится произведеніемъ вѣса поршня (15) на пройденное пространство (142).

Такъ какъ 2130 фунтовъ равняется приблизительно 1 тоннѣ*), то можно сказать, что кубич. дюймъ воды, вѣсомъ около $^1/_{25}$ фунта, обращаясь въ паръ, производитъ механическую работу или силу, достаточную для поднятія одной тонны на высоту одного фута.

Предположимъ, что вода въ трубкѣ находится подъ давленіемъ поршня не въ 15 фунтовъ, а 30 фунтовъ, то и въ этомъ случаѣ работа образующагося пара будетъ та же, что и въ первомъ случаѣ. Это ясно изъ того, что хотя грузъ, поднимаемый во второмъ случаѣ, вдвое болѣе, но за то высота поднятія поршня вдвое менѣе, такъ какъ при упругости вдвое большей, паръ занимаетъ объемъ вдвое меньшій, а потому работа его будутъ 30×71=2130 фунто-футовъ. Отсюда слѣдуетъ, что механическая работа пара не зависитъ отъ давленія, подъ какимъ онъ образуется, и равняется для каждаго кубич. дюйма воды одной тоннѣ, поднимаемой на одинъ футъ.

---

*)1 тонна=2240 фунт.=62 пудамъ.

Если вышесказанную трубку, наполненную 1700 кубич. дюймами пара, охлаждать, то паръ обратится въ воду, занявъ всего 1 кубич. дюймъ объема; подъ поршнемъ образуется 1699 кубич. дюймовъ пустоты и поэтому онъ будетъ стремиться внизъ, съ силою равною нагрузкѣ его, т. е. 15 фунтовъ. Направленіе силы въ этомъ случаѣ обратно тому, какое было при парообразованіи, но величина механической работы одинакова въ обоихъ случаяхъ, какъ при парообразованіи, такъ и при охлажденіи пара.

Скрытая теплота парообразованія.

Извѣстно, что парообразованіе происходитъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше единицъ теплоты сообщается водѣ въ извѣстное время. Единицею теплоты (*калоріею*) принято называть такое количество теплоты, которое нагрѣваетъ 1 фунтъ воды на 1° Ц. Предположимъ, что лампа, находящаяся подъ трубкою съ водой, горитъ всегда одинаково, т. е. что въ равные промежутки времени выдѣляетъ постоянное число тепловыхъ единицъ и что температура нагрѣваемой воды въ началѣ ея подогрѣванія была 0°, т. е. близка къ замерзанію. Замѣтивъ время отъ начала нагрѣванія воды до ея кипѣнія, т. е. до того момента, когда поршень начинаетъ подниматься, и пусть оно будетъ 1 часъ, продолжаемъ нагрѣваніе дальше до тѣхъ поръ, пока вся вода не испарится; при этомъ замѣчаемъ, что время, употребленное на парообразованіе, будетъ $5^{1/2}$ часовъ. Изъ этого слѣдуетъ, что для испаренія извѣстнаго количества воды необходимо времени въ $5^{1/2}$ разъ болѣе, чѣмъ для нагрѣванія того же количества воды отъ 0 до 100°, или иначе, количество теплоты, необходимое для обращенія воды въ паръ, въ $5^{1/2}$ разъ больше того количества, которое необходимо для нагрѣванія того же количества воды отъ 0

до 100°, такъ какъ количество теплоты, выдѣляемое лампою, одинаково въ равные промежутки.

Вставивъ термометръ въ образовавшійся паръ, увидимъ, что температура его 100°, т. е. такая же, какъ и температура самой воды, изъ которой онъ образовался. Если лампа въ 1 часъ въ состояніи была нагрѣть воду отъ 0 до 100°, то въ послѣдующіе затѣмъ $5^{1/2}$ часовъ вода должна была нагрѣться еще на 550°, т. е. она должна имѣть температуру 650°, термометръ же обнаруживаетъ лишь 100°, почему остальная теплота 550° называется *скрытою теплотою* въ отношеніи 100° *явной теплоты*.

Въ дѣйствительности существованія этихъ 550 скрытыхъ тепловыхъ единицъ можно убѣдиться еще слѣдующимъ образомъ. Взявъ все количество пара температуры 100° Ц, образовавшагося изъ 1 фунта воды и смѣшавъ его въ особо плотно закрытомъ сосудѣ съ $5^{1/2}$ фунт. воды, температурою 0°, то паръ конденсируется,—обратится въ воду и въ сосудѣ этомъ получится $6^{1/2}$ фунт. воды, температурою 100°. Отсюда слѣдуетъ, что 1 фунтъ пара температурою 100° нагрѣлъ $5^{1/2}$ фунт. воды отъ 0 до 100° и самъ обратился въ воду, сохранивъ ту же температуру 100°.

При нагрѣваніи 1 фунта воды подъ давленіемъ 30 фунтовъ, продолжительность этого нагрѣванія отъ 0 до точки кипѣнія больше, такъ какъ она начинаетъ испаряться при температурѣ 121° Ц, но за то продолжительность испаренія того же количества воды—меньше. Такъ какъ вся продолжительность нагрѣванія и испаренія воды такая же, какъ и въ первомъ случаѣ, т. е. продолжается $6^{1/2}$ часовъ, то слѣдовательно количество скрытой теплоты должно быть меньше и именно на столько, на сколько явной больше. Въ послѣднемъ случаѣ количество единицъ скрытой теплоты при испареніи будетъ не 550, а 550—21, т. е. 529.

Точно также при нагрѣваніи воды подъ давленіемъ 3-хъ атмосферъ, т. е. 45 фунтовъ, точка кипѣнія воды будетъ 134° Ц, а количество скрытой теплоты будетъ 550—34=516.

Отсюда ясно слѣдуетъ, что сумма тепловыхъ единицъ явныхъ и скрытыхъ при испареніи всегда постоянна и равняется 650, независимо отъ того, подъ какимъ давленіемъ происходитъ парообразованіе *). Такимъ образомъ 1 фунтъ пара содержитъ одинаковое количество теплоты при всѣхъ давленіяхъ и слѣдовательно при всѣхъ температурахъ. Подобно тому какъ сырая губка становится мокрою, когда подвержена давленію, такъ и теплое тѣло—весьма расширенный паръ—становится горячимъ, когда сжимается въ меньшій объемъ, но ни количество мокроты, ни количество теплоты не претерпѣваетъ никакого измѣненія. Обыкновенный воздухъ при быстромъ и сильномъ сжатіи его въ маленькой помпочкѣ такъ сильно нагрѣвается, что при этомъ трутъ воспламеняется.

Пріемникъ паровой машины.

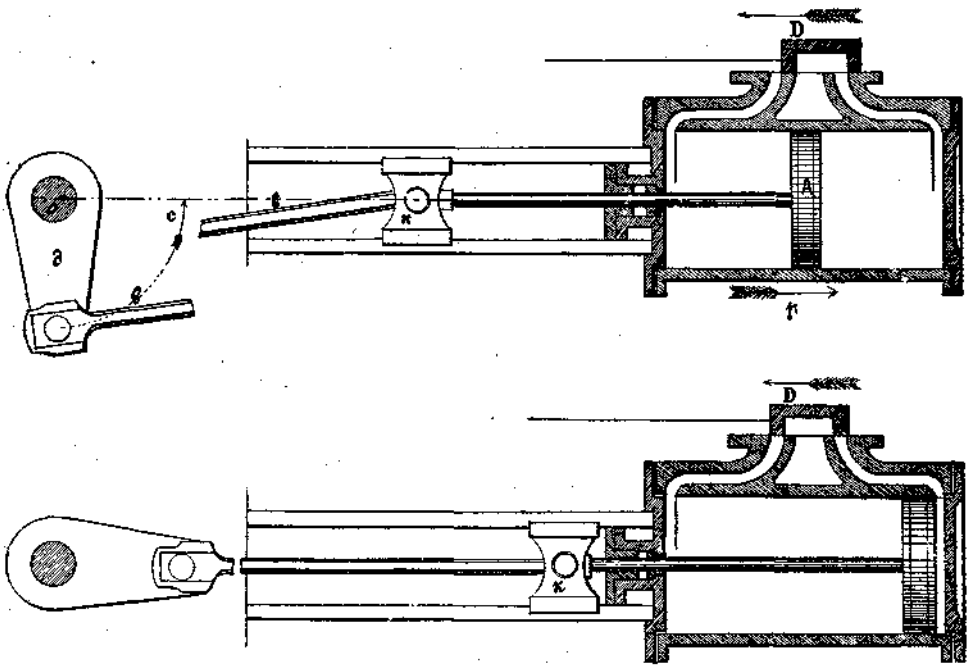
Приборъ, помощью котораго паръ производитъ механическую работу, представляетъ собою цилиндръ, тщательно внутри расточенный и закрытый съ обоихъ концовъ. Внутри цилиндра находится поршень, плотно прилегающій къ стѣнкамъ цилиндра. Паръ впускается въ цилиндръ помощью золотника D, имѣющаго форму коробки, попеременно то съ одной стороны поршня, то съ другой и такимъ образомъ передвигаетъ его взадъ и впередъ. Въ то время когда паръ

*) Строго говоря, 650 калорій необходимо израсходовать для полученія 1 фунта пара давленіемъ 4 атмосферы; при большихъ давленіяхъ количество калорій нѣсколько увеличивается, а при меньшихъ—уменьшается. Такъ для полученія 1 фунта пара давленіемъ 9 атмосф. необходимо израсходовать 660 калорій, а для 13 атм.—664 кал. Между тѣмъ для полученія 1 ф. пара давленіемъ 1 атм необходимо 637 кал., для 2 атм. 643, а для 3-хъ—647.

изъ котла входитъ въ цилиндръ съ одной стороны поршня, отработанный паръ на другой сторонѣ выходитъ свободно подъ золотникъ, а оттуда въ холодильникъ или прямо въ атмосферу. Черт. 4 и 5.

Поршень *A* имѣетъ стержень, съ которымъ прочно соединенъ. Стержень этотъ проходитъ чрезъ крышку ци-

Черт. 4 и 5.

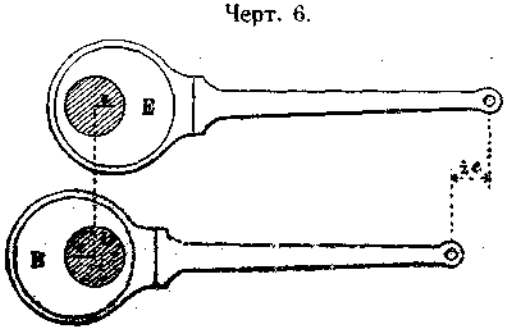


линдра наружу и конецъ его, помощью крейцкопфа *к*, направляемаго при движеніи двумя параллелями, соединенъ съ шатуномъ *в*, который другимъ своимъ концомъ обхватываетъ палецъ кривошипа *д*, насаженнаго наглухо на валъ или ведущую ось *о*. Если предположить, что поршень подъ давленіемъ пара будетъ двигаться по направленію стрѣлки *р*, т. е. слѣва на право, то очевидно, что одновременно и валъ, увлекаемый шатуномъ и кривошипомъ, будетъ вращаться по направленію стрѣлки *с*.

Такимъ образомъ продолжается движеніе до тѣхъ поръ, пока поршень не дойдетъ до конца цилиндра, какъ это представлено на черт. 5, при чемъ стержень поршня, шатунъ и кривошипъ растянутся въ одну прямую линію, такъ что давленіе пара съ правой стороны поршня будетъ только сжимать эти части, дѣйствуя въ упоръ кривошипа, но не въ состояніи сдвинуть ихъ съ мѣста и продолжать вращеніе вала. Такое положеніе поршня называется положеніемъ его въ *мертвой точкѣ*; чтобы вывести поршень и кривошипъ изъ этого положенія, насаживаютъ на валъ особое чугунное колесо, называемое *маховикомъ*, назначеніе котораго состоитъ въ томъ, чтобы размахомъ своимъ хотя немного повернуть валъ въ то время, когда поршень приходитъ въ мертвую точку. Коль скоро это произойдетъ, то дальнѣйшее вращеніе вала будетъ производиться опять давленіемъ пара, объясненнымъ выше образомъ.

Если паровая машина имѣетъ два цилиндра, какъ это напр. дѣлается въ паровозахъ, то можно обойтись безъ маховаго колеса; стоитъ лишь оба кривошипа расположить на общей ихъ оси такимъ образомъ, чтобы въ то время, когда одинъ кривошипъ и соотвѣтствующій ему поршень станутъ въ мертвую точку, другой находился бы въ наивысшемъ или въ наинизшемъ положеніи, а поршень его слѣдовательно находился бы на половинѣ хода.

Черт. 6.



Движеніе золотника достигается помощью особаго диска (*эксцентрика*), насаженнаго наглухо на валъ или на ведущую ось такимъ образомъ, что центръ эксцентрика и центръ оси отстоятъ одинъ отъ

другого на нѣкоторую величину *e*, называемую *эксцентриситетомъ*. Черт. 6. На эксцентрикъ надѣвается свободно кольцо или *хомутъ* со стержнемъ, который соединяется съ золотникомъ. Такимъ образомъ, при вращеніи вала машины, эксцентрикъ, а слѣдовательно и золотникъ получатъ движеніе вправо и влѣво, попеременно, на величину двойного эксцентриситета.

Величина паровой лошади.

Работа, которую можетъ произвести паровая машина, измѣряется такъ называемою *паровою лошадью* или *лошадиною силою*, способною поднять 550 англ. фунтовъ (15 пуд.) на высоту 1 фута въ 1 секунду или же 33000 фун. (900 пуд.) на ту же высоту въ продолженіи 1 минуты. Эта величина была принята Уаттомъ, какъ средняя сила самыхъ сильныхъ лондонскихъ лошадей, съ цѣлью установить отношеніе между силою машины извѣстныхъ размѣровъ и силою лошади, такъ чтобы можно было, при замѣнѣ лошадей машинами, опредѣлить въ каждомъ данномъ случаѣ по числу употреблявшихся лошадей размѣръ машины.

Въ настоящее же время этотъ расчетъ невѣренъ, такъ какъ со временемъ доля вмѣстительности цилиндра, соотвѣтствующая лошадиной силѣ, равно какъ и давленіе на поршень измѣнены строителями машинъ, такъ что машина, которая въ настоящее время считается въ 20 лошадиныхъ силъ, производитъ почти всегда вдвое, втрое, иногда вчетверо большую силу, чѣмъ во времена Уатта. Выраженіе «паровая лошадь» или «лошадиная сила» сдѣлалось просто условною единицею для выраженія извѣстныхъ размѣровъ машины безъ отношенія къ производимой силѣ.

Такимъ образомъ номинальная или нарицательная сила машины представляетъ совершенно такую же коммерческую мѣру, какъ футъ или четверикъ и служитъ оцѣнкою достоин-

ства машинъ при покупкѣ ихъ. Приблизительно номинальная сила обыкновенныхъ машинъ, работающихъ при упругости пара около 4 атмосферъ, діаметръ которыхъ d выраженъ въ дюймахъ, принимается равною $^1/_{10}\ d^2$ паровыхъ лошадей. Если машина имѣетъ цилиндръ діаметромъ 42 дюйма, то номинальная сила будетъ $\frac{42 \times 42}{10} = 176$ лошад. силъ.

По правилу англійскаго адмиралтейства для опредѣленія номинальной силы машины необходимо: квадратъ діаметра цилиндра въ дюймахъ умножить на скорость поршня въ футахъ въ 1 минуту и раздѣлить на 6000.

Въ французскихъ мѣрахъ величина паровой лошади выражается 75 киллограммо-метрами, т. е. работою, способною поднять 75 киллограммовъ на высоту 1 метра въ 1 секунду.

Работа паровой машины.

Работа, которую можетъ произвести паровая машина, зависитъ отъ давленія пара, дѣйствующаго на поршень и отъ пути, проходимаго поршнемъ въ единицу времени. Обозначивъ площадь поршня въ квадратныхъ дюймахъ черезъ D, давленіе пара въ цилиндрѣ во все время хода поршня въ атмосферахъ черезъ P, длину одного хода поршня въ футахъ черезъ *в*, то давленіе пара на поршень будетъ P×15×D фунтовъ (т. к. давленіе одной атмосферы принято равнымъ 15 фунт.); работа же поршня при одномъ ходѣ его будетъ P×15×D×*в* фунто-футовъ. Но при каждой паровой машинѣ является противодѣйствіе отработаннаго (*мятаго*) пара, которое при паровыхъ машинахъ высокаго давленія и безъ охлажденія, т. е. когда отработанный паръ выходитъ прямо въ атмосферу, достигаетъ 1,25 атмосферы на каждый квадратный дюймъ поршня. Если же паровая машина работаетъ съ охлажденіемъ, то противодѣйствіе на поршень весьма не-

значительно и равняется 0,1 атмосферы. А потому противодѣйствіе на поршень будетъ:

1. Для паров. машин. безъ охлажденія $1,25 \times 15 \times D$ фун.
2. » » » съ охлажденіемъ $0,1 \times 15 \times D$ »

работа же противодѣйствія при одномъ ходѣ поршня будетъ:

1. Для пар. маш. без охлажд. $1,25 \times 15 \times D \times в$ фунто-фут.
2. » » » съ охлажден. $0,1 \times 15 \times D \times в$ » »

Если вычесть эту работу сопротивленія изъ найденной нами выше работы поршня, получится теоретическая работа поршня при одномъ ходѣ его, а именно:

1. Для машины безъ охлажд. $15 \times D \times в(P - 1,25)$ фунто-фут.
2. » » съ охлажд. $15 \times D \times в(P - 0,1)$ » »

Если машина сообщаетъ маховому колесу n оборотовъ въ 1 минуту, то поршень въ то же время сдѣлаетъ $2n$ ходовъ, а потому теоретическая работа машины въ 1 минуту будетъ:

1. Безъ охлажденія $2n \times 15 \times D \times в(P - 1,25)$ фунто-фут.
2. Съ охлажденіемъ $2n \times 15 \times D \times в(P - 0,1)$ » »

Отсюда теоретическая работа машины въ 1 секунду будетъ въ 60 разъ меньше:

1. Безъ охлажденія $\frac{1}{2} n \times D \times в$ $(P - 1,25)$ фунто-футовъ.
2. Съ охлажденіемъ $\frac{1}{2} n \times D \times в$ $(P - 0,1)$ » »

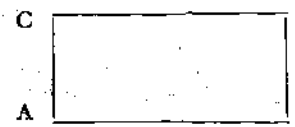
Такъ какъ паровая лошадь соотвѣтствуетъ 550 фунто-футамъ, то раздѣливъ теоретическую работу на это число, получимъ работу машины, выраженную въ паровыхъ лошадяхъ.

Дѣйствительная же работа паровой машины всегда меньше теоретической, ибо при вышесказанныхъ расчетахъ не принято во вниманіе ни тренія поршня, золотника и ихъ направляющихъ, ни другихъ сопротивленій, уменьшающихъ значительно работу машины. Почему теоретическую работу машины необходимо умножить на извѣстный коэффиціентъ, чтобы получить дѣйствительную работу ея. Этотъ коэффиціентъ, опредѣленный изъ опытовъ, для машинъ различ-

ныхъ силъ бываетъ различный: для машинъ высокаго давленія до 10 паровыхъ силъ составляетъ 0,5. При болѣе сильныхъ паровыхъ машинахъ коэффиціентъ полезнаго дѣйствія увеличивается: для машинъ въ 20 паровыхъ силъ составляетъ 0,6; а при 40 силахъ 0,7.

Механическую работу паровой машины возможно представить графически. Черт. 7. Если на горизонтальной линіи отложить величину AB, равную длинѣ хода поршня, а на вертикальной линіи AC самую силу, т. е. величину давленія пара на поршень, то построенный прямоугольникъ и будетъ выражать своею площадью работу паровой машины во время одного хода поршня.

Черт. 7.



Расширеніе пара.

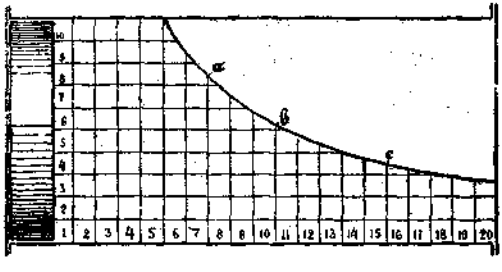
Впускъ пара въ цилиндръ происходитъ большею частью не во все время хода поршня, а прекращается (*отсѣкается*) раньше, чѣмъ поршень дойдетъ до конца своего хода, такъ что остальную часть поршень проходитъ вслѣдствіе расширенія впущеннаго уже въ цилиндръ пара. Этотъ способъ дѣйствія машинъ называется работою машинъ *съ расширеніемъ* или также *съ отсѣчкою*.

Если напр. впускъ пара въ цилиндръ будетъ прекращенъ на половинѣ хода поршня, то давленіе пара на поршень съ этого момента, а равно работа его, будетъ постепенно уменьшаться и, наконецъ, въ концѣ хода его, давленіе пара будетъ въ половину меньше противъ первоначальнаго. Это основано на общеизвѣстномъ законѣ расширенія газовъ, по которому съ увеличеніемъ пространства, занимаемаго газомъ, въ 2, 3 и болѣе разъ, упругость его уменьшается во столько же разъ и на оборотъ. Напр., если кубич. футъ воздуха атмо-

сферной плотности будетъ сжатъ въ вдвое меньшій объемъ, то упругость его увеличится отъ 15 фунт. давленія на квадр. дюймъ до 30 фунт. и обратно, если объемъ воздуха атмосферной плотности будетъ расширенъ до 2 куб. фут., то его упругость уменьшится до $7^1/_2$ фунт. давленія на квадр. дюймъ, т. е. ровно въ половину противъ первоначальнаго давленія. Тотъ же самый законъ существуетъ для всѣхъ степеней сжатія и расширенія газовъ и паровъ, если только при этомъ ихъ температура остается постоянною.

Предположимъ, что цилиндръ раздѣленъ по длинѣ на произвольное число равныхъ частей, напр. на 20, а давленіе рабочаго пара пусть будетъ 50 фунт. Черт. 8. Раздѣливъ также діаметръ цилиндра на 10 равныхъ частей, примемъ каждую часть его соотвѣтствующею давленію въ 5 фунт. Теперь, если предположимъ, что впускъ пара въ цилиндръ будетъ прекращенъ, когда поршень пройдетъ только 5 дѣленій, то давленіе нара, постоянное во все это время, будетъ затѣмъ уменьшаться и дальнѣйшее движеніе поршня произойдетъ подъ давленіемъ меньшимъ, вслѣдствіе увеличенія объема первоначально впущеннаго пара. Давленіе пара для всякаго положенія поршня легко опредѣлить простымъ вычисленіемъ на основаніи закона расширенія газовъ. Такъ, давленіе пара, соотвѣтствующее положенію поршня у 7-го дѣленія хода его будетъ меньше давленія того же количества пара, когда онъ занималъ только 5 частей цилиндра, и во столько разъ, во сколько прежній объемъ 5 частей меньше 7, т. е. $\frac{50\times5}{7}=35{,}5$ фунта или же въ ча-

Черт. 8.



стяхъ діаметра будетъ 7,7. Точно также найдемъ, что давленіе пара на половинѣ хода поршня, соотвѣтственное 10 дѣленію, будетъ $\frac{50\times5}{10}=25$ фунт., т. е. половина первоначальнаго давленія. На разстояніи трехъ четвертей хода поршня, т. е. у 15 дѣленіе, давленіе пара будетъ $\frac{50\times5}{15}=16,6$ фунт., а въ концѣ хода поршня — $\frac{50\times5}{20}=12,5$ фунта.

Опредѣливъ такимъ образомъ давленіе пара, соотвѣтствующее разнымъ положеніямъ поршня, и отложивъ эти давленія въ частяхъ діаметра на вертикальныхъ линіяхъ, проведенныхъ чрезъ тѣ же дѣленія, получимъ рядъ точекъ *a*, *в*, *с*. Кривая, соединяющая всѣ эти точки, выражаетъ уменьшеніе работы при отсѣчкѣ пара на $^1/_4$ хода поршня. Проведя горизонтальныя прямыя чрезъ послѣдовательныя точки дѣленія діаметра цилиндра и сосчитавъ квадратики, найдемъ, что число ихъ до отсѣчки пара будетъ 50, а послѣ отсѣчки, вправо отъ 5-го дѣленія—69. Такъ какъ эти квадратики представляютъ произведенную работу, то изъ этого слѣдуетъ, что величина работы, представленная чрезъ 50 квадратиковъ, получается при расходѣ пара равномъ $^1/_4$ объема цилиндра, между тѣмъ какъ величина работы, представленная 69 квадр., получается безъ малѣйшаго расхода пара; она происходитъ единственно только отъ расширенія объема первоначально впущеннаго въ цилиндръ пара до объема въ 4 раза большаго.

Если бы впускъ пара былъ во все время хода поршня, т. е. если бы первоначальное давленіе оставалось постояннымъ, то работа пара за время одного хода выразилась бы 200 квадратиковъ. Въ настоящемъ же случаѣ при наполненіи лишь $^1/_4$ цилиндра работа пара выражается 119 квадр., т. е. почти въ 2 раза меньше, но за то и расходъ

пара въ 4 раза меньше. Расходуя же прежнее количество пара на 4 хода, получимъ всю работу 119×4=476, т. е. болѣе чѣмъ въ 2 раза. Отсюда слѣдуетъ, что при расширеніи пара въ 4 раза, работа даннаго количества пара болѣе чѣмъ удваивается, между тѣмъ работа каждаго хода поршня уменьшается почти вдвое.

Такимъ образомъ при дѣйствіи машины съ расширеніемъ происходитъ значительное сбереженіе пара, а слѣдовательно и топлива, но въ то же время уменьшается сила машины. А потому, для произведенія той же работы и достиженія выгоды на практикѣ употребленіемъ отсѣчки, необходимо размѣры цилиндра или скорость поршня увеличить въ зависимости отъ степени расширенія, и тогда та же работа будетъ производиться меньшимъ количествомъ пара.

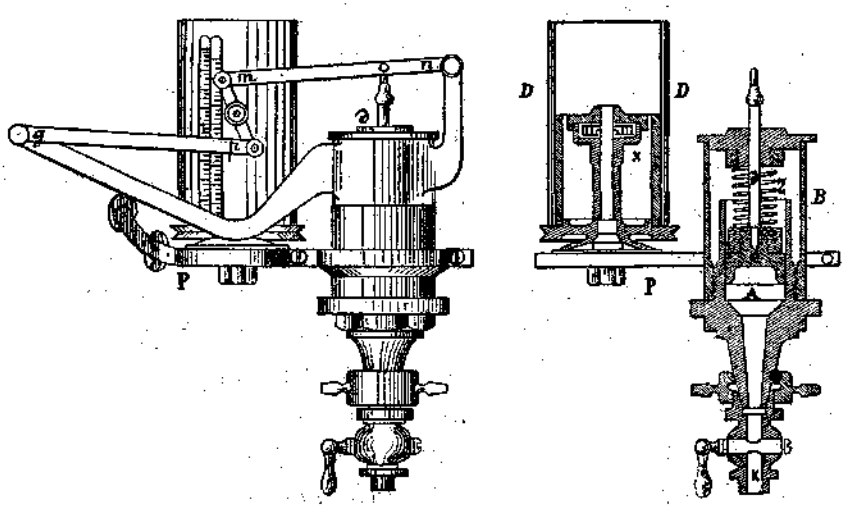
Выгода, происходящая отъ расширенія пара, тѣмъ больше, чѣмъ меньше наполненіе цилиндра. Если опредѣленное количество пара, работа котораго при полномъ его давленіи во все время хода поршня принята за 1, будетъ впущенно въ такой величины цилиндръ, который этимъ количествомъ будетъ наполняться только до половины, то дѣйствіе его вслѣдствіе расширенія увеличится до 1,69; если впускъ пара будетъ прекращенъ на трети хода поршня, то оно будетъ 2,10: если на четверти, то 2,39; на пятой—2,61; на шестой—2,79; на одной седьмой—2.95 и, наконецъ, если предположить, что впускъ пара въ цилиндръ будетъ прекращенъ на $^1/_8$ части хода поршня, то дѣйствіе его увеличится на 3.08 раза. Однако же такое значительное расширеніе (до $^1/_8$) можно достигнуть съ выгодою только при очень высокомъ давленіи пара въ котлѣ: въ противномъ случаѣ пришлось бы дать цилиндру слишкомъ значительные размѣры или поршню слишкомъ большую скорость, что въ свою очередь увеличило бы чрезмѣрно сопротивленіе самой машины.

Индикаторъ.

Для опредѣленія дѣйствительной работы машины, дѣйствующей съ расширеніемъ, необходимо знать *среднее давленіе* пара въ цилиндрѣ за все время хода поршня, т. е. такое давленіе, которое, дѣйствуя неизмѣнно то же время, произвело бы ту же работу. Зная первоначальное давленіе во время впуска пара въ цилиндръ и степень отсѣчки его, можно простымъ вычисленіемъ опредѣлить окончательное давленіе и всякое промежуточное между первоначальнымъ и окончательнымъ. Составивъ таблицу этихъ давленій и взявъ среднее, можно опредѣлить дѣйствіе пара съ достаточною точностью для всякой степени расширенія.

Болѣе точное опредѣленіе дѣйствительной силы машины достигается помощью *индикатора*. Самый употребительный индикаторъ Ричардса представленъ на черт. 9 и 10 въ бо-

Черт. 9 и 10.



ковомъ видѣ и вертикальномъ сѣченіи. Онъ состоитъ изъ главнаго цилиндра A, расположеннаго внутри другого цилиндра B; поршенекъ *c*, хорошо притертый, можетъ свободно двигаться вверхъ и внизъ; *d* стержень поршенька и S спиральная стальная пружина, соединяющая поршенекъ съ крышкою цилиндра B. Поршенекъ *c*, двигаясь вверхъ отъ давленія пара въ цилиндрѣ A, сдавливаетъ эту пружину; когда же онъ вслѣдствіе пустоты въ цилиндрѣ опускается внизъ, то пружина приходитъ въ первоначальное положеніе. Посредствомъ крана K индикаторъ утверждается на крышкѣ пароваго цилиндра и можетъ сообщаться съ внутренностью послѣдняго. Такимъ образомъ, если открыть кранъ K, то поршенекъ *c* получитъ движеніе вверхъ въ томъ случаѣ, когда пространство за поршнемъ сообщено съ котломъ, и внизъ, когда это пространство сообщено съ атмосферой или холодильникомъ, при чемъ высота поднятія поршенька зависитъ отъ давленія пара въ цилиндрѣ и упругости пружины S.

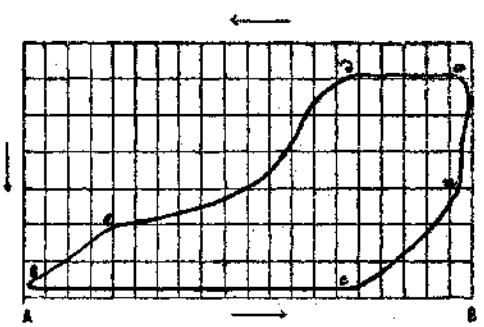
Съ лѣвой стороны цилиндра индикатора находится вращающійся барабанъ D, на который навертывается кусокъ бумаги, удерживаемой на немъ посредствомъ тонкой мѣдной пластинки съ дѣленіями. Этотъ барабанъ стоитъ на особой платформѣ P, прикрѣпленной къ цилиндру индикатора и внутри его находится часовая пружина *x*, прикрѣпленная однимъ концомъ къ подвижному барабану, а другимъ къ вертикальному стержню, укрѣпленному на неподвижной платформѣ. На нижней части барабана находится шкивъ, къ которому прикрѣпленъ снурокъ, обвертывающійся одинъ разъ вокругъ него. Свободный конецъ снурка прикрѣпляется къ какой нибудь точкѣ подвижной части машины такимъ образомъ, что при ходѣ поршня въ одну сторону, снурокъ поворачиваетъ барабанъ въ ту же сторону; при обратномъ ходѣ поршня снурокъ постепенно отпускается и барабанъ

подъ дѣйствіемъ находящейся въ немъ пружины будетъ возвращаться въ первоначальное положеніе.

Поршневой стержень *д* соединенъ помощью шарнира съ рычагомъ *тп*, который въ свою очередь посредствомъ тяги *тр* соединенъ съ другимъ такимъ же рычагомъ *др*. Посрединѣ тяги имѣется оправа *о* для укрѣпленія карандаша. Благодаря такому устройству, при всякомъ положеніи рычаговъ карандашъ находится на одной и той же вертикальной линіи. Если бы барабанъ D не имѣлъ вращательнаго движенія, то карандашъ, водимый поршнемъ прибора вверхъ и внизъ, чертилъ бы на бумагѣ барабана вертикальную прямую; но при вращеніи барабана въ ту и другую сторону, съ каждымъ оборотомъ машины, и при одновременномъ движеніи поршенька *с* вверхъ и внизъ, карандашъ чертитъ на бумагѣ сомкнутую кривую, называемую *индикаторною діаграммою*.

На черт. 11 представлена индикаторная діаграмма, снятая съ машины высокаго давленія. Волнистая линія *adevcn* изображаетъ кривую, описанную карандашемъ индикатора. Линія А В называется *атмосферною линіею* и чертится такимъ образомъ, что прежде нежели снимать діаграмму, не открывая крана К, даютъ барабану 2—3 оборота, прислонивъ къ бумагѣ, укрѣпленной на немъ, конецъ карандаша. Эту прямую дѣлятъ на произвольное число равныхъ частей и чрезъ точки дѣленія проводятъ вертикальныя прямыя, которыя и будутъ представлять высоты діаграммы или давленіе пара въ разныхъ частяхъ хода поршня. Изъ діаграммы

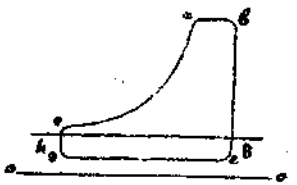
Черт. 11.



усматривается, что давленіе пара въ началѣ хода поршня наибольшее и остается почти одинаковымъ впродолженіи (*ad*) всего впуска на 1/4 хода поршня; затѣмъ послѣ отсѣчки пара давленіе начинаетъ падать вслѣдствіе расширенія впущеннаго пара. То же самое продолжается и въ концѣ хода поршня (*eв*), когда паръ начинаетъ выходить въ атмосферу. При обратномъ движеніи поршня (*вс*) давленіе отработаннаго пара остается постояннымъ и потому карандашъ чертитъ горизонтальную прямую. Закругленіе нижняго праваго угла (*cn*) діаграммы показываетъ, что происходитъ сжатіе отработаннаго пара—вслѣдствіе того, что золотникъ закрылъ ему выходъ раньше, нежели поршень дошелъ до конца своего хода.

Въ разсматриваемомъ случаѣ вся діаграмма находится сверху атмосферной линіи; въ машинахъ же съ охлажденіемъ часть діаграммы будетъ сверху, а часть—снизу этой линіи, черт. 12, такъ какъ при охлажденіи отработаннаго пара давленіе его меньше атмосфернаго и составляетъ всего 0,1, т. е. около $1^1/_2$ фунт., между тѣмъ какъ давленіе отработаннаго пара при выпускѣ его въ атмосферу=1,2 или 18 фунт.

Черт. 12.



Обыкновенно площадь поршенька *c* индикаторнаго цилиндра равна 1 квадр. сантиметру, а пружины S, приложенныя къ индикатору, имѣютъ отмѣтки, указывающія, на какую величину въ миллиметрахъ они сжимаются при давленіи пара въ 1 килогр. на 1 кв. сант. площади поршенька. Если на пружинѣ, вложенной въ цилиндръ индикатора, обозначено 8 мм.=1 килограмму, то это значитъ, что при давленіи пара въ 1 килогр., т. е. въ 1 атмосферу, на площадь поршенька индикатора въ 1 кв. сант., пружина сжимаетъ на 8 мм. Опредѣливъ непосредственнымъ измѣреніемъ какой

либо перпендикуляръ діаграммы въ миллиметрахъ и раздѣливъ это число на 8, получимъ соотвѣтственное этому положенію давленіе въ килогр. или атмосферахъ на квадр. сантиметръ поршня.

Для опредѣленія средняго давленія пара за все время хода поршня необходимо взять полусумму величинъ крайнихъ перпендикуляровъ, выраженныхъ въ мм. (ограниченныхъ очертаніями діаграммы) и, сложивъ съ суммою величинъ всѣхъ промежуточныхъ перпендикуляровъ, всю сумму раздѣлить на число дѣленій. Для облегченія непосредственнаго измѣренія величинъ перпендикуляровъ при индикаторахъ имѣются особые масштабы.

Положимъ, что средняя величина перпендикуляра, опредѣленная такимъ образомъ, будетъ 24 мм. Если отъ давленія въ одну атмосферу на поршень индикатора пружина сжимается на 8 мм., то въ томъ случаѣ, когда пружина индикатора сжалась на 24 мм., на поршень индикатора дѣйствовали $^{24}/_{8}=3$ атмосф. или 3 килогр. Такое же среднее давленіе дѣйствуетъ и на каждый квадратный сантимеръ поршня испытуемой машины.

Для опредѣленія *индикаторной* силы машины, т. е. силы, проявляемой машиною безъ вычета ея вредныхъ сопротивленій, какъ то: поршня, штока, эксцентрика, золотника и кривошипа, необходимо площадь поршня (въ квадр. сантим.) данной машины умножить на скорость поршня (въ метрахъ) и на среднее давленіе пара въ килограммахъ и все это произведеніе раздѣлить на 75 килограммъ-метровъ.

Для опредѣленія силы машины, проявляемой ею на коренномъ валу или, какъ говорятъ, *эффективной* силы машины, необходимо полученную индикаторную силу умножить на нѣкоторый коэфиціентъ, который колеблется отъ 0,80 до 0,92 въ зависимости отъ размѣра машины и большаго или меньшаго напряженія ея.

Исторія паровой машины.

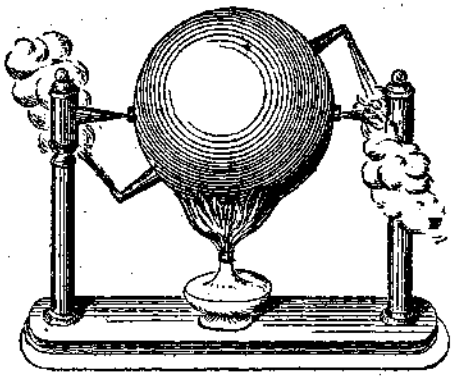
Изобрѣтеніе паровой машины, равно какъ и книгопечатаніе, является однимъ изъ величайшихъ двигателей образованія человѣка, такъ какъ съ примѣненіемъ паровой машины къ дѣлу началось громадное развитіе промышленности, торговли и взаимныхъ сношеній. Такое развитіе могло имѣть мѣсто только при употребленіи большей силы, чѣмъ сила человѣка или животнаго, т. е. силы водяного пара, которая примѣнена нынѣ не только для исполненія грубыхъ работъ, требующихъ большихъ усилій, но также и въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ необходима большая точность.

Временемъ изобрѣтенія паровой машины можно считать 18-е столѣтіе, но сила пара была извѣстна человѣку гораздо раньше. Такъ, первый человѣкъ, который поставилъ горшокъ съ водою на огонь и варилъ ее, необходимо долженъ былъ замѣтить поднимавшійся паръ. Поэтому паръ не нуждался въ особомъ изобрѣтателѣ, а только лишь въ примѣненіи его къ дѣлу. Первое примѣненіе силы пара приписываютъ древнѣйшему ученому, жившему почти за 3 столѣтія до Р. Х.—Архимеду. Его изобрѣтеніе—это нѣчто въ родѣ нашего теперешняго ружья и состояло изъ короткой металлической трубки, въ которую наливалась вода; трубку нагрѣвали, вода превращалась въ паръ и далеко выталкивала ядро, которое помѣщалось въ открытомъ концѣ трубки. Но изобрѣтеніе это, кажется, не имѣло практическаго примѣненія ни во времена Архимеда, ни послѣ него. Послѣдующіе затѣмъ ученые продолжали изощряться въ разныхъ изобрѣтеніяхъ, которымъ приписывали большое значеніе, хотя таковыя не имѣли вовсе практическаго примѣненія. Между прочимъ Геронъ Александрійскій, жившій немного болѣе чѣмъ за 100 лѣтъ до Р. Х., сообщаетъ о различныхъ приборахъ, служившихъ для передвиженія предметовъ помощью пара;

но всѣ эти приборы имѣли характеръ игрушекъ безъ всякаго практическаго примѣненія, изъ чего можно заключить, что древніе не знали свойствъ пара и принимали его за родъ воздуха, образовавшагося изъ воды при дѣйствіи огня.

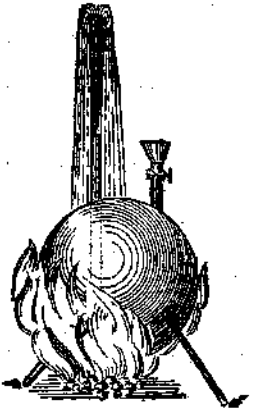
Героновъ шаръ или такъ называемый «Эолипилъ», черт. 13, представляетъ собою шаръ, полый внутри, имѣющій 2 трубки съ загнутыми концами; этотъ шаръ укрѣпленъ свободно на горизонтальной оси. Если его наполнить немного водою, а затѣмъ подогрѣвать на лампѣ, то вода, обращаясь въ паръ, выходитъ чрезъ трубки съ большимъ шумомъ, а самый шаръ вращается около оси. Шаръ Эола сохранился до 17 вѣка и былъ всегда любимою игрушкою ученыхъ.

Черт. 13.



Другой приборъ состоялъ также изъ полаго шара, въ который вливалась вода черезъ особую трубку съ краномъ: другая же трубка была опущена въ шаръ и доходила почти до его дна. Черт. 14. Если воду въ шарѣ нагрѣть до кипѣнія, то давленіемъ паровъ вода возгонялась по трубкѣ и такимъ образомъ могла быть переливаема снизу вверхъ. Изобрѣтатель слишкомъ настаивалъ на практичности своего прибора; его сочли помѣшаннымъ и засадили въ домъ умалишенныхъ, гдѣ онъ и умеръ, не убѣдивъ почти никого въ правотѣ своего дѣла.

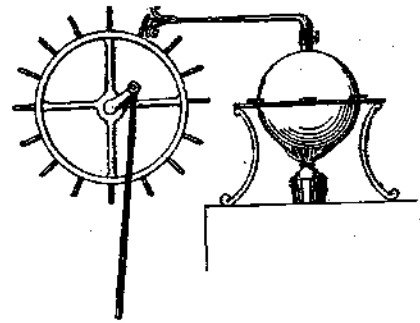
Черт. 14.



Не лишнимъ будетъ замѣтить еще слѣдующую машину, представленную на черт. 15. Въ шарѣ,

наполненномъ до извѣстной высоты водою и поставленномъ на огнѣ, образовался паръ. Затѣмъ при помощи трубки съ краномъ паръ выпускался на лопатки колеса, которое посредствомъ кривошипа и шатуна производило механическую работу. Но подобная машина расходовала, конечно, больше топлива, чѣмъ производила полезной работы (такъ какъ въ ней главною мыслью было обращеніе воды въ воздухъ), и потому осталась безъ всякаго успѣха.

Черт. 15.

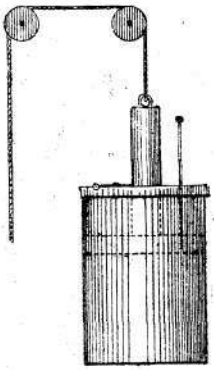


Послѣ этихъ древнихъ попытокъ мы долго не встрѣчаемъ въ исторіи указаній на какое нибудь примѣненіе силы пара. Можетъ быть объ этихъ опытахъ забыли; вѣроятнѣе предположить, что извѣстія этого рода затерялись и не дошли до насъ. И такъ впродолженіе 20 столѣтій примѣненіе силы пара оставалось безъ практическаго рѣшенія, Причиною тому было отсутствіе естествознанія, а слѣдовательно обстоятельнаго изслѣдованія силы пара и его свойствъ.

Началомъ развитія естественныхъ наукъ были конецъ 16 и первая половина 17 вѣка, а именно то время, когда обнаружена была тяжесть атмосфернаго воздуха. Для опыта съ этою цѣлью были взяты между прочимъ два большихъ мѣдныхъ полушарія, полыхъ внутри, края которыхъ плотно прикасались между собою. Если выкачать изъ нихъ воздухъ помощью особаго насоса, то давленіе атмосферы такъ сильно прижимаетъ ихъ другъ къ другу, что 16 лошадей, припряженныхъ по 8 къ каждому полушарію, не были въ состояніи отдѣлить ихъ одно отъ другого Изъ многихъ другихъ опытовъ—замѣчательнѣе всего опытъ съ цилиндромъ набженнымъ поршнемъ, черт. 16. Выкачавъ изъ него воздухъ

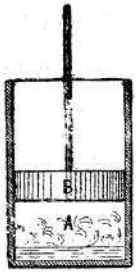
и привязавъ къ поршню веревку, поднято было такимъ образомъ 20 человѣкъ. Послѣ такого изумительнаго опыта дѣйствія атмосфернаго воздуха, стремленія ученыхъ были направлены къ тому, чтобы образовать пустоту болѣе простымъ и дешевымъ способомъ, нежели воздушнымъ насосомъ, при которомъ расходовалось больше усилія, чѣмъ возвращалось впослѣдствіи. Но всѣ эти опыты оставались безуспѣшны до тѣхъ поръ, пока Папинъ не примѣнилъ для этой цѣли *конденсаціи* или охлажденія пара.

Черт. 16.



Основаніе машины Папина можно видѣть на прилагаемомъ черт. 17. Въ цилиндрѣ А налито немного воды, а надъ нею помѣщается плотно входящій поршень В; если подогрѣвать дно цилиндра лампою, то вода обращается въ паръ, который давитъ на поршень и поднимаетъ его. Когда поршень дойдетъ до верха цилиндра, отнимемъ лампу; тогда паръ, охлаждаясь, обращается въ воду, образуется почти пустое пространство и поршень отъ давленія атмосферы опускается Такимъ образомъ, поддерживая и уничтожая огонь подъ цилиндромъ, можно заставить поршень двигаться вверхъ и внизъ. Примѣненіе своей машины Папинъ дѣлалъ не только для дѣйствія фонтановъ, но также для движенія большой лодки, которая къ несчастью встрѣчена была враждебно моряками парусныхъ судовъ и уничтожена вмѣстѣ съ машиною до основанія.

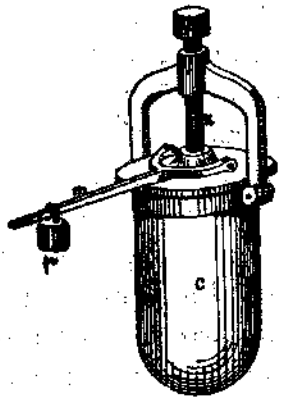
Черт. 17.



Одновременно съ устройствомъ особаго котла для приготовленія пара, упругости больше чѣмъ давленіе атмосферы, Папинъ изобрѣлъ предохранительный клапанъ, который при извѣстномъ давленіи пара внутри котла поднимается и даетъ выходъ пару; иначе, безъ этой предосторожности, при нагрѣ-

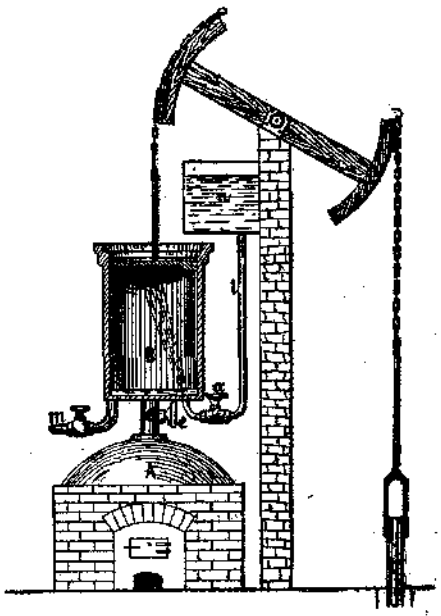
ваніи воды въ котлѣ, паръ, наконецъ, получитъ такую упругость, что разорветъ котелъ. На черт. 18 представленъ Папиновъ котелъ цилиндрической формы съ полушаровымъ днищемъ, закрываемый сверху плотно крышкою помощью скобы и винта *к*. Въ крышкѣ имѣется отверстіе, закрываемое рычагомъ *m*, на которомъ подвѣшанъ грузъ *p*. Чѣмъ дальше находится грузъ, тѣмъ больше давленіе рычага и большей упругости достигаетъ паръ.

Черт. 18.



Улучшеніе машины Папина сдѣлано было потомъ Ньюкоменомъ, который производилъ охлажденіе пара въ самомъ цилиндрѣ, впрыскиваніемъ въ него воды, а не обливаніемъ его снаружи. Машина Ньюкомена представлена на черт. 19. Въ котлѣ А образуется паръ, который по трубкѣ *e* проходитъ въ цилиндръ В и поднимаетъ поршень; когда поршень доходитъ до верха, запираютъ кранъ *e*, открываютъ *a* и чрезъ трубку *i* вбрызгиваютъ въ цилиндръ изъ резервуара *n* струю холодной воды, которая конденсируетъ паръ; внутри цилиндра дѣлается пустота и поршень опускается отъ давленія атмосферы. Вода, образующаяся отъ конденсаціи пара и вбрызнутая изъ резервуара *n*, вы-

Черт. 19.



пускается посредствомъ трубки *m*. Такимъ образомъ, открывая и закрывая краны *e*, *a*, *m*, можно заставить поршень двигаться вверхъ и внизъ. Поршень имѣетъ стержень, который помощью цѣпи соединенъ съ коромысломъ, имѣющимъ точку опоры въ срединѣ. На другомъ концѣ коромысла также виситъ цѣпь, а къ ней прикрѣпленъ стержень насоса, который выкачиваетъ воду изъ каменноугольныхъ копей. При поднятіи поршня въ цилиндрѣ, правый конецъ коромысла опускается и поршень насоса также опускается; при опусканіи поршня въ цилиндрѣ, поршень поднимается.

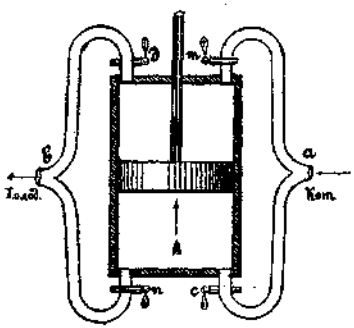
Какъ ни велики заслуги этихъ людей, надо однако сознаться, что машины ихъ, потребляя громадное количество топлива, производили слишкомъ мало полезной работы; употреблялись онѣ исключительно только для выкачиванія воды изъ копей и, наконецъ, машины эти были скорѣе *атмосферическія*, чѣмъ паровыя, такъ какъ поршень только вверхъ двигался силою пара, а внизъ давленіемъ воздуха. Устраненіе этихъ недостатковъ, а равно дальнѣйшее усовершенствованіе паровой машины было сдѣлано Джемсомъ Уаттомъ. Вмѣсто того, чтобы впускать подъ поршень холодную воду и охлаждать въ то же время стѣнки цилиндра, Уаттъ устроилъ особый резервуаръ (*конденсаторъ*), въ которомъ находилась холодная вода и который соединялся съ цилиндромъ всякій разъ, когда поршень былъ поднятъ. Паръ проходилъ изъ цилиндра въ этотъ резервуаръ, охлаждался тамъ и почти весь обращался въ воду, вслѣдствіе чего пространство подъ поршнемъ становилось, если не совсѣмъ пустымъ, то по крайней мѣрѣ въ немъ помѣщался паръ съ очень небольшою упругостью—и поршень опускался отъ давленія атмосферы.

Кромѣ того Уаттъ закрылъ верхній конецъ цилиндра обыкновенно открытый, посредствомъ крышки съ отверстіемъ для прохода поршневаго стержня и устроилъ паровую ма-

шину двойного дѣйствія, т. е. такую, въ которой паръ дѣйствовалъ поперемѣнно то на верхнюю, то на нижнюю сторону поршня. Когда паръ входитъ, положимъ, подъ поршень, то верхняя часть сообщается съ холодильникомъ, и поршень поднимается; затѣмъ наоборотъ, паръ начинаетъ давить сверху, а нижняя часть соединяется съ холодильникомъ. Впрочемъ, отработавшій паръ не всегда охлаждался, а выпускали его также изъ цилиндра наружу—въ воздухъ, въ этомъ случаѣ упругость пара въ котлѣ должна быть значительно болѣе атмосфернаго давленія.

Дѣйствіе машины Уатта уясняется на черт. 20. Цилиндръ А, закрытый сверху и снизу, имѣетъ трубки *а* и *в*, изъ которыхъ первая соединена съ котломъ, въ которомъ образуется паръ, а вторая съ холодильникомъ; если краны *с* и *д* открыты, а *т* и *п* закрыты, то паръ пойдетъ изъ котла внизъ цилиндра и подниметъ поршень; находившійся же надъ поршнемъ воздухъ выйдетъ чрезъ кранъ *д* и трубку *в*. Когда поршень дойдетъ до верха, закрываютъ краны *с* и *д*, а открываютъ *т* и *п*, тогда паръ изъ котла будетъ давить на верхнюю сторону поршня, а находящійся подъ поршнемъ паръ, чрезъ кранъ *п* и трубку *в*, пройдетъ въ холодильникъ, гдѣ обратится въ воду. Затѣмъ закрываютъ опять краны *т* и *п*, а открываютъ *с* и *д*; свѣжій паръ входитъ въ цилиндръ снизу, а изъ верхней части отработавшій паръ выходитъ въ холодильникъ и т. д.

Черт. 20.



Такъ какъ постоянное открываніе и закрываніе кранов для впуска пара въ цилиндръ и выпуска оттуда весьма неудобно, то Уаттъ замѣнилъ краны особымъ золотникомъ, посредствомъ котораго сообщалъ съ паровымъ котломъ по-

перемѣнно то верхнюю, то нижнюю часть цилиндра, при чемъ этотъ золотникъ приводился въ движеніе самою машиною. Кромѣ того, для преобразованія промолинейнаго движенія поршня во вращательное движеніе вала, Уаттъ устроилъ кривошипъ, шатунъ, маховое колесо и еще множество другихъ усовершенствованій болѣе мелкихъ, которыя однако въ своей совокупности создали такую машину, которая могла употребляться не только для грубой работы въ каменноугольныхъ копяхъ, а для какого угодно производства.

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ.

Паровыми котлами называются металлическіе сосуды, въ которыхъ вода нагрѣвается и обращается въ паръ. Ясно, что эти сосуды не должны пропускать ни пара, ни воды, т. е. должны быть совершенно плотны въ соединеніяхъ. Смотря по упругости приготовляемаго въ нихъ пара, котлы различаютъ: 1) *низкаго давленія* отъ $1^1/_4$ до $1^1/_2$ атмосферы, 2) *средняго давленія* при упругости пара отъ $1^1/_2$ до 3 атмосферъ и 3) *высокаго давленія* отъ 3 до 5 (обыкновенно около 4 въ постоянныхъ котлахъ) и отъ 5 до 14 въ переносныхъ машинахъ (локомобиляхъ, паровозахъ).

Главныя условія, которымъ должны удовлетворять паровые котлы, суть слѣдующія: 1) быть прочны и безопасны, 2) при возможно меньшемъ расходѣ топлива производить въ извѣстное время требуемое количество пара данной упругости и 3) быть возможно дешевле. Очевидно, что удовлетвореніе этихъ условій зависитъ отъ 1) рода матеріала, 2) формы и объема котла, 3) величины поверхности нагрѣва, 4) толщины стѣнокъ и 5) отъ пріемовъ его выдѣлки. При устройствѣ котловъ постоянныхъ машинъ незачѣмъ стѣсняться размѣрами; лишь бы прочія условія были выполнены; между тѣмъ въ пароходныхъ котлахъ уменьшеніе объема болѣе необходимо, а паровозные и локомобильные котлы должны быть еще менѣе громоздки и возможно большей паропроизводительности.

Матеріаломъ для котловъ употребляется главнымъ образомъ желѣзо, которое по своей прочности, дешевизнѣ, теплопроводности и легкости въ отдѣлкѣ предпочитается всѣмъ

прочимъ матеріаламъ; только въ паровозныхъ котлахъ, въ мѣстахъ непосредственно подверженныхъ дѣйствію пламени, употребляется красная мѣдь, такъ какъ желѣзо отъ дѣйствія на него огня скоро перегораетъ. Въ началѣ появленія паровыхъ машинъ употреблялись чугунные котлы, но только для машинъ самаго низкаго давленія, такъ какъ вслѣдствіе малой прочности чугуна, стѣнкамъ котла необходимо нужно было бы придавать большую толщину, что затрудняло бы передачу теплоты и увеличило бы вѣсъ. Въ виду возможности опасныхъ взрывовъ чугунныхъ котловъ, нынѣ они запрещены въ Россіи закономъ. Въ сочиненіи Карелина, о русскихъ паровыхъ машинахъ, упоминается даже о деревянныхъ котлахъ, скрѣпленныхъ въ мѣстахъ, подверженныхъ пламени, накладкою желѣзныхъ листовъ.

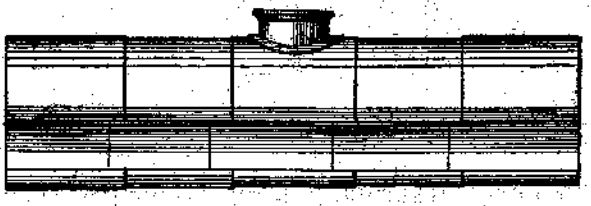
Паровой котелъ долженъ оказывать возможно большее сопротивленіе относительно силъ, дѣйствующихъ на него, какъ-то: собственнаго вѣса, вѣса воды, заключающейся въ немъ и давленія пара, почему выгоднѣйшая его форма въ такомъ случаѣ была бы шаровая; но вслѣдствіе затруднительности выдѣлки, недостаточности помѣщенія для пара и большаго расхода топлива, при дѣйствіи пламени на выпуклую поверхность, эта форма рѣдко употребляется. Для большихъ котловъ лучшая форма будетъ цилиндрическая съ плоскими или выпуклыми днищами. Здѣсь выдѣлка не представитъ никакого затрудненія, такъ какъ всѣ листы будутъ имѣть одинаковую выпуклость и то по одному только направленію оси котла.

Котелъ Уатта.

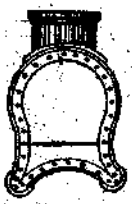
Это котелъ низкаго давленія (около $1^1/_4$ атмосферы) имѣетъ горизонтальное положеніе и топку отдѣльно отъ самаго котла. Основная форма его изображена на черт. 21 и 22;

въ практикѣ же употребляются и другія видоизмѣненія. Этимъ котламъ придана форма, соотвѣтствующая наибольшей и выгоднѣйшей поверхности нагрѣва. Форма эта похожа на горизонтальный ящикъ съ вогнутыми боковыми и нижнею

Черт. 21.



Черт. 22.



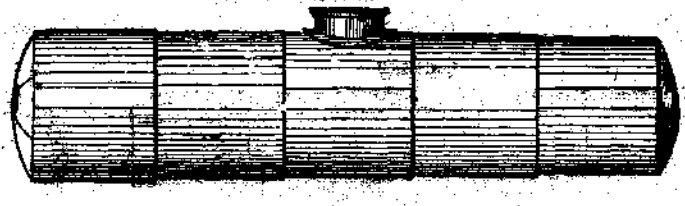
стѣнками и закругленными ребрами. Вогнутыя стѣнки дѣлаются для удобнѣйшаго проведенія внутрь тепла; верхняя же стѣнка выпукла въ формѣ полуцилиндра для увеличенія помѣщенія для пара. Иногда въ котлахъ Уатта располагаются внутри одна или двѣ четырехъ-угольныя или круглыя трубы, называемыя дымовыми ходами. Высота дымовыхъ ходовъ обыкновенно дѣлается въ 18 дюймовъ, а разстояніе между ними, если ихъ двѣ, въ 4 дюйма. Котлы Уатта по своей формѣ слабо сопротивляются давленію, почему устраиваютъ въ нихъ поперечныя желѣзныя скрѣпленія. Форма Уаттова котла приспособлена къ наибольшему паропроизводству, потому что дымовые ходы достаточно длинны и пламя дѣйствуетъ на вогнутую поверхность.

Цилиндрическіе горизонтальные котлы.

Эти котлы бываютъ средняго и высокаго давленія, имѣютъ форму цилиндра съ выпуклыми днищами и склепаны изъ коническихъ звеньевъ. Горизонтальные швы звеньевъ должны быть расположены въ перевязку, какъ показано на черт. 23. Такое расположеніе сдѣлано для большей прочности въ отношеніи разрыва, который совпадаетъ съ на-

правленіемъ длины цилиндра. При установкѣ котла необходимо наблюдать, чтобы дымъ не встрѣчалъ на своемъ пути выступа листа, какъ это указываетъ стрѣлка внизу котла.

Черт. 23.

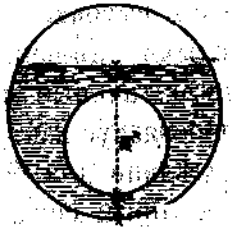


Выпуклыя днища склепываются изъ нѣсколькихъ треугольныхъ листовъ и центральнаго диска; болѣе же пологія днища—штампуются изъ одного куска желѣза. Высота днища равна $^1/_3$, $^1/_4$ діаметра котла и меньше.

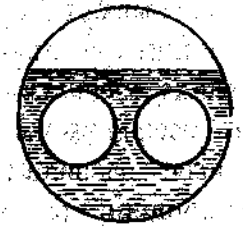
Котлы съ жаровыми трубами.

Эти котлы, называемые иначе корнуэльскими, имѣютъ видъ подобный предъидущему типу, но днища большаго размѣра и плоскія; внутри котла помѣщаются трубы діаметромъ 16—18 дюйм., сквозь которыя проходятъ продукты горѣнія. Такъ какъ воду въ этотъ котелъ нужно наливать по крайней мѣрѣ на 4 дюйма выше внутренней трубы, то для помѣщенія пара остается только верхняя часть котла, высотою $36''-(4''+18''+4'')=10''$, что слишкомъ недостаточно; черт. 24 и 25 представляютъ поперечные разрѣзы разсматриваемаго типа. Чтобы уменьшить высоту внутренней

Черт. 24.



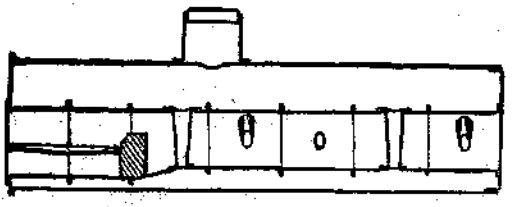
Черт. 25.



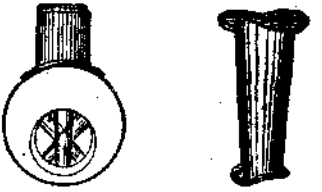
трубы, не уменьшая поверхности нагрѣва, давали трубѣ овальную форму; но такія трубы мало сопротивлялись наружному давленію. Котлы этой системы нельзя употреблять для пара столь высокаго давленія, какъ котелъ предъидущей системы, вслѣдствіе малой прочности внутренней трубы и нерѣдкихъ примѣровъ сплющиванія ея отъ давленія пара, несмотря на укрѣпленіе ея кольцами. Упругость пара въ этой системѣ не можетъ быть свыше 4—5 атмосферъ, каковые предѣлы для постоянныхъ машинъ нѣтъ цѣли превышать. Котлы эти имѣютъ большое практическое распространеніе, ибо вслѣдствіе сожиганія топлива внутри самаго котла и болѣе совершеннаго пользованія теплотою, они весьма экономичны.

Усовершенствованное видоизмѣненіе котла съ внутреннею трубою (системы Галловэй) представлено на черт. 26 и 27. Въ немъ внутри пламенной трубы помѣщены коническіе

Черт. 26 и 27.



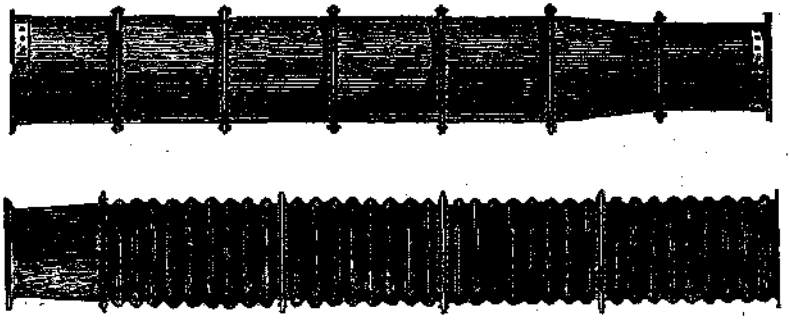
Черт. 28.



кипятильники, черт. 28, поперемѣнно подъ прямыми или тупыми углами одинъ къ другому. Этимъ устройствомъ достигается: 1) большее сопротивленіе сплющиванію, ибо кипятильники образуютъ родъ подпорокъ, 2) значительное увеличеніе нагрѣвательной поверхности и слѣдовательно силы котла, 3) энергическая циркуляція воды внутри котла и 4) лучшее дѣйствіе пламени и газовъ, вслѣдствіе раздробленія ихъ на отдѣльныя болѣе тонкія струйки. Кромѣ того, для большей прочности внутренней трубы и свободнаго удлиненія и сокращенія ея подъ вліяніемъ измѣненія въ температурѣ,

она изготовляется изъ короткихъ цилиндрическихъ сварныхъ звеньевъ, кромки которыхъ загибаются въ видѣ закраинъ (фланцевъ) и склепываются между собою при помощи прокладочнаго желѣзнаго кольца, черт. 29. Въ послѣднее время эти трубы дѣлаютъ преимущественно изъ волнистаго желѣза, черт. 30.

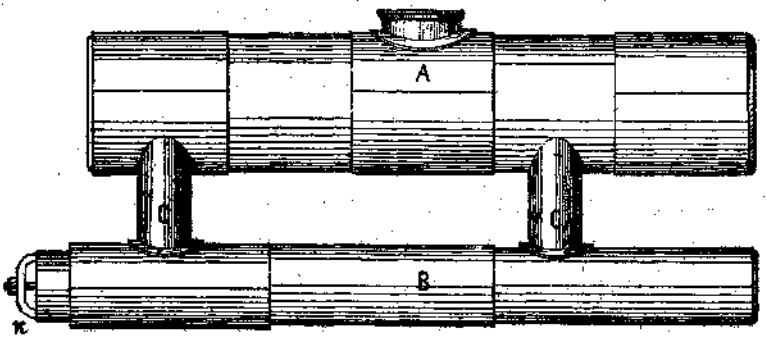
Черт. 29 и 30.



Котлы съ кипятильниками.

Они отличаются отъ простыхъ цилидрическихъ горизонтальныхъ котловъ тѣмъ, что не главный котелъ А подвергается дѣйствію пламени, а двѣ наклонныя трубки В, называемыя кипятильниками, имѣющія меньшій діаметръ, нежели котелъ, помѣщаемыя внизу его и соединяемыя съ нимъ посредствомъ двухъ подтрубковъ С, черт. 31. Здѣсь

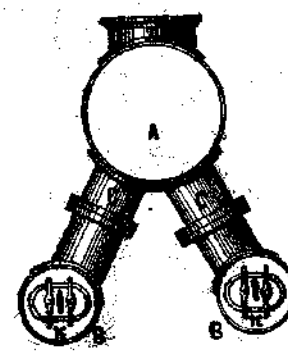
Черт. 31.



прогаръ можетъ случиться только въ кипятильникахъ, ремонтъ которыхъ проще и дешевле, нежели замѣна главнаго котла. Діаметръ кипятильниковъ дѣлается 1½ фут. и болѣе въ видахъ легкости очистки; діаметръ же подтрубковъ около 12 дюйм. Кипятильники располагаютъ съ уклономъ въ 0,01 къ топкѣ и снабжаютъ выступающіе изъ печи концы заслонками K для возможности очистки ихъ. Уклонъ кипятильниковъ необходимъ для правильной циркуляціи воды внутри котла; въ этомъ случаѣ наиболѣе горячая вода и паръ изъ кипятильника будутъ подниматься въ главный котелъ чрезъ подтрубокъ C^1, тогда какъ холодная вода изъ главнаго котла чрезъ задній подтрубокъ C будетъ поступать въ кипятильникъ. Чтобы уменьшить по возможности ослабленіе самого котла отверстіями для подтрубковъ, располагаютъ ихъ въ шахматномъ порядкѣ, т. е. подтрубки одного кипятильника не стоятъ противъ подрубковъ другого кипятильника.

Подтрубки дѣлаютъ иногда двойными, какъ это видно на поперечномъ разрѣзѣ, черт. 32, чтобы кипятильники можно было соединить съ котломъ уже по доставкѣ его на мѣсто. Это дѣлаютъ для удобства перевозки, но невыгодно въ отношеніи прочности подтрубковъ, такъ какъ при этомъ устройствѣ дѣлаютъ ихъ чугунными, въ видахъ болѣе легкой выдѣлки, и они скорѣе ломаются. Котлы эти могутъ быть употребляемы для образованія пара высокаго давленія; устройство ихъ проще котловъ съ внутреннимъ пламеннымъ ходомъ, но по причинѣ большой разности температуръ, которымъ подвергаются котелъ и кипятильникъ, удлиненіе ихъ по оси весьма различно и потому, во время

Черт. 32.

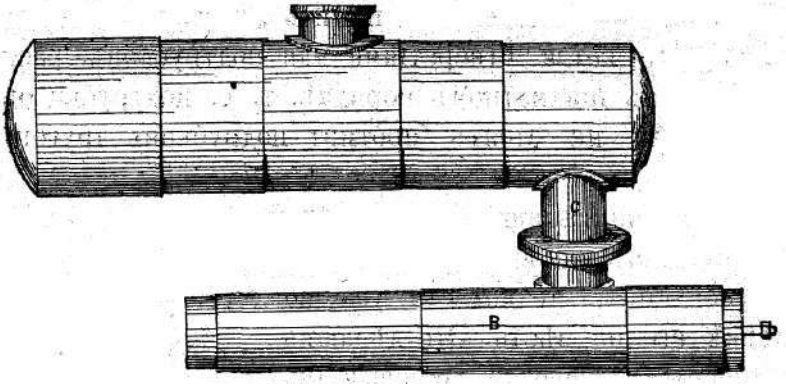


приготовленія пара, сопряженія подтрубковъ съ котломъ и кипятильниками подвергаются скалывающему дѣйствію и быстро разстраиваются.

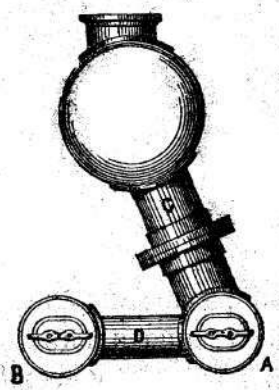
Котлы съ подогрѣвателями.

Они состоятъ изъ цилиндрическаго котла, соединеннаго съ двумя трубами, помѣщенными въ дымовыхъ ходахъ подъ котломъ. Вода впускается не въ самый котелъ, а въ трубу B и посредствомъ соединительной трубы D переходитъ въ трубу A и оттуда черезъ трубу C въ самый котелъ;

Черт. 33.



Черт. 34.



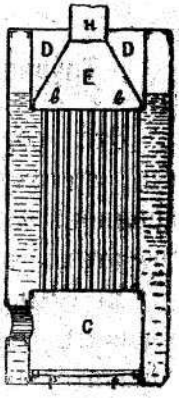
черт. 33 и 34. Вода, проходя черезъ трубы B и A, должна нѣсколько нагрѣваться теплотою продуктовъ горѣнія и тѣмъ расходъ на топливо нѣсколько уменьшается. Для свободной и правильной циркуляціи воды въ нагрѣвателяхъ и для предупрежденія застаиванія въ нихъ пара и воздуха, первому подогрѣвателю B даютъ уклонъ къ передней части, а второму A—къ задней части котла. Эти котлы могутъ быть доставлены на

мѣсто по частямъ, а затѣмъ производится сборка. Кромѣ того трубка C изъята отъ разрушительнаго вліянія усилій, дѣйствующихъ на подтрубки, такъ какъ она здѣсь одна.

Трубчатые котлы съ внѣшнимъ давленіемъ.

Трубчатые котлы бываютъ горизонтальные и вертикальные съ наружною и внутреннею топкою. На черт. 35 представленъ вертикальный трубчатый котелъ, состоящій изъ желѣзнаго цилиндрическаго корпуса, внизу котораго находится цилиндрическая же топка C съ круглою рѣшеткою *pp*. Потолокъ топки дѣлается толще прочихъ стѣнокъ; въ немъ просверлены отверстія, принимающія желѣзныя дымогарныя трубки. Вверху цилиндра имѣется дымовая коробка D, днище которой *вв* имѣетъ также отверстія, соотвѣтствующія отверстіямъ потолка топки. Въ эти отверстія вставляются, а затѣмъ укрѣпляются трубки, діаметромъ около 2 дюйм., которыя проводятъ горячіе газы изъ топки въ желѣзную трубу H, расположенную надъ дымовою коробкою. Пространство между топкою и стѣнками цилиндра, а равно между прогарными трубками и тѣми же стѣнками служитъ для помѣщенія воды, горизонтъ которой долженъ быть на такой высотѣ, чтобы оставалось достаточно мѣста для помѣщенія образующагося пара. Чтобы паръ не былъ въ соприкосновеніи съ горячими газами, труба устанавливается не прямо на верхнемъ коробѣ, а на коническомъ зонтѣ E, который внизу опирается на кромки днища *вв* и вверху съуживается до діаметра трубы.

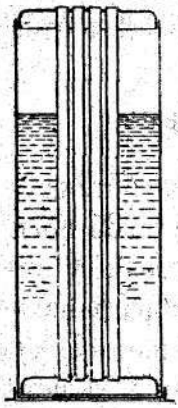
Черт. 35.



На черт. 36 представленъ трубчатый котелъ безъ внутренней топки, которая устраивается или въ чугунномъ

ящикѣ, выложенномъ внутри кирпичемъ, или же непосредственно въ каменномъ фундаментѣ. Число дымогарныхъ трубъ въ этихъ котлахъ бываетъ отъ 14 штукъ и больше. Для направленія горючихъ газовъ въ трубу сверху котла устанавливаютъ коническій зонтъ. Минимальный размѣръ такого 3-хъ сильнаго котла: діаметръ 2 ф. и высота $5^{1}/_{4}$ ф.

Черт. 36.



Вертикальные трубчатые котлы примѣняются въ тѣхъ случаяхъ, когда помѣщеніе для котла мало, а также при небольшихъ пароходахъ, локомобиляхъ и пожарныхъ насосахъ.

Трубчатые котлы съ внутреннимъ давленіемъ.

Эти котлы представляютъ собою вмѣсто большаго сосуда систему трубокъ малаго діаметра; нижнія изъ нихъ наполнены водою, а верхнія заключаютъ паръ. Преимущество этихъ котловъ заключается въ слѣдующемъ:

1) Большая прочность и энергическая паропроизводительность вслѣдствіе малаго діаметра трубъ, допускающихъ незначительную толщину стѣнокъ при соблюденіи прочности, и

2) Относительная безопасность ихъ отъ взрыва, такъ какъ вслѣдствіе малаго объема пара и воды внутри трубокъ котла, послѣдствія взрыва не могутъ быть столь ужасны, какъ это иногда имѣетъ мѣсто при большихъ котлахъ.

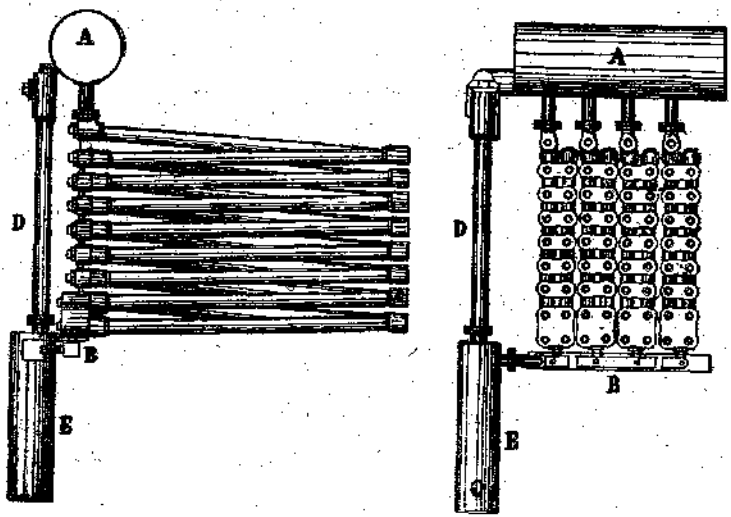
Съ другой стороны эти котлы весьма сложны по своему устройству, требуютъ весьма внимательнаго ухода за ними и чистой воды для питанія ихъ, вслѣдствіе затруднительности удаленія накипи изъ нихъ.

На черт. 37 и 38 представленъ котелъ системы Бельвиля, состоящій изъ 4-хъ отдѣльныхъ элементовъ, изъ коихъ

каждый образованъ изъ двойного ряда желѣзныхъ трубокъ съ внутреннимъ діаметромъ въ 100 мм. По концамъ каждыя 2 трубки соединяются между собою посредствомъ коробокъ изъ ковкаго чугуна или литой стали. Это соединеніе дѣлается помощью винтовой нарѣзки. Для чистки трубъ внутри имѣются крышки въ переднихъ концахъ.

Питаніе котла водою происходитъ въ верхній резервуаръ A (въ нижнюю его часть), гдѣ при дѣйствіи высокой температуры пара происходитъ полное выдѣленіе накипи и мутная вода по трубѣ D поступаетъ въ цилиндръ (коллекторъ) E, гдѣ и осаждается накипь, а очищенная вода чрезъ коробку B поступаетъ въ котелъ. Вслѣдствіе большей плот-

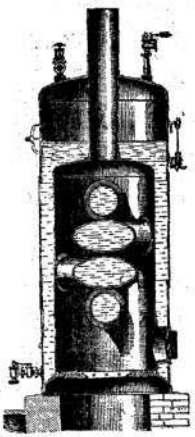
Черт. 37 и 38.



ности воды въ трубѣ D и цилиндрѣ E, нежели въ котлѣ, гдѣ она выполнена пузырьками пара, происходитъ надлежащая циркуляція воды. Обыкновенно только нижніе и средніе ряды трубъ наполнены водою, верхнія же заключаютъ паръ.

Вертикальный котелъ съ поперечными трубами.

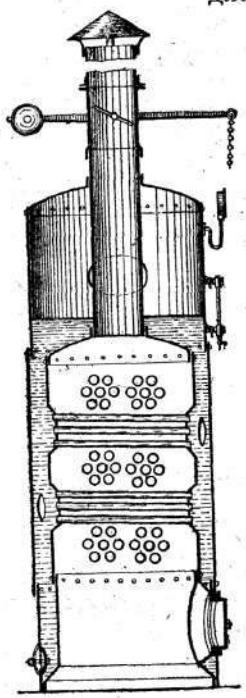
Черт. 39.



Вертикальные котлы устраиваютъ также безъ дымогарныхъ трубокъ, но при этомъ внутренняя топка ихъ дѣлается болѣе возвышенною черт. 39, и поперекъ ея проходятъ двѣ или больше открытыя желѣзныя трубы, въ которыхъ циркулируетъ вода. Діаметръ этихъ трубъ 6—8 дюйм. и дѣлаютъ ихъ цилиндрическими или слабо коническими.

Для очистки трубъ отъ накипи имѣются противъ нихъ въ наружномъ цилиндрическомъ корпусѣ котла особые люки. Эти котлы по своей компактности и простотѣ устройства и ухода за ними съ успѣхомъ примѣняются для водокачальныхъ машинъ.

Черт. 40.



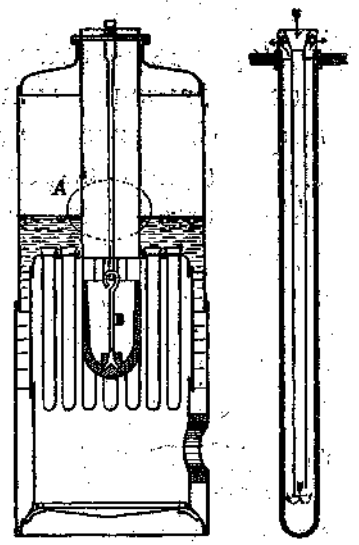
Взамѣнъ трубъ большого діаметра употребляютъ еще обыкновенныя дымогарныя трубки (2-хъ дюймовыя), располагая ихъ также поперекъ топки или группами (пучками) въ перпендикулярныхъ направленіяхъ, или отдѣльными трубками по винтовой линіи, наклоняя ихъ нѣсколько для циркуляціи въ нихъ воды. Первый типъ котловъ (системы Шухова) представленъ на черт. 40. Для укрѣпленія концовъ трубокъ стѣнки заварной топки имѣютъ плоскія приплюснутыя мѣста. Въ каждомъ ряду по высотѣ располагаются по два пучка, каждый изъ 7 трубокъ. Противъ каждаго пучка имѣется лазъ для осмотра и очистки трубокъ. Діаметръ наружнаго корпуса котла $3^{1}/_{2}$ фут., діаметръ

топки 2 ф. 10 дюйм. Толщина стѣнокъ ½ и ⅜ дюйм. Эти размѣры остаются въ котлахъ на всѣ силы отъ 6 до 22, мѣняется же только высота котла и число пучковъ трубокъ, которыхъ бываетъ 2, 4, 6, 8, 10, 12 и 14.

Котелъ Фильда.

Особый видъ трубчатыхъ котловъ представляетъ собою котелъ Фильда, изображенный на черт. 41. Въ немъ трубки съ двойными стѣнками укрѣпляются только однимъ открытымъ утолщеннымъ и слабо коническимъ концомъ въ потолкѣ топки, другой же закрытый конецъ совершенно свободенъ. Внутреннія трубки, открытыя съ обоихъ концовъ и немного короче наружныхъ, опираются на эти послѣднія своимъ воронкообразнымъ (чугуннымъ) концомъ помощью трехъ или четырехъ ребордъ *c*. На черт. 42 представлена одна такая трубка въ увеличенномъ видѣ. При нагрѣваніи въ трубкахъ образуется теченіе сверху внизъ и обратно, какъ это показано стрѣлками, способствующее скорѣйшему нагрѣванію воды. Трубки здѣсь безъ вреда могутъ удлиняться и сжиматься, не повреждая той части, къ которой онѣ прикрѣплены, какъ это бываетъ въ другихъ трубчатыхъ котлахъ. Чтобы трубки подвергались большему дѣйствію горячихъ газовъ, въ остающейся между ними цилиндрической полости подвѣшиваютъ чугунную коробку B. Продукты горѣнія, встрѣчая ее на своемъ пути, огибаютъ ее и тѣмъ приходятъ въ болѣе близкое соприкосновеніе съ трубками.

Черт. 41 и 42.

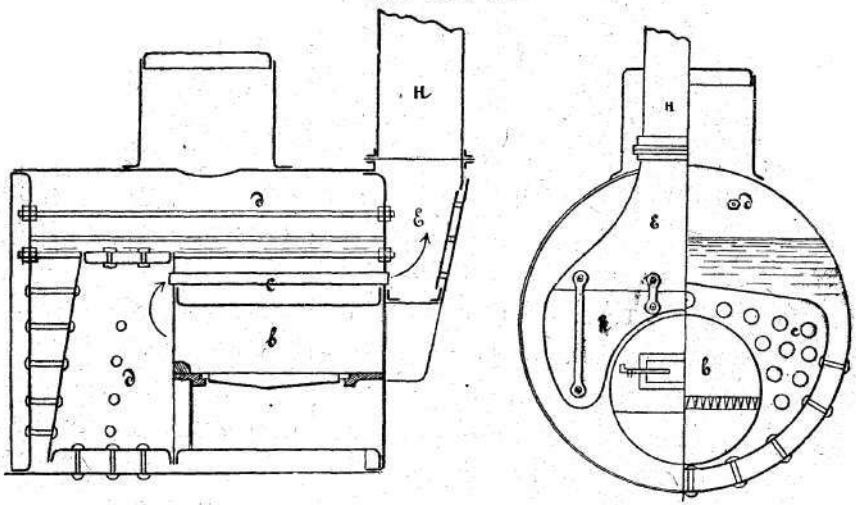


Постановка трубокъ на мѣсто и вынимание ихъ для осмотра и очистки производится весьма просто чрезъ большой лазъ А. Діаметръ наружныхъ трубокъ 56—60 мм. съ толщиною стѣнокъ въ $2^{1}/_{2}$ мм., внутреннія же трубы дѣлаютъ иногда изъ кровельнаго желѣза. Діаметръ послѣднихъ трубокъ около 25 мм., соединеніе внутренней трубки съ чугунною воронкою производится заклепками. Котлы эти отличаются быстрымъ парообразованіемъ.

Пароходные котлы.

Пароходные котлы въ настоящее время бываютъ только высокаго давленія. Они состоятъ обыкновенно изъ цилиндрическаго или элиптическаго короба съ плоскими днищами и одною, двумя или тремя внутренними топками. На черт. 43 и 44 представленъ пароходный котелъ съ одною такою

Черт. 43 и 44.



топкою *в* и дымогарными трубками *с*. Горячіе газы изъ топки направляются чрезъ камеру *д* въ дымогарныя трубки, затѣмъ въ дымовую коробку Е, придѣланную снаружи котла,

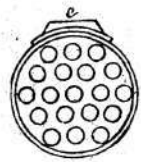
а оттуда въ трубу Н. Плоскія части котла соединены между собою тягами *д*, а двойныя стѣнки камеры укрѣплены винтовыми связями. Трубныя дверцы *к* служатъ для осмотра и очистки дымогарныхъ трубокъ.

Трубчатые котлы Шухова.

Трубчатые котлы Шухова принадлежатъ къ отдѣлу водотрубныхъ котловъ и представляютъ собою улучшенный типъ американскихъ трубчатыхъ котловъ (Бабкокъ и Вилькоксъ). Существенную часть этихъ котловъ составляютъ трубчатыя батареи, составленныя каждая изъ 19 кипятильныхъ трубокъ, закрѣпленныхъ своими концами въ рѣшетчатыхъ днищахъ двухъ желѣзныхъ барабановъ А, черт. 45 и 46. Діаметръ трубокъ во всѣхъ котлахъ 3 дюйма, длина

Черт. 45 и 46.



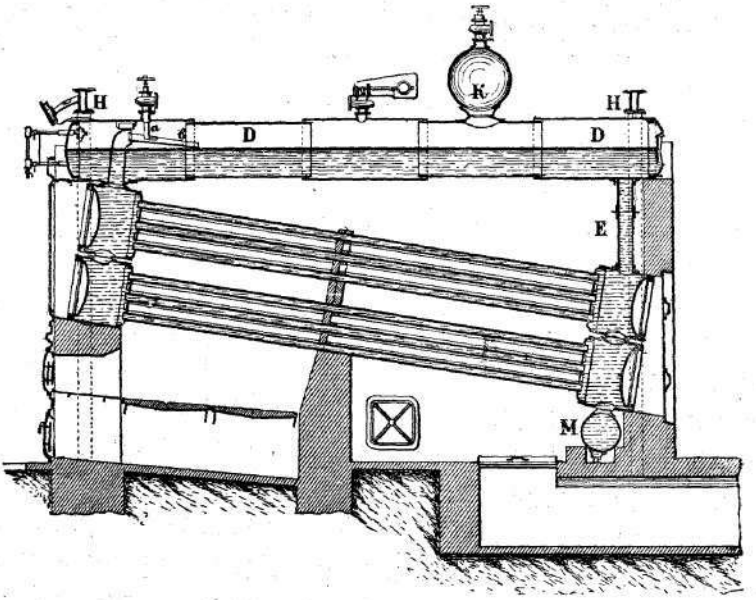


трубокъ дѣлается отъ 6 до 18 фут., смотря по силѣ котла. Каждый барабанъ съ внѣшней стороны оканчивается лазомъ, закрываемымъ крышкою В, выгнутою во внутрь и снабженною короткимъ цилиндрическимъ воротникомъ, у котораго два противоположныхъ бока нѣсколько приплюснуты. Этимъ болѣе узкимъ своимъ размѣромъ крышка и проносится во внутрь барабана чрезъ опорное толстое кольцо, приклепанное къ внѣшней кромкѣ барабана.

Всѣ батареи, изъ которыхъ составляется нижняя часть котла, устраиваются совершенно одинаковымъ образомъ и соединяются одна съ другою только при наращиваніи ихъ

въ высоту. Соединеніе ихъ дѣлается посредствомъ короткихъ штампованныхъ фланцевъ С спеціальной формы, приклепанныхъ каждый къ своему барабану. Нѣсколько батарей, числомъ двѣ или три, сгруппированныхъ въ общій вертикальный рядъ, соединяются спереди и сзади съ особымъ горизонтальнымъ цилиндромъ D, черт. 47, діаметромъ $25^1/_4$ дюйм. и длиною отъ $10^1/_2$ до $22^1/_2$ фут. Соединеніе батарей и цилиндра спереди дѣлается всегда на короткихъ штампованныхъ фланцахъ, а сзади—посредствомъ длинной трубы Е. Надъ цилиндромъ ставится въ поперечномъ направленіи сухопаръ К, который прикрѣпляется къ цилиндру также посредствомъ короткихъ штампованныхъ фланцевъ.

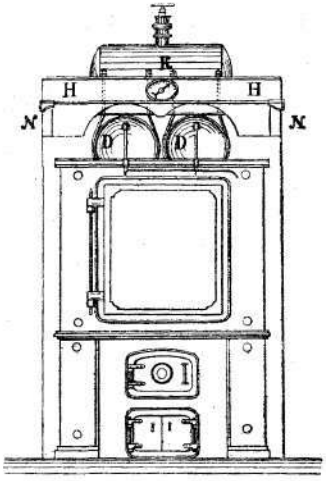
Черт. 47.



Число вертикальныхъ рядовъ, каждый со своимъ горизонтальнымъ цилиндромъ, входящихъ въ составъ котла, бываетъ одинъ, два или три. Прилагаемые чертежи 47 и 48 изображаютъ котелъ съ двумя вертикальными рядами батарей.

Паровыя пространства горизонтальныхъ цилиндровъ соединяются между собою посредствомъ общаго сухопара, а водяныя пространства заднихъ барабановъ у самыхъ нижнихъ батарей соединяются съ общимъ грязовикомъ М.

Черт. 48.



Каждый вертикальный рядъ батарей вмѣстѣ съ горизонтальнымъ цилиндромъ подвѣшивается на подбрюшныхъ желѣзныхъ лентахъ къ двумъ поперечнымъ желѣзнымъ балкамъ Н, которыя воспринятое ими давленіе передаютъ желѣзнымъ стойкамъ NN, опирающимся на фундаментъ. Такимъ образомъ окружающая котелъ кладка не испытываетъ на себѣ давленіе отъ вѣса котла и никакого бокового распора. Спереди, сзади и съ боку кладки имѣются отверстія, закрываемыя чугунными створчатыми дверцами для возможности осмотра барабановъ, батарей и ихъ трубокъ.

Питательная трубка *а* проходитъ въ переднюю часть верхняго горизонтальнаго цилиндра, вблизи того мѣста, гдѣ подогрѣтая вода и паръ поднимаются изъ передняго барабана. Благодаря этому здѣсь на лоткѣ *в* происходитъ быстрое смѣшеніе воды холодной и наиболѣе подогрѣтой и быстрое осажденіе накипи преимущественно въ верхнемъ цилиндрѣ, а не въ батареяхъ, вслѣдствіе чего стѣнки трубокъ не заростаютъ значительною накипью.

Горючіе газы изъ топки направляются сначала вверхъ, а потомъ внизъ и въ боровъ. Такимъ образомъ газы имѣютъ только два оборота. Чтобы воспрепятствовать газамъ идти по кратчайшему разстоянію между батареями, промежутокъ между ними закладывается кирпичиками спе-

ціальной формы, образующими стѣнку надъ самымъ порогомъ топки.

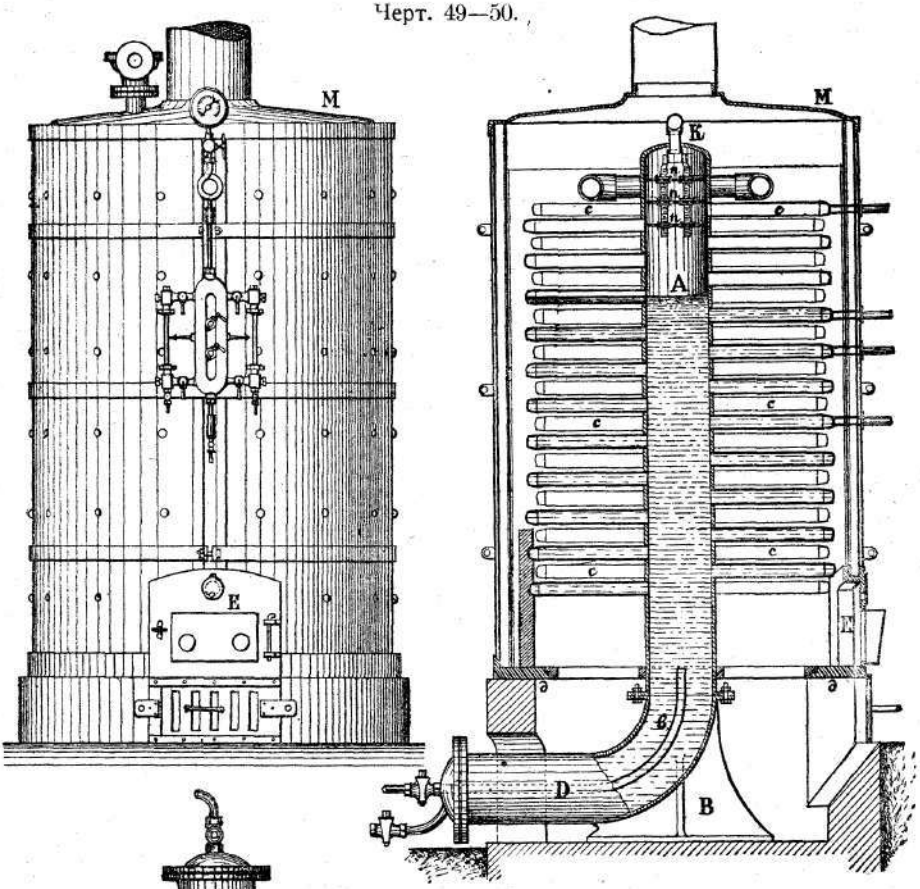
Поверхность нагрѣва въ котлахъ Шухова бываетъ отъ 600 до 2800 квадр. фут.

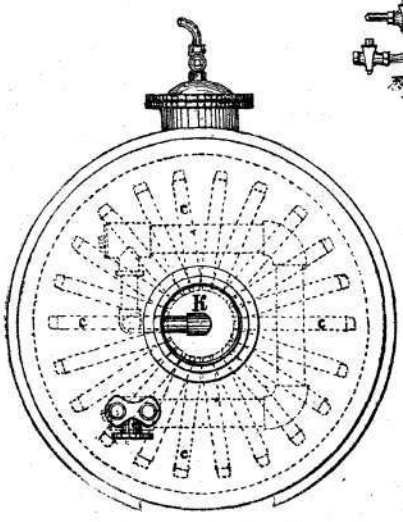
Водотрубный котелъ Бродовскаго.

Представленный на черт. 49—51 вертикальный котелъ системы Бродовскаго состоитъ изъ центральной желѣзной заварной трубы A, толщиною въ ½ дюйма, и надлежащаго количества тонкостѣнныхъ желѣзныхъ трубокъ *c*, ввернутыхъ въ нее на конусъ, на замазкѣ, въ шахматномъ порядкѣ по горизонтальнымъ радіусамъ. Противоположные концы этихъ трубокъ завариваются и имѣютъ форму, удобную для захватыванія спеціальнымъ ключомъ. Вертикальная труба устанавливается на пьедесталѣ B, гдѣ она въ то же время соединяется съ чугуннымъ колѣномъ D, чрезъ которую проходитъ трубка *e*, подводящая воду. Вверху та же труба соединяется съ колѣномъ K, идущимъ къ паропроводу. Взамѣнъ кирпичной вмазки вся система трубокъ помѣщается въ желѣзномъ кожухѣ, состоящемъ изъ двухъ половинъ, соединяемыхъ обручами, и покрытомъ сверху чугунною крышкою M съ отверстіемъ для дымовой трубы. Кожухъ устанавливается на чугунномъ фундаментномъ кольцѣ *d*, на которомъ располагаются также колосники и топочная рамка E.

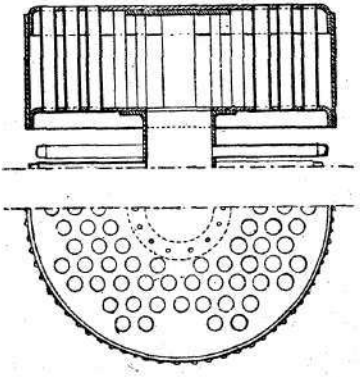
Для возможно меньшей теплопроводности кожуха, послѣдній образуется изъ двухъ отдѣльныхъ оболочекъ листоваго желѣза, раздѣленныхъ слоемъ воздуха и обложенныхъ азбестовымъ картономъ. Кромѣ того, для защиты кожуха отъ непосредственнаго дѣйствія пламени, нижняя часть топки выкладывается по окружности фундаментнаго кольца вертикальной стѣнкой изъ огнеупорнаго кирпича, постепенно повышающейся къ задней части котла.

Черт. 49—50.





Черт. 51.



Черт. 52 и 53.

Для осмотра и очистки трубъ отъ накипи, необходимо приподнять раньше крышку M вмѣстѣ съ первымъ звеномъ, которое вдвигается внутрь дымовой трубы, а затѣмъ отнять кожухъ.

Вода заполняетъ котелъ приблизительно на $^2/_3$ его высоты; остальная часть предназначается для пара. Для отдѣленія воды, увлекаемой при испареніи вмѣстѣ съ паромъ, въ верхней части трубы A устанавливается водоотдѣлитель, состоящій изъ трехъ сѣтокъ *n*, расположенныхъ одна надъ другою, чрезъ которыя и проходитъ образующійся паръ. Впрочемъ, въ котлахъ большихъ размѣровъ, располагается съ этою цѣлью въ верхней части особый перегрѣватель, представленный на черт. 52 и 53 особо, состоящій изъ цилиндрическаго резервуара для пара съ пропущенными насквозь дымогарными трубками.

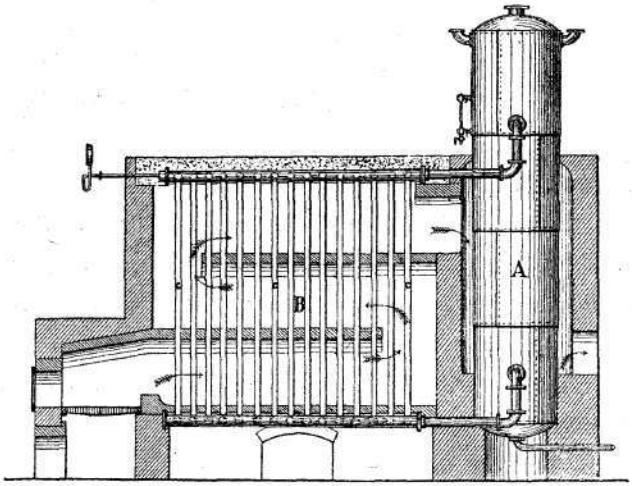
Описанные котлы бываютъ до 18 лошад. силъ съ рабочимъ давленіемъ до 10 атмосферъ. При рабочемъ давленіи, не превосходящимъ 6 атмосферъ, эти котлы разрѣшено допускать къ работѣ въ жилыхъ и подвальныхъ помѣщеніяхъ, при чемъ они должны выдержать пробное давленіе, равное тройному рабочему давленію.

Парообразователь Ярковскаго.

Этотъ водотрубный котелъ системы Ярковскаго, представленный на черт. 54, состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ частей: трубчатаго генератора B и цилиндрическаго вертикально стоящаго резервуара A. Генераторъ представляетъ рядъ вертикальныхъ трубокъ *c* красной мѣди, верхніе и нижніе концы которыхъ закрѣплены въ горизонтальныхъ трубахъ (невидимыхъ на чертежѣ) большаго діаметра, которыя соединяются въ свою очередь вверху и внизу при посредствѣ продольныхъ трубъ съ резервуаромъ A.

Генераторъ этотъ вмазанъ въ кладку такимъ образомъ, что пламя омываетъ сперва нижнюю, потомъ верхнюю часть вертикальныхъ трубъ, а затѣмъ, пройдя по кольцевому

Черт. 54.



пространству, окружающему резервуаръ, направляется въ дымовую трубу. По мѣрѣ нагрѣва вода въ трубахъ закипаетъ и, подымаясь, извергается чрезъ верхнюю соединительную трубу въ паровое пространство резервуара. Въ тоже время изъ резервуара по нижнимъ горизонтальнымъ трубамъ постоянно притекаетъ вода въ генераторъ. Такимъ образомъ получается непрерывная циркуляція воды.

Высокая паропроизводительность этихъ котловъ, до 15 фунтовъ въ часъ на 1 квадр. футъ поверхности нагрѣва, объясняется употребленіемъ мѣдныхъ трубокъ, которыя прекрасно передаютъ теплоту и въ то же время слабо покрываются накипью.

На резервуарѣ помѣщается вся арматура; питаніе его водою производится въ нижнюю часть, ниже соединенія съ соединительною трубою генератора. Вода поступаетъ такимъ образомъ въ самое холодное пространство резервуара и

здѣсь, по немногу нагрѣваясь, выдѣляетъ главную часть солей въ видѣ мути.

Парообразователи Ярковскаго бываютъ отъ 20 до 250 силъ.

Размѣры паровыхъ котловъ.

Описавъ важнѣйшія системы паровыхъ котловъ, трудно сдѣлать выводъ о преимуществахъ и недостаткахъ каждой системы. Вообще выборъ котла подходящей системы зависитъ отъ многихъ обстоятельствъ, между прочимъ отъ свойствъ воды и качествъ горючаго матеріала, упругости пара, величины помѣщенія, механическихъ средствъ данной фабрики, стоимости и проч.

При опредѣленіи размѣровъ постоянныхъ котловъ, въ зависимости отъ ихъ работы, принято считать на каждую паровую лошадь отъ 10 до 15 квадр. фут. или 1—1½ квадр. метра поверхности нагрѣва котла, т. е. той поверхности, которая соприкасается непосредственно съ пламенемъ и горючими газами. Для большихъ котловъ принимаютъ обыкновенно большія значенія, а для меньшихъ меньшія. Среднимъ числомъ на практитѣ принимаютъ нагрѣвательную поверхность отдѣльнаго котла, равною половинѣ всей его поверхности.

Испарительная поверхность котловъ на 1 квадр. единицу нагрѣвательной поверхности въ 1 часъ времени различна для разныхъ системъ котловъ. Въ среднемъ она принимается:

для постоянныхъ котловъ отъ 3 до 5 ф. на 1 к. футъ.
для пароходовъ отъ 5 до 6 фун. на 1 квадр. фут.
для локомобилей отъ 6 до 7 „ „ „ „
для паровозовъ отъ 7½ до 9¾ фун. на 1 квадр. футъ.

Котлы среднихъ размѣровъ оказываются наиболѣе экономическими. Очень большіе котлы трудно выполнимы, дороги и прочность ихъ относительно меньшая. Очень малые котлы съ другой стороны неэкономичны въ отношеніи расхода топлива и неудобны для очистки ихъ. Величина отдѣльныхъ котловъ зависитъ отъ системы ихъ. Трубчатые котлы допускаютъ наибольшую величину поверхности нагрѣва.

Печи паровыхъ котловъ.

Печами называютъ приборы, въ которыхъ сжигаютъ топливо. Для правильнаго, т. е. болѣе или менѣе полнаго горѣнія, нуженъ достаточный притокъ воздуха или тяга. При неправильномъ же горѣніи образуется дымъ, т. е. продуктъ несовершеннаго сгоранія, происходящій отъ недостатка воздуха или низкой температуры горѣнія. Но отсутствіе видимаго дыма не есть еще несомнѣнный признакъ правильности горѣнія, потому что многіе изъ горючихъ газовъ невидимы.

Хорошо устроенная печь для парового котла должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) Въ данное время должно въ ней сгорать количество топлива, необходимое для образованія извѣстнаго количества пара, назначенной упругости. 2) Должны сгорать всѣ горючія части топлива, т. е. дымъ, выходящій изъ трубы, долженъ быть совершенно безцвѣтенъ. 3) Температура горѣнія должна быть возможно большая. 4) Стѣнки печи должны быть достаточно толстыя для сохраненія тепла. 5) Температура дыма, уходящаго въ атмосферу, не больше 300° Ц. 6) Осмотръ и очистка всѣхъ частей удобна. 7) Желѣзныя связи для удобства расширенія должны выходить наружу и 8) Вся кладка печи должна быть на глинѣ съ пескомъ.

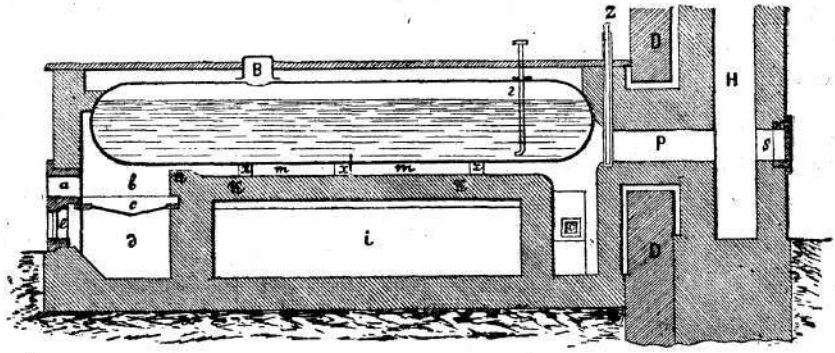
Каждая печь состоитъ изъ трехъ главныхъ частей: 1) очага или собственно топки, гдѣ сжигается топливо; 2) пламенныхъ ходовъ, служащихъ для передачи теплоты продуктовъ горѣнія котлу, частью лучами, частью непосредственнымъ прикосновеніемъ и 3) дымовой трубы, куда сводятся охлаждаемые продукты горѣнія.

Установка котла въ печи называется вмазкою его. Главное различіе между вмазками котловъ заключается въ томъ, будетъ ли топка внутри котла или внѣ его.

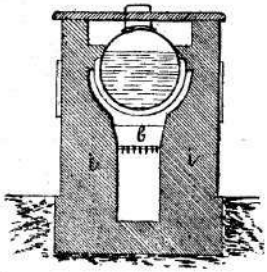
Вмазка цилиндрическаго котла.

Эта вмазка представлена на черт. 55 и 56; здѣсь *в* есть топка, имѣющая отверстіе *а*, закрываемое заслонкою или

Черт. 55.



Черт. 56.



дверцами; топка помѣщается подъ переднею частью котла и занимаетъ отъ $^1/_5$ до $^1/_3$ его длины. Она отдѣляется отъ зольника *д* колосниками *с*, на которые кладется топливо. Зольникъ для выгреба золы имѣетъ отверстіе *е*. Для того, чтобы горячіе газы лучше охватывали котелъ, устраиваютъ порогъ *п* изъ

огнеупорнаго кирпича. Для поддержанія котла на сводѣ *к*, ограничивающемъ снизу дымовой ходъ и опирающемся на стѣнки *i*, употребляются чугунныя подставки *x*, на которыя котелъ опирается. Сверху котелъ покрывается слоемъ песку для того, чтобы предупредить быстрое его охлажденіе; на песокъ кладется одинъ рядъ кирпича. Отверстіемъ для чистки котла служитъ горловина B. Дымъ, пройдя чрезъ порогъ *n*, идетъ по каналу *m*, въ концѣ котораго сдѣлано углубленіе съ наклонной плоскостью для собиранія сажи и отверстіе *o* для ея выгреба; изъ канала *m* дымъ идетъ въ боровъ *p* и оттуда въ дымовую трубу H. Между каналомъ *m* и боровомъ *p* находится заслонка Z, которою регулируется сила тяги дымовой трубы, соотвѣтственнымъ опусканіемъ или подниманіемъ ея. Это наиболѣе распространенный способъ примѣненія заслонки у основанія трубы. Кромѣ того тяга воздуха регулируется еще зольниковыми дверцами, которыя впрочемъ совокупно съ заслонкою Z употребляются для лучшаго сохраненія теплоты при временной остановкѣ котла. Дымовая труба въ нижней части имѣетъ отверстіе s для выгреба осаждающейся тамъ сажи.

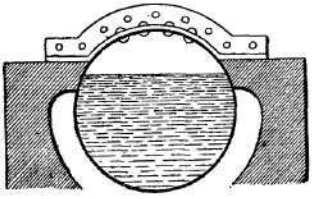
Между печью и стѣною D зданія, гдѣ помѣщается котелъ, дѣлаютъ промежутки для предупрежденія порчи борова въ случаѣ осадки печи или дымовой трубы. Котлу придаютъ незначительный уклонъ къ задней части, въ которой обыкновенно производятъ питаніе котла трубкою *r*, загнутой къ переди и не доходящей до дна котла на 4 до 6 дюймовъ.

Осажденіе накипи при жесткой водѣ будетъ происходить около питательной трубки въ задней части котла и въ болѣе разрыхленномъ состояніи, такъ какъ стѣнки котла подвергаются здѣсь относительно слабому жару. При помѣщеніи же питательной трубки въ передней части котла накипь будетъ осаждаться на днѣ надтопочной части котла

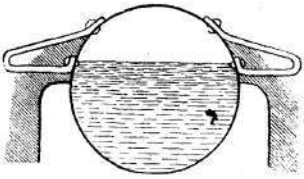
подверженной сильному жару, почему эта накипь будетъ крѣпко приставать (прикипать) къ стѣнкамъ его и очищеніе котла отъ такой накипи затруднительно; поэтому онъ скорѣе изнашивается, перегораетъ.

Подвѣшиваніе котла въ кладкѣ производятъ еще помощью скобъ, склепанныхъ изъ угловаго желѣза, черт. 57, или же помощью угольниковъ (лапъ), приклепываемыхъ къ котлу, черт. 58. Угольники бываютъ желѣзные или чугун-

Черт. 57.



Черт. 58.

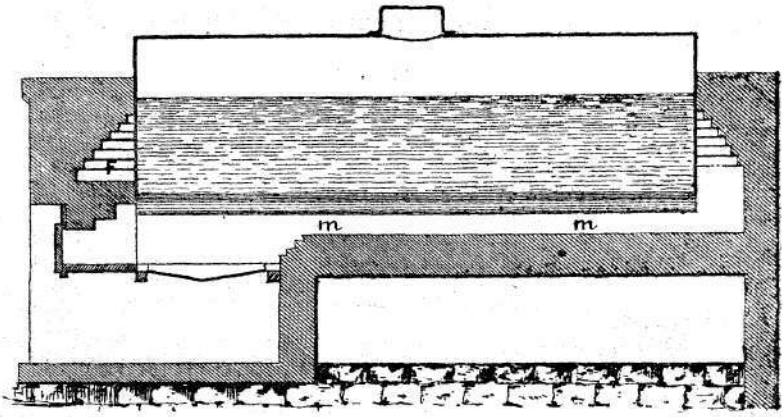


ные. При очень длинныхъ котлахъ съ однимъ дымовымъ ходомъ, для возможности свободнаго удлиненія котла, не повреждая печной кладки, котелъ подвѣшиваютъ помощью болтовъ къ особымъ дугамъ, которыя своими пятами располагаются на чугунныхъ доскахъ, задѣланныхъ въ печной кладкѣ.

Вмазка котла Уатта.

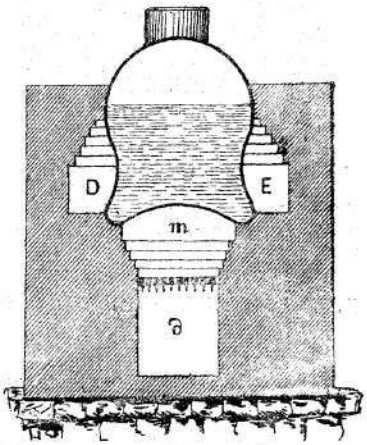
Она представлена на черт. 59—60 въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ. Устройство топки весьма сходно съ вышесказанною и только дымовые ходы располагаются какъ подъ самымъ котломъ, такъ и съ боковъ его, такъ что дымъ идетъ изъ топки сначала по нижнему дымовому ходу *m*, въ концѣ его поворачиваетъ въ одинъ изъ боковыхъ ходовъ D, возвращается къ топкѣ и переходитъ каналомъ F въ другой боковой ходъ E, изъ котораго уже идетъ по борову въ дымовую трубу.

Черт. 59.



Заклепочные швы представляютъ самую слабую часть котла, а двойная толщина металла въ этихъ частяхъ способствуетъ скорѣйшему перегоранію ихъ. Поэтому продольные швы нужно по возможности скрывать въ печной кладкѣ, а поперечные слѣдуетъ располагать такимъ образомъ, чтобы уступы швовъ были расположены по теченію пламени, а не противъ; въ послѣднемъ случаѣ происходитъ болѣе скорое перегораніе швовъ.

Черт. 60.

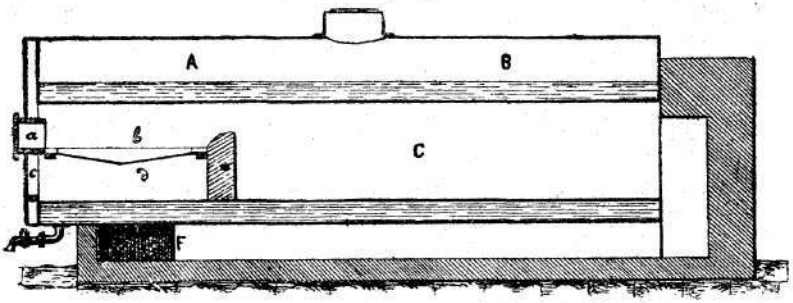


Вмазка котла съ жаровою трубою.

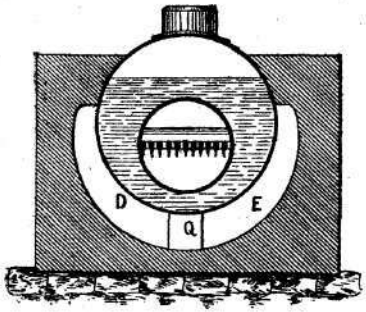
Она представлена на черт. 61 и 62, гдѣ котелъ A, горловина B, внутренній пламенный ходъ C, топка *в*, отверстіе топки *а*, закрываемое дверцами, колосники *с*, зольникъ *д*, отверстіе для выгреба золы *е*, наружные дымовые

ходы D и E. Стѣнка Q поддерживаетъ котелъ и раздѣляетъ дымовые ходы; выпускной кранъ и порогъ. Дымъ изъ

Черт. 61.



Черт. 62.



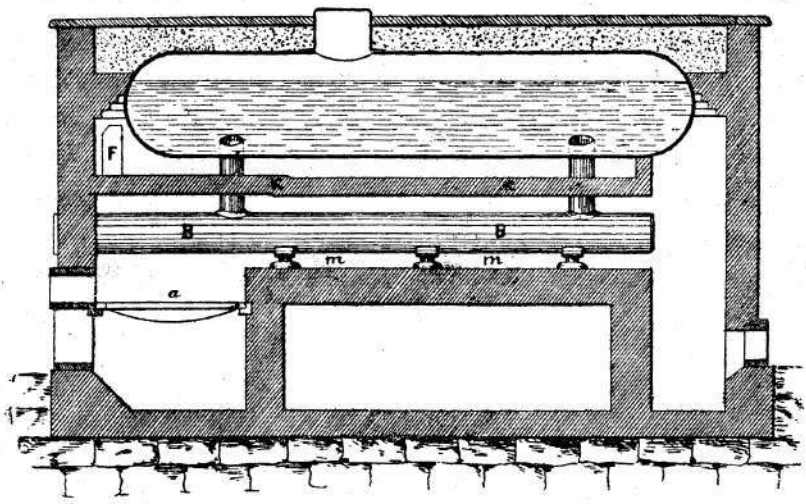
топки переходитъ чрезъ порогъ и идетъ по внутреннему пламенному ходу C; потомъ въ концѣ котла поворачиваетъ и входитъ въ наружный дымовой ходъ D, возвращается назадъ къ топкѣ и каналомъ F переходитъ въ другой дымовой ходъ E, откуда идетъ по борову въ дымовую трубу. Печная кладка этихъ котловъ отличается простотою и легкостью исполненія.

Вмазка котла съ кипятильниками.

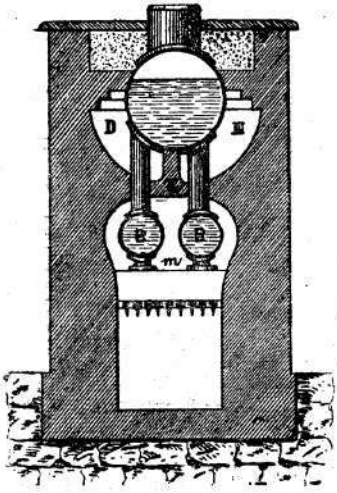
Она представлена на черт. 63, 64 и 65. Здѣсь можно видѣть всѣ тѣ же части, о которыхъ упоминалось въ предъидущихъ описаніяхъ, т. е. топку, колосники, зольникъ, топочныя и выгребныя дверцы, дымовой ходъ *m*, обхватывающій кипятильники, два боковыхъ хода D и E, обхватывающихъ котелъ и взаимно соединяющихся надъ топкою каналомъ F, сводчатую стѣнку *к*, отдѣляющую нижній дымовой ходъ отъ двухъ верхнихъ и т. п. части. Горячіе газы

идутъ сначала подъ кипятильниками, а затѣмъ по каналу D и, наконецъ, изъ канала E уходятъ въ трубу. Эти котлы

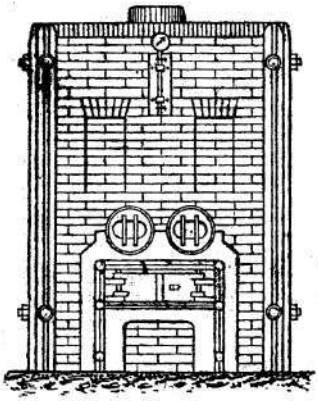
Черт. 63.



Черт. 64.



Черт. 65.



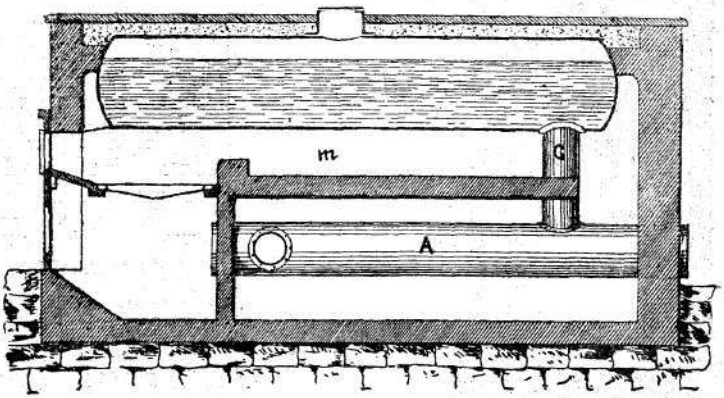
отличаются сравнительно большою испарительностью, такъ какъ вся поверхность обоихъ кипятильниковъ и половина поверхности главнаго котла представляютъ болѣе или менѣе

прямую нагрѣвательную поверхность. Питаніе водою совершается обыкновенно въ оба кипятильника помощью развѣтвляющейся трубки при чемъ наиболѣе горячіе газы находятся въ прикосновеніи съ наиболѣе холодною водою и на оборотъ, наиболѣе охлажденные газы—съ наиболѣе горячею водою, что въ экономическомъ значеніи невыгодно и къ тому же въ кипятильникахъ вслѣдствіе этого прикипаетъ большое количество грязи. Главный котелъ въ кладкѣ подвѣшивается на лапахъ, какъ и простые цилиндрическіе котлы, кипятильники же въ нѣкоторыхъ мѣстахъ по длинѣ упираются на особыя подставки изъ огнеупорнаго камня или чугунныя, какъ это представлено на чертежахъ.

Вмазка котла съ подогрѣвателями.

Она представлена на черт. 66 и 67. Рѣшетка здѣсь располагается подъ главнымъ котломъ, гдѣ преимущественно

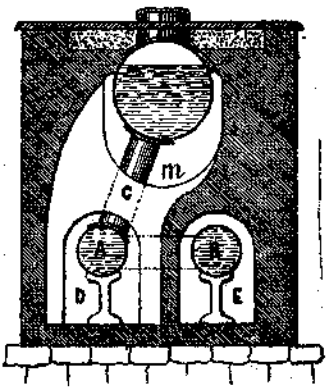
Черт. 66.



и происходитъ парообразованіе. Горячіе газы изъ топки проходятъ чрезъ порогъ и идутъ по каналу *m*, потомъ опускаются внизъ, идутъ по одному каналу D, затѣмъ по другому E, и оттуда въ боровъ и дымовую трубу. Питаніе во-

дою совершается въ задній конецъ подогрѣвателя B, у того мѣста, гдѣ наиболѣе охлажденные газы, покидая котелъ, выдѣляются въ дымовую трубу. Отсюда вода направляется къ подтрубку и въ подогрѣватель A, а оттуда поступаетъ уже въ главный котелъ. Такимъ образомъ вода, нагрѣваясь постепенно, движется въ котлѣ совершенно противоположно направленію газовъ снаружи въ дымовыхъ ходахъ. Это, такъ называемое, *обратное теченіе* имѣетъ слѣдующія преимущества:

Черт. 67.



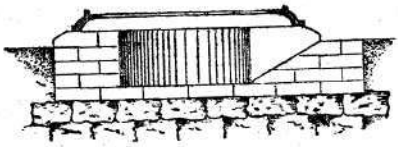
1) Экономія топлива, потому что наиболѣе горячіе газы находятся при этомъ въ соприкосновеніи съ наиболѣе нагрѣтою водою и наиболѣе охлажденные газы съ наиболѣе холодною водою. При этихъ условіяхъ температура газовъ, покидающихъ котелъ, будетъ наименьшая.

2) При нечистой водѣ обратное теченіе предупреждаетъ образованіе твердой накипи, потому что накипь здѣсь осаждается преимущественно въ задней части котла (гдѣ входитъ питательная вода), стѣнки которой подвергаются относительно слабому жару. Грязь скопляется на днѣ задней части котла и легко можетъ быть вычищена чрезъ особый подтрубокъ.

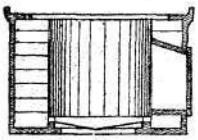
Вмазка трубчатыхъ котловъ.

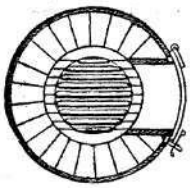
Вертикальный котелъ съ внутреннею топкою не требуетъ особой вмазки и его устанавливаютъ при посредствѣ чугуннаго или желѣзнаго кольца на особомъ каменномъ фундаментѣ, внутри котораго устраиваютъ зольникъ, черт. 68. Вмазка трубчатаго котла съ внутреннимъ давле-

Черт. 68.



Черт. 69 и 70.





ніемъ (Бельвиля) состоитъ въ томъ, что всю систему трубокъ заключаютъ въ кожухѣ изъ листового желѣза, выложенномъ внутри тонкимъ слоемъ огнеупорнаго кирпича; въ нижней части, гдѣ устраиваютъ топку и зольникъ, кладка имѣетъ большую толщину. Вертикальный котелъ безъ внутренней топки устанавливаютъ на особомъ чугунномъ коробѣ, круглой или квадратной формы, выложенномъ внутри огнеупорнымъ кирпичемъ, черт. 69 и 70. Внизу этого короба располагаютъ колосники. Самый зольникъ устраиваютъ въ этомъ случаѣ въ фундаментѣ.

Устройство очага.

Очагъ состоитъ изъ двухъ главныхъ частей: горна и зольника. Они отдѣляются одинъ отъ другого топочною рѣшеткою, составляемой изъ отдѣльныхъ брусковъ, называемыхъ колосниками и выдѣлываемыхъ изъ чугуна или желѣза. Величина полной площади рѣшетки опредѣляется различно: 1) за площадь рѣшетки принимаютъ $^1/_{20}$ часть поверхности нагрѣва, т. е. той поверхности, которою котелъ соприкасается съ пламенемъ или горячими газами, 2) для машинъ высокаго давленія число паровыхъ лошадей равняется числу квадратныхъ футовъ площади рѣшетки, а для машинъ низкаго давленія—$^3/_4$ числа паровыхъ лошадей будетъ числомъ квадратныхъ футовъ рѣшетки; это при отопленіи дровами; при каменномъ же углѣ площадь рѣшетки уменьшается отъ $^2/_3$ до $^1/_2$ квадр. фут. на паровую лошадь. Площадь

промежутковъ (прозоровъ) между колосниками составляетъ для угля отъ 1/4 до 1/3, а для дровъ отъ 1/5 до 1/4 всей площади рѣшетки.

Длина рѣшетки относится къ ея ширинѣ какъ 3:4 или какъ 4:5; при этомъ необходимо замѣтить, что длина рѣшетки не должна превосходить 1/3 длины котла и не больше 7 футовъ. Разстояніе отъ рѣшетки до котла дѣлается: для угля приблизительно 2 фут., для дровъ около 2 1/2. Толщина слоя топлива для каменнаго угля равняется отъ 4 до 8 дюйм., смотря по его качеству, для дровъ—удвоенной или утроенной (и больше) толщинѣ полѣнъ.

Для подбрасыванія топлива на рѣшетку устраиваютъ топочное отверстіе, закрываемое дверцами, состоящими изъ обвязки, дверныхъ полотенъ (дверецъ) и предрѣшетчатой доски, приклепанной къ дверцамъ на разстояніи до 2 дюйм. и предупреждающей ихъ отъ накаливанія. Дверцы имѣютъ обыкновенно прямоугольную форму, но бываютъ также круглыя и овальныя. Сообразно ширинѣ рѣшетки, дверцы устраиваютъ объ одной или двухъ створкахъ. Размѣры топочныхъ отверстій бываютъ слѣдующіе: ширина около 18 дюйм., высота около 12 дюйм.

Такъ какъ при подбрасываніи топлива, когда дверцы открыты, струя холоднаго воздуха устремляется въ топку и затѣмъ подъ котелъ, причиняя охлажденіе котла и даже порчу его, поэтому, для устраненія этого вреднаго вліянія холоднаго воздуха, полезно всякій разъ при открытіи дверецъ уменьшать силу тяги, прикрывая немного заслонку. Съ этою цѣлью связываютъ иногда топочныя дверцы съ дымовою заслонкою такимъ образомъ, что когда первыя открываются, то вторыя нѣсколько прикрываются.

Объемъ зольника долженъ быть достаточенъ для помѣщенія того слоя золы, которая накопляется въ теченіи дня и, кромѣ того, приводить достаточное количество воз-

духа, не охлаждая при этомъ угля. Обыкновенно зольникъ бываетъ вполнѣ открытый, но въ видахъ регулированія тяги, а равно для сохраненія теплоты въ печи, какъ это пояснено раньше, полезно также и зольникъ снабжать особыми дверцами.

Пламенные ходы.

Пламенные или дымовые ходы служатъ для проведенія горящихъ газовъ внутри котла (внутренніе ходы) и вокругъ него (внѣшніе ходы). Расположеніе ихъ было разсмотрѣно при вмазкѣ котловъ. Длина пламенныхъ ходовъ должна быть такова, чтобы температура газовъ, выходящихъ изъ трубы, не превышала 300° Ц; при низшей температурѣ тяга будетъ затруднительна. Вообще длина ихъ не должна превышать 90—100 футовъ. Площадь поперечнаго сѣченія пламенныхъ ходовъ дѣлается около $^1/_4$ всей поверхности рѣшетки, при этомъ, чѣмъ меньше длина дымового хода, тѣмъ больше должно быть сѣченіе его, съ цѣлью замедленія скорости движенія газовъ, ибо чѣмъ эта скорость меньше, тѣмъ время прикосновенія газовъ со стѣнками котла будетъ болѣе. Обыкновенно сѣченіе дымоваго хода, начиная отъ топки и до дымовой трубы, дѣлается для простоты одинаковымъ. Форма поперечнаго сѣченія пламенныхъ ходовъ должна быть такова, чтобы токъ горячихъ газовъ встрѣчалъ наименьшее сопротивленіе своему движенію; слѣдовательно въ нихъ не должно быть угловъ, а въ крутыхъ поворотахъ внутренняя поверхность должна быть по возможности гладкая. Для скопленія сажи въ пламенныхъ ходахъ дѣлаютъ углубленія, которыя періодически очищаютъ чрезъ особо устроенныя отверстія, закрываемыя заслонками. Покрытіе пламенныхъ ходовъ дѣлаютъ изъ крупныхъ камней; если же для этого нужно употребить кирпичъ, то онъ скла-

дывается сводомъ или въ напускъ, какъ это представлено на чертежѣ вмазки котла Уатта.

Топочная часть и первый дымовой ходъ весь или только на протяженіи равномъ утроенной длинѣ рѣшетки выкладываются изъ огнеупорнаго кирпича (толщиною ½ кирпича) и на такой же глинѣ; остальная часть изъ обыкновеннаго кирпича. Наименьшая толщина стѣнокъ кладки въ 1½ кирпича и достигаетъ иногда 2½ кирпичей. По положенію верхній край пламеннаго хода долженъ быть по крайней мѣрѣ на 4 до 6 дюйм. ниже нормальнаго уровня воды въ котлѣ. Это дѣлается въ обезпеченіе того, чтобы стѣнки котла, нагрѣваемыя газами, постоянно охлаждались водою.

Печная кладка для прочности скрѣпляется чугунною лицевою доскою и чугунными боковыми стойками, стягиваемыми болтами. Черт. 65. Болты эти, гдѣ возможно—сквозные, т. е. проходящіе чрезъ всю длину и ширину кладки; ихъ располагаютъ внутри стѣнъ и сводовъ такимъ образомъ, чтобы ни пламя, ни горячіе газы на нихъ непосредственно не дѣйствовали. Тамъ, гдѣ нельзя проложить сквозныхъ болтовъ, употребляютъ болѣе короткіе болты съ загнутыми концами, которые по возможности вдѣлываютъ въ кладку.

Та часть дымоваго хода, которая соединяетъ печь съ трубою, называется *боровомъ*; поперечное сѣченіе его дѣлается точно такихъ же размѣровъ, какъ и пламеннаго хода. Въ концѣ, передъ боровомъ, дымовой ходъ закрывается задвижкою, двигающеюся или по горизонтальному направленію, или по вертикальному, или же вращающеюся около вертикальной оси; она служитъ для предупрежденія быстраго охлажденія печи послѣ прекращенія дѣйствія машины и для управленія тягой.

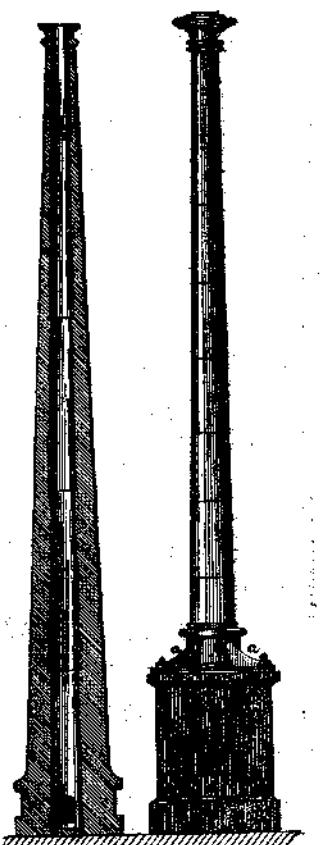
Дымовая труба.

Для сжиганія топлива на рѣшеткѣ пароваго котла необходимъ притокъ извѣстнаго количества воздуха. Тяга воздуха совершается двоякимъ образомъ: 1) естественнымъ путемъ при посредствѣ дымовой трубы или 2) искусственно, механически, помощью вентиляторовъ или струи пара. По простотѣ наибольшее распространеніе имѣетъ первый способъ; второй—примѣняется въ тѣхъ случаяхъ, когда первый оказывается недостаточнымъ и при переносныхъ машинахъ, допускающихъ дымовыя трубы только весьма ограниченной высоты.

Трубы бываютъ кирпичныя и желѣзныя, высотою отъ 32 до 120 фут. и больше. Самая низшая труба должна быть во всякомъ случаѣ выше конька крышъ сосѣднихъ строеній. Съ другой стороны, наибольшая высота существующихъ на практикѣ дымовыхъ трубъ простирается до 450 фут. Впрочемъ, такія высокія трубы примѣняются собственно въ химическихъ заводахъ для удаленія вредныхъ газовъ въ высшіе слои атмосферы. Кирпичныя трубы представляютъ собою вполнѣ величественное сооруженіе, срокъ службы ихъ весьма продолжителенъ, но вслѣдствіе большой тяжести, онѣ требуютъ весьма прочнаго фундамента. Снаружи кирпичнымъ трубамъ придаютъ видъ усѣченной пирамиды или круглую форму; внутреннее же сѣченіе ихъ бываетъ квадратное, многоугольное или круглое. Тяга въ дымовыхъ трубахъ происходитъ вслѣдствіе разности въ плотностяхъ наружнаго холоднаго воздуха и нагрѣтыхъ газовъ внутри трубы. Чѣмъ больше высота трубы и выше температура газовъ, тѣмъ больше сила тяги. Наибольшая сила тяги достигается при температурѣ газовъ въ дымовой трубѣ отъ 250 до 300°. Кромѣ того для правильной и хорошей тяги необходимо, чтобы между высотою трубы и площадью ея сѣченія существовала извѣстная зависимость. Сѣченіе должно быть таково,

чтобы изъ трубы вытекало столько воздуха, сколько притекаетъ его къ топкѣ при правильномъ горѣніи. На основаніи многочисленныхъ наблюденій найдено, что, при высотѣ въ 32 фута, дымовая труба даетъ хорошую тягу, если площадь верхняго сѣченія ея равна суммѣ промежутковъ, образуемыхъ колосниками, или, такъ называемой, свободной площади колосниковой рѣшетки. Точно также при высотѣ въ 130 и 300 фут. площадь верхняго сѣченія трубъ должна составлять въ первомъ случаѣ $^1/_2$, а во второмъ—$^1/_3$ свободной площади колосниковъ. Слѣдовательно, смотря по высотѣ дымовой трубы, верхнее сѣченіе ея измѣняется въ предѣлахъ отъ $^1/_3$ до 1 свободной площади колосниковъ. При переносной дымовой трубѣ діаметръ ея дѣлается немного больше (до $1^1/_2$ раза) діаметра паровaго цилиндра.

Черт. 71. Черт. 72.



Стѣнки каменныхъ трубъ, черт. 71, дѣлаются съ нѣкоторымъ уклономъ; внутри въ $^1/_{40}$—$^1/_{50}$ и снаружи въ $^1/_{20}$—$^1/_{25}$. При этомъ толщина стѣнокъ трубы отъ вершины къ основанію постепенно увеличивается, что весьма важно въ отношеніи устойчивости, но неудобно въ отношеніи кладки, требуя много обсѣчки кирпича. Для устраненія этого недостатка обыкновенно кладка возводится уступами, при чемъ предпочитаютъ внутренніе уступы, какъ сохраняющіе трубѣ красивый наружный видъ. Внизу трубы дѣлается колодезь для сажи и отверстіе для выгреба ея. Такъ какъ каменныя трубы очень дороги, то уст-

раиваютъ также желѣзныя трубы, черт. 72. Но въ послѣднихъ вредное охлажденіе газовъ весьма значительно, вслѣдствіе чего онѣ даютъ болѣе дыма и копоти, нежели кирпичныя трубы. Для устраненія этого недостатка дѣлаютъ ихъ иногда съ двойными стѣнками, между которыми заключается воздухъ, дурной проводникъ теплоты. Отъ ржавчины предохраняютъ ихъ, покрывая слоемъ цинка, а для приданія имъ устойчивости противъ вѣтра, дѣлаютъ, при значительной высотѣ ихъ, наружныя части изъ волнистаго желѣза и укрѣпляютъ ихъ посредствомъ 4-хъ вантъ изъ круглаго желѣза, прикрѣпляемыхъ концами вверху трубы и въ землю, на нѣкоторомъ разстояніи отъ трубы. Желѣзныя трубы устанавливаютъ обыкновенно на кирпичномъ фундаментѣ, на которомъ предварительно располагаютъ чугунную плиту съ кольцевымъ выступомъ, къ которому и прикрѣпляютъ нижніе листы внутреннихъ и наружныхъ стѣнокъ трубы. Толщина котельныхъ листовъ для нижней части трубы бываетъ около $^3/_{16}$ дюйма, для верхней же части—$^1/_8$ дюйма. Листы склепываются между собою заклепками и въ стыкахъ чеканятся или замазываются желѣзной замазкой *). Для управленія тягой верхнее отверстіе трубы закрывается иногда заслонкою, когда нѣтъ задвижки въ боровѣ.

Топливо.

Главную составную часть всѣхъ горючихъ матеріаловъ составляютъ углеродъ и водородъ, которые весьма легко соединяются съ кислородомъ атмосфернаго воздуха, даже при температурѣ темнокраснаго каленія (700°Ц). Соединеніе это обнаруживается съ большою энергіею, при чемъ освобождается огромное количество теплоты, которая и употребляется при паровыхъ машинахъ для образованія пара.

*) Ее составляютъ изъ 1 части нашатыря, 1 части сѣрнаго цвѣта и 26 до 30 частей желѣзныхъ опилокъ, смоченныхъ водою.

Обыкновенные продукты горѣнія это углекислый газъ и водяные пары; при несовершенномъ же сгораніи образуется еще окись углерода, газъ самъ по себѣ горючій. Всегда должно стараться, чтобы образовался углекислый газъ, такъ какъ при переходѣ одного фунта углерода въ углекислый газъ освобождается 8080 единицъ теплоты, а при переходѣ его въ окись углерода—5678 единицъ теплоты. При горѣніи водорода образуется вода, при этомъ освобождается на 1 фунтъ водорода около 30000 единицъ теплоты. То количество единицъ теплоты, которое развивается при сожиганіи 1 фунта топлива, называется *теплопроизводительностью* или *теплородною способностью* топлива. Газы, улетучивающіеся при полномъ горѣніи углерода и водорода, должны состоять только изъ углекислоты и водяныхъ паровъ; при неполномъ же горѣніи они уносятъ съ собою свободный водородъ, окись углерода, соединенія углерода съ водородомъ и частицы чистаго углерода. Впрочемъ, потеря углерода въ видѣ чернаго дыма весьма ничтожна и, какъ найдено опытами, не превосходитъ 1—1½% вѣса сожигаемаго топлива; главная же потеря при горѣніи происходитъ въ невидимой для глаза окиси углерода.

Чтобы происходило полное горѣніе, долженъ быть достаточный притокъ воздуха; разсчетомъ опредѣляется, что для сожженія 1 фунта каменнаго угля необходимо около 11 фунт. воздуха, но такъ какъ оказывается изъ опыта, что для полнаго сгоранія 1 фунта каменнаго угля количество это недостаточно, ибо не весь притекающій воздухъ участвуетъ въ горѣніи, то обыкновенно рѣшетку подъ топкою расчитываютъ такъ, чтобы притекало воздуха въ полтора раза или вдвое болѣе, чѣмъ опредѣленно, т. е. на 1 фунтъ каменнаго угля необходимо около 18—22 фунтовъ воздуха, что по объему составляетъ около 250 куб. фут. *) То же самое

*) Вѣсъ 1 куб. фута атмосфернаго воздуха при температурѣ 0° и подъ нормальнымъ давленіемъ=приблизительно 1/13 фунта.

для сожженія 1 фунта сухихъ дровъ необходимо 10—12 фунт. или около 134 куб. фут. воздуха.

Самые употребительные горючіе матеріалы, употребляемые для нагрѣванія паровыхъ котловъ, это дерево и каменный уголь.

Дерево содержитъ углеродъ, водородъ, кислородъ и золу, состоящую изъ солей и землистыхъ частицъ. Количество углерода въ сухомъ деревѣ достигаетъ иногда до 50%; водородъ и кислородъ находятся въ деревѣ въ такомъ отношеніи, какъ это нужно для образованія воды, почему они не разъединены, а образуютъ воду, которая однако при высушиваніи дерева вся не испаряется. Продукты полнаго горѣнія дерева состоятъ изъ водяныхъ паровъ и углекислоты; при неполномъ же горѣніи образуется дымъ, состоящій изъ водяныхъ паровъ, окиси углерода, пригорѣлыхъ маслъ и смолистыхъ веществъ. 1 фунтъ дерева при горѣніи даетъ 3500 и не болѣе 4000 единицъ теплоты, которая можетъ испарить 3—3½ фунта воды. При обжиганіи дерева въ кучахъ безъ доступа воздуха, въ продолженіи 6—8 дней, получается *древесный уголь*, состоящій исключительно изъ углерода (около 95%) и незначительнаго количества золы.

Каменный уголь содержитъ углеродъ, водородъ, кислородъ, золу, землю и въ маломъ количествѣ сѣру. Количество углерода составляетъ въ немъ около 80%; водорода въ немъ значительно больше, чѣмъ кислорода, почему свободный водородъ образуетъ съ углеродомъ углеродисто-водородные газы, замѣчаемые въ копяхъ каменнаго угля. Отъ хорошаго угля требуется, чтобы онъ горѣлъ сильнымъ длиннымъ пламенемъ, спекаясь не образовалъ сплошной, плотной массы и испарялъ въ постянномъ котлѣ однимъ фунтомъ около 7—8 фунтовъ воды. Количество золы и шлаковъ (нагара) не должно быть болѣе 8—10%. Лучшіе каменные угли (напр. ньюкастельскій, кардифъ) содержатъ всего 1—1½%

золы, а въ худшихъ угляхъ содержаніе ея доходитъ до 15—20%. Для паровыхъ котловъ употребляется уголь, содержащій не болѣе 12% золы и не свыше 5% сѣры.

При поставкѣ каменнаго угля требуется, чтобы онъ былъ недавно добытъ изъ копей и содержалъ возможно меньше сѣры и желѣзнаго колчедана. Послѣдній при горѣніи даетъ сильный удушливый запахъ и образуетъ сѣрную кислоту, разъѣдающую стѣнки котла, а также способствующую самовозгаранію угля въ складахъ отъ дѣйствія сырости. 1 фунтъ хорошаго каменнаго угля даетъ при сгораніи до 8000 единицъ теплоты, почему нагрѣвательная способность его, при одинаковыхъ вѣсахъ угля и дровъ, вдвое больше послѣднихъ.

При накаливаніи каменнаго угля въ закрытыхъ сосудахъ или при обугливаніи его въ открытыхъ кучахъ получается *коксъ*, содержащій 85% углерода и 15% золы и земли; другихъ примѣсей онъ не содержитъ и потому горитъ безъ пламени и дыма. Коксъ получается также какъ побочный продуктъ при добываніи свѣтильнаго газа, но качество его въ этомъ случаѣ хуже: онъ рыхлъ, горитъ скоро и засораетъ колосники.

Мелкій угольный мусоръ, остающійся при добываніи каменнаго угля, употребляется для отопленія или непосредственно, слегка смоченный водою, или въ видѣ *брикета*; для этого смѣшиваютъ его предварительно съ какимъ нибудь связывающимъ веществомъ (смолою, дегтемъ), а затѣмъ эту массу прессуютъ въ куски извѣстныхъ размѣровъ, большею частью въ формѣ кирпича.

Антрацитъ есть тотъ же каменный уголь, отличающійся большимъ содержаніемъ углерода (95%) и дающій наибольшее количество теплоты. Для отопленія паровыхъ котловъ употребляется мало, такъ какъ при горѣніи трескается, засоряетъ рѣшетку, загорается съ трудомъ и регулированіе огня его въ топкѣ затруднительно. Антрацитъ горитъ безъ пламени и огонь его разводится на каменномъ углѣ или дровахъ.

Торфъ состоитъ изъ растительнаго перегноя съ большою примѣсью землистыхъ частицъ (до 40%). Составъ золы и землистыхъ частей весьма разнообразенъ, растительныя же части состоятъ изъ углерода, водорода, кислорода, иногда замѣчаются слѣды сѣры. Достоинство торфа тѣмъ выше, чѣмъ онъ чернѣе и плотнѣе и много зависитъ отъ его сушки: торфъ хорошо высушенный, спресованный и немного обугленный, выдѣляетъ изъ одного фунта до 5000 единицъ теплоты.

Кромѣ поименованныхъ выше матеріаловъ, для отопленія паровозовъ и пароходовъ употребляется еще *нефть*, которая изъ особаго бака, расположеннаго на тендерѣ, проводится по трубкѣ въ топку, гдѣ она особымъ приборомъ (*пульверизаторомъ*) при помощи пара распыливается и, сгорая такимъ образомъ, выдѣляетъ значительное количество теплоты. При отопленіи нефтью зольникъ внизу и по бокамъ выложенъ огнеупорнымъ кирпичемъ, а для болѣе совершеннаго сожиганія ея устраиваютъ въ топкѣ своды изъ огнеупорнаго кирпича. Отопленіе нефтью весьма выгодно и покойно и состоитъ въ регулированіи притока ея помощью особаго крана.

Въ слѣдующей таблицѣ показано среднее содержаніе въ % углерода и золы на 1 единицу вѣса различныхъ горючихъ матеріаловъ, ихъ теплопроизводительность, испарительность и количество (двойное) воздуха, необходимое для полнаго (совершеннаго) сожиганія 1 фунта топлива на обыкновенныхъ рѣшеткахъ паровыхъ котловъ.

Родъ топлива.	Среднее содерж. въ%		Теплопроизводительность.	Испарительность.	Количество воздуха для полнаго сожиганія 1 фунта.	
	Углерода.	Золы.				
Нефть	87	—	10200	10—14 фунт.	—	—
Антрацитъ . .	91	3	8300	8—9 „	24 фунт.	268 куб. фут.
Камен. уголь .	80	5	7500	5½—8 „	22 „	250 „
Бурый уголь .	60	10	4272	2½—5½ „	16 „	180 „
Торфъ	52	10	3472	2½—5 „	13 „	150 „
Дрова	49	1	3152—4100	2¾—4 „	12 „	134 „

Помѣщеніе паровыхъ котловъ.

Помѣщеніе паровыхъ котловъ должно удовлетворять, въ отношеніи самаго зданія, всѣмъ постановленнымъ въ строительномъ уставѣ требованіямъ и сверхъ того:

1) Оно должно быть достаточно освѣщено и достаточно просторно, дабы можно было удобно дѣйствовать всѣми приборами при котлѣ имѣющимися, а равно осматривать и, въ случаѣ надобности, исправлять и перемѣнять таковые.

2) Между кладкою печи котла и стѣнами помѣщенія долженъ оставаться промежутокъ не менѣе полутора вершка, который по концамъ можетъ быть заложенъ и сверху перекрытъ.

3) Котлы, работающіе болѣе чѣмъ при шести атмосферахъ дѣйствительнаго давленія, а равно такіе, при которыхъ отъ перемноженія числа, выражающаго дѣйствительное давленіе въ атмосферахъ, на число квадратныхъ футовъ поверхности нагрѣва, получается произведеніе, превосходящее двѣсти, за исключеніемъ котловъ, составляемыхъ изъ трубъ, внутренній діаметръ коихъ (кромѣ собирателей пара или коллекторовъ) не болѣе четырехъ дюймовъ, а поверхность нагрѣва не превосходитъ 300 квадратныхъ футовъ, воспрещается устанавливать:

а) подъ мастерскими, жилыми комнатами и такими помѣщеніями, въ которыхъ находятся обыкновенно люди;

б) внутри всѣхъ исчисленныхъ въ пунктѣ *а* помѣщеній исключеніе допускается только для мастерскихъ, не покрытыхъ сводами и не имѣющихъ потолка на балкахъ, при чемъ мѣсто, занимаемое котлами, имѣющими самостоятельную топку, должно быть отдѣляемо отъ остальной части мастерскихъ перегородками, безопасными въ пожарномъ отношеніи, съ необходимыми проходами и дверьми; для котловъ же, дѣйствующихъ теряющимся жаромъ отъ какихъ либо печей, а равно при временныхъ устройствахъ, напримѣръ,

при инженерныхъ работахъ, въ рудникахъ, золотопромывальныхъ фабрикахъ и т. п. такого огражденія не требуется.

4) Двери и окна помѣщенія, гдѣ находится паровой котелъ, должны открываться наружу.

5) Помѣщеніе парового котла должно быть отдѣлено отъ жилыхъ комнатъ или мастерскихъ, если таковыя находятся рядомъ, каменною или кирпичною стѣною, толщиною на $1^1/_4$ аршина; полъ въ помѣщеніи парового котла долженъ быть изъ несгораемыхъ матеріаловъ.

6) Чрезъ котельный покой допускаются проходы, но никакъ не для общей массы рабочихъ, для которой проходъ изъ одного отдѣленія завода или фабрики въ другое, или во дворъ, долженъ быть особый, помимо котельнаго покоя.

7) Помѣщеніе котла на паровомъ суднѣ должно удовлетворять требованіямъ удобнаго надзора, ухода и доступа ко всѣмъ частямъ котла, требующимъ постояннаго осмотра. Полъ въ помѣщеніи пароходнаго котла долженъ быть изъ несгораемыхъ матеріаловъ или покрытъ таковыми.

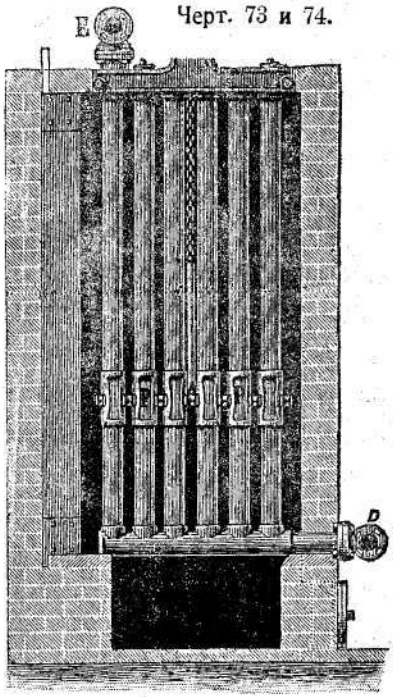
Экономайзеръ.

Отходящими газами паровыхъ котловъ пользуются иногда для подогрѣванія питательной воды для котла, достигая такимъ образомъ значительной экономіи въ расходѣ топлива: при этомъ питательная вода поступаетъ въ котелъ уже подогрѣтою до извѣстной температуры, смотря по температурѣ отходящихъ газовъ. Приборъ, которымъ производится вышесказанное подогрѣваніе воды называется *экономайзеромъ*.

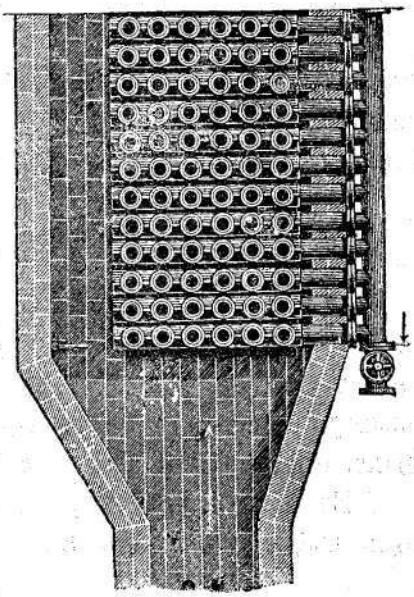
На черт. 73 и 74 изображенъ экономайзеръ (сист. Гринъ) въ двухъ видахъ: въ поперечномъ разрѣзѣ и въ планѣ. Онъ состоитъ изъ батареи вертикальныхъ чугунныхъ трубъ, количество которыхъ бываетъ различно. Діаметръ этихъ трубъ около 4 дюйм., длина около 9 футъ. Трубы эти соединены между собою

верхними и нижними коробками, которыя въ свою очередь соединяются съ одною верхнею E и одною нижнею D трубами, расположенными снаружи кладки. Питательная вода изъ водопровода поступаетъ по нижней трубѣ, наполняетъ всю батарею и чрезъ верхнюю направляется въ котелъ. Экономайзеръ помѣщается такъ, что отходящіе газы отъ котла, прежде чѣмъ выйти въ дымовую трубу, должны миновать экономайзеръ, передавая чрезъ стѣнки трубъ питательной водѣ большую часть своей теплоты.

Черт. 73 и 74.



Со временемъ на трубахъ экономайзера получился бы осадокъ сажи, которая, какъ извѣстно, плохой проводникъ теплоты. Во избѣжаніе этого всѣ вертикальныя трубы экономайзера снабжены особыми скребками P, которыя помощью особаго приспособленія непрерывно и медленно поднимаются и опускаются по наружной стѣнкѣ этихъ трубъ и такимъ образомъ постоянно счищаютъ съ нихъ сажу, которая падаетъ въ отдѣльную камеру.



ПАРОВЫЯ МАШИНЫ.

Паровыми машинами называются такія механическія приспособленія, которыя подъ давленіемъ водяного пара производятъ извѣстныя движенія, а слѣдовательно извѣстную механическую работу. Паровыя машины достигли въ настоящее время высокаго техническаго совершенства и имѣютъ преимущество предъ всѣми другими двигателями, вслѣдствіе постоянства ихъ дѣйствія независимо отъ постороннихъ вліяній. Такъ напр. примѣненіе силы вѣтра зависитъ отъ многихъ обстоятельствъ, которыя никогда нельзя предвидѣть; примѣненіе силы воды зависитъ также отъ многихъ случайностей. Лучшимъ образомъ устроенные вѣтряные и водяные двигатели остаются въ бездѣйствіи, когда совершенно спокойно или когда вѣтеръ слишкомъ сильный, когда воды совсѣмъ нѣтъ или когда ея очень много. Такимъ образомъ только паровыя машины, при всѣхъ поименованныхъ обстоятельствахъ, остаются всегда готовыми къ услугамъ человѣка, требуя для своего дѣйствія небольшого количества воды и топлива, всегда имѣющихся подъ рукою.

Раздѣленіе паровыхъ машинъ.

Всѣ паровыя машины имѣютъ однѣ и тѣ же главныя части, тѣмъ не менѣе по различію въ устройствѣ этихъ частей, по упругости дѣйствующаго пара и по назначенію своему, паровыя машины представляютъ весьма много разныхъ системъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда прямолинейное движеніе поршня взадъ и впередъ исполняетъ непосредственно какую

либо работу, напр. при насосахъ, молотахъ и т. п., то такія машины самаго простого устройства называются машинами *прямого дѣйствія*. Въ большинствѣ же случаевъ требуется круговращательное движеніе, а потому въ этихъ случаяхъ прямолинейное движеніе поршня паровой машины преобразовывается въ круговращательное, посредствомъ шатуна и кривошипа, и такія машины называются машинами *непрямого дѣйствія*, какъ напр. всѣ фабричныя, паровозныя, пароходныя и др. машины.

По величинѣ давленія пара машины раздѣляются на машины *высокаго, средняго и низкаго давленія*; въ первыхъ давленіе пара выше 4 атмосферъ, во вторыхъ отъ 4 до $1^1/_2$ и въ третьихъ давленіе пара около $1^1/_4$ атмосферы.

По способу впуска пара машины бываютъ: *одиночнаго дѣйствія*, когда паръ входитъ только съ одной стороны поршня, какъ это имѣетъ большею частью мѣсто въ паровыхъ молотахъ, и *двойного дѣйствія*, когда паръ дѣйствуетъ на поршень то съ одной стороны его, то съ другой—попеременно.

По способу дѣйствія пара машины бываютъ: *однократнаго дѣйствія*, когда независимо числа паровыхъ цилиндровъ, будь ихъ два или три, данное количество пара дѣйствуетъ въ одинъ пріемъ, т. е. передавъ извѣстную работу поршню, паръ выпускается въ атмосферу или въ холодильникъ; *двукратнаго дѣйствія*, когда при двухъ паровыхъ цилиндрахъ паръ сначала поступаетъ въ меньшій цилиндръ и, совершивъ въ немъ извѣстную работу, переходитъ въ большій, гдѣ дѣйствуетъ расширеніемъ, и уже изъ этого послѣдняго—паръ поступаетъ въ холодильникъ. *Троекратнаго дѣйствія* съ тремя цилиндрами различнаго діаметра высокаго, средняго и низкаго давленія; паръ послѣдовательно переходитъ изъ одного цилиндра въ слѣдующій, окончивъ свое дѣйствіе въ предъидущемъ.

Кромѣ того различаютъ машины: *безъ расширенія*, т. е. при постоянномъ давленіи пара во все время хода поршня; съ *постояннымъ расширеніемъ* (отсѣчкою) пара, когда послѣдній наполняетъ только извѣстную часть цилиндра, а затѣмъ поршень движется расширеніемъ пара и давленіе его слѣдовательно постоянно уменьшается; *съ перемѣннымъ расширеніемъ*, измѣняемымъ въ одной и той же машинѣ, смотря по надобности.

По роду выпуска пара машины бываютъ: съ *холодильникомъ*, въ которомъ отработанный паръ, вслѣдствіе впрыскиваемой холодной воды, охлаждается и уменьшаетъ свою упругость до 0,1 атмосферы и безъ холодильника, когда отработанный паръ выпускается прямо въ атмосферу.

По установкѣ парового цилиндра машины различаютъ: съ *постоянными цилиндрами*, когда они неподвижны и съ *качающимися цилиндрами*. Смотря по направленію оси парового цилиндра—горизонтально или вертикально, машины бываютъ: *горизонтальныя* или *вертикальныя*.

По числу цилиндровъ машины бываютъ: съ однимъ, двумя, тремя и болѣе цилиндрами. По скорости же хода поршня машины бываютъ: *быстроходныя* до 10 фут. въ 1 сек., *средней скорости* до 5,5 фут. и *тихоходныя* отъ 3,25 до 4,25 фут. въ 1 сек.

По отношенію къ подвижности машины раздѣляются на *неподвижныя* или *постоянныя*, напр. фабричныя машины, *переносныя* или *передвижныя*, напр. локомобили и *самодвижущіяся*, напр. паровозы, пароходы.

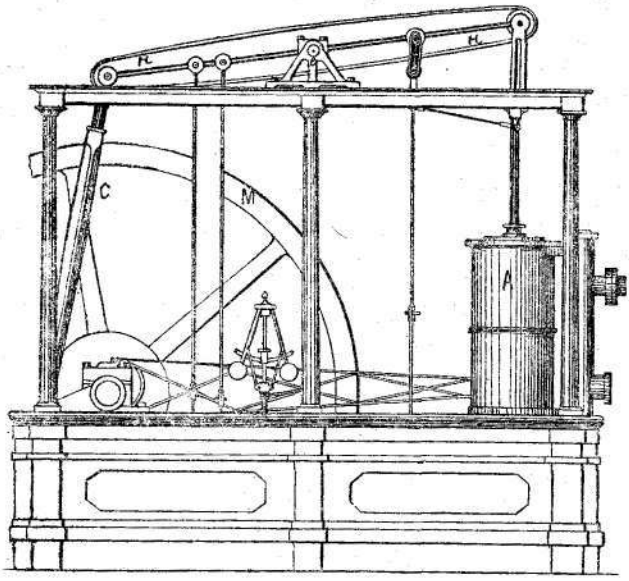
Затѣмъ различаютъ еще машины и по другимъ особенностямъ и по именамъ ихъ изобрѣтателей, каковы машины: *Уатта*, *Вульфа*, *Мейера*, *Корлиса* и др.

Машина Уатта.

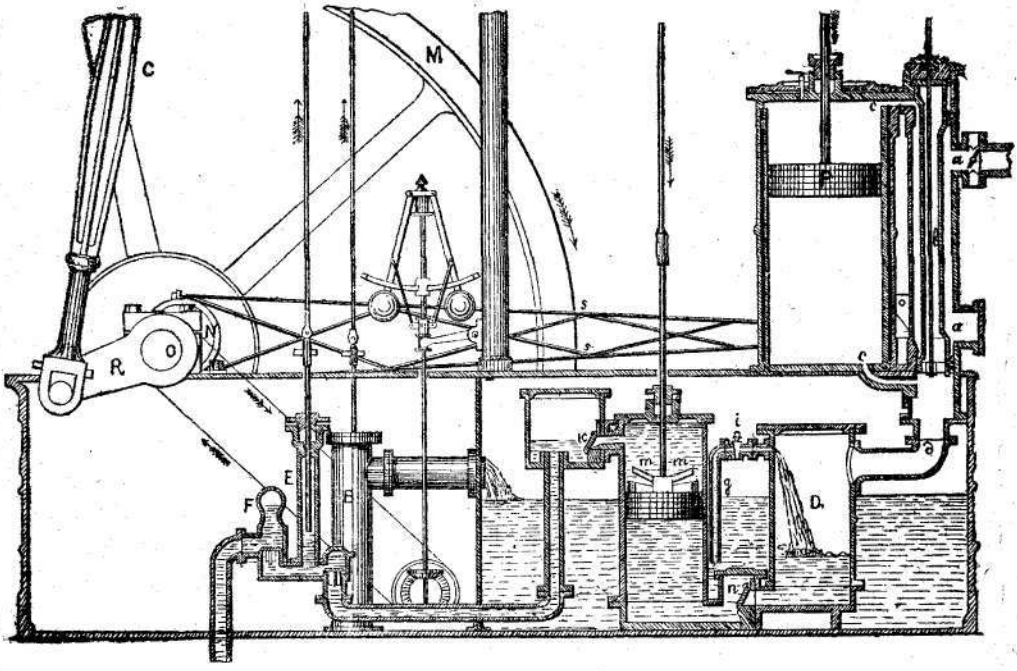
Устройство и дѣйствіе машины Уатта (*балансирной, низкаго давленія*) уясняется изъ черт. 75, представляющаго боковой видъ и черт. 76, изображающаго продольное сѣченіе ея въ увеличенномъ размѣрѣ для большей ясности частей. А—паровой цилиндръ, въ которомъ находится поршень Р, приводимый въ движеніе вверхъ и внизъ попеременнымъ впускомъ пара изъ котла то по ту, то по другую сторону поршня. Поршень, раздѣляя цилиндръ на два отдѣленія, между которыми не должно быть никакого сообщенія рабочаго и отработаннаго пара, долженъ быть вполнѣ непроницаемъ. Съ этою цѣлью дѣлаютъ пеньковую набивку, которая закладывается туго въ кольцеобразную выемку, вокругъ поршня по его обводу, и нажимается чугунною крышкою посредствомъ болтовъ. Для сохраненія, по возможности, температуры пара неизмѣнною, цилиндръ окруженъ кожухомъ и пространство между цилиндромъ и кожухомъ наполняется паромъ или воздухомъ. Верхняя крышка цилиндра имѣетъ отверстіе (*сальникъ*), сквозь которые проходитъ стержень парового поршня. Это отверстіе окружено цилиндрическою коробкою, въ которую вокругъ стержня кладутся пеньковыя плетенки, пропитанныя саломъ, и нажимаются затѣмъ особою втулкою съ фланцемъ посредствомъ болтовъ. Такимъ образомъ набивка, прижимаясь къ внутреннимъ стѣнкамъ коробки и къ обхватываемому ею гладко полированному стержню, предотвращаетъ выходъ пара изъ цилиндра, а равно доступъ туда атмосфернаго воздуха. Въ этой же крышкѣ имѣется особый кранъ (*маслянка*) для смазки поршня.

Ось балансира (коромысла) *e* укрѣпляется въ подшипникахъ на рамѣ, поддерживаемой колоннами. Балансиръ НН соединяется однимъ концомъ съ стержнемъ поршня и приводится послѣднимъ въ качательное движеніе, а другимъ—

Черт. 75.



Черт. 76.



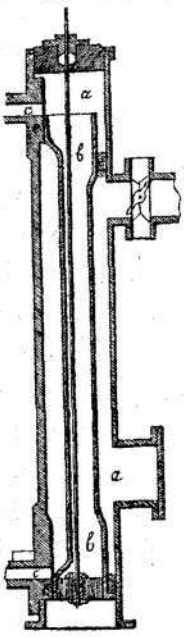
съ шатуномъ C, который въ свою очередь дѣйствуетъ на кривошипъ R и приводитъ во вращеніе валъ *o* съ маховымъ колесомъ M, отъ котораго получаютъ движеніе заводскіе и фабричные станки и машины.

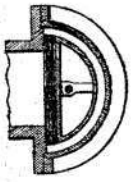
Холодильникъ D помѣщается въ чугунномъ ящикѣ, наполненномъ холодною водою. Съ боку холодильника находится трубка *g* съ краномъ *i* для регулированія впуска воды, служащей для охлажденія пара, поступающаго изъ парового цилиндра по трубѣ *d*. Отъ днища холодильника идетъ короткая труба къ воздушному насосу; въ этой трубѣ имѣется плоскій клапанъ *n*, открывающійся во внутрь воздушнаго насоса. Поршень насоса приводится въ движеніе особымъ стержнемъ, соединеннымъ съ балансиромъ. Въ поршнѣ находится клапанъ *m*, открывающійся къ верху. Верхняя часть воздушнаго насоса соединена съ особымъ резервуаромъ помощью трубы, въ которой имѣется также клапанъ *k*, открывающійся наружу насоса. Въ этотъ резервуаръ выкачивается горячая вода изъ холодильника, которая затѣмъ помощью питательнаго насоса E частью накачивается въ котелъ для пополненія расхода ея въ видѣ пара, остальная же часть стекаетъ по трубѣ и желобамъ и отводится куда нибудь въ сторону. Воздушный стаканъ F служитъ для того, чтобы впускъ воды въ паровой котелъ былъ болѣе равномѣрный. Насосъ B поднимаетъ воду изъ колодца или другаго источника и качаетъ ее въ ящикъ, въ которомъ помѣщается холодильникъ и воздушный насосъ, взамѣнъ воды, израсходованной на охлажденіе пара.

Паръ изъ котла идетъ по паропроводной трубѣ въ пораспредѣлительную коробку *aa*, при чемъ большій или меньшій впускъ его регулируется особою заслонкою. Попеременный же впускъ и выпускъ пара по каналамъ *cc* въ цилиндръ, а оттуда въ холодильникъ, достигается особымъ золотникомъ *b*, приводимымъ въ движеніе помощью эксцент-

рика N, насаженнаго на валъ махового колеса, особой тяги S и системы рычаговъ съ рукояткою.

Черт. 77 и 78.



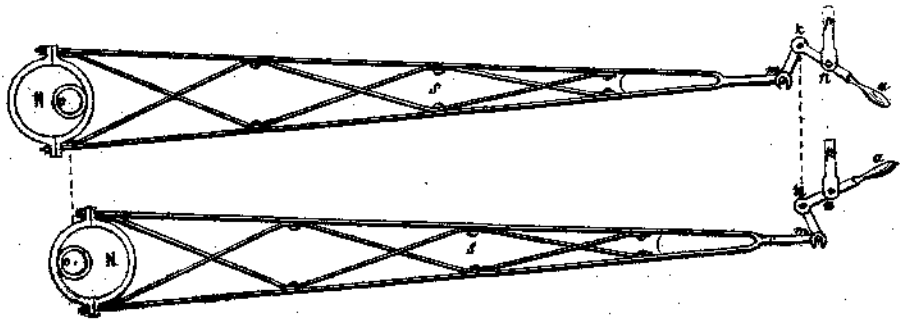


Парораспредѣлительный золотникъ *вв* имѣетъ въ поперечномъ сѣченіи форму полуцилиндра, полаго внутри и съуженнаго въ средней своей части, какъ это представлено на черт. 77 и 78 въ увеличенномъ видѣ. Парораспредѣлительная коробка *аа* такового же сѣченія и вслѣдствіе набивокъ, находящихся вверху и внизу, въ промежуткѣ между стѣнками ея и золотника, раздѣляется на три отдѣленія, изъ которыхъ среднее сообщается съ паропроводною трубою и потому всегда наполнено свѣжимъ паромъ; другія же два отдѣленія сообщаются между собою вслѣдствіе пустоты золотника и въ то же время съ холодильникомъ. Такъ какъ набивки вокругъ золотника, а равно плоскости скольженія его *ее* вполнѣ непроницаемы для пара, то впускъ его въ цилиндръ можетъ имѣть мѣсто только или сверху, или снизу, а равно выходъ отработаннаго пара въ холодильникъ— или непосредственно снизу, или сверху чрезъ пустой золотникъ.

Движеніе золотника происходитъ помощью эксцентрика N, насаженнаго прочно на главный валъ *o* такимъ образомъ, что разстояніе между центрами вала и эксцентрика около 3 дюйм. На эксцентрикѣ имѣется мѣдное кольцо (*хомутъ*), соединенное съ тягою S, черт. 79 и 80. Когда валъ вращается, увлекая къ собою эксцентрикъ, то тяга, прикрѣпленная къ эксцентриковому хомуту, получаетъ перемѣнное движеніе взадъ и впередъ, совершенно подобно тому, какъ если бы она была соединена съ кривошипомъ на валѣ. Экс-

центриковая тяга, укрѣпленная для большей жесткости ея перекрещивающимися прутьями, соединяется съ однимъ пле-

Черт. 79 и 80.



чемъ колѣнчатаго рычага *ткп*, вращающагося на валикѣ *к*, между тѣмъ какъ другое плечо этого рычага, помощью тяги *р* и поперечины соединяется съ золотниковымъ стержнемъ. Такимъ образомъ, благодаря вращенію эксцентрика, золотникъ получаетъ поперемѣнное движеніе вверхъ и внизъ. Когда машина находится въ покоѣ, тогда эксцентрикъ разобщенъ съ золотникомъ, т. е. конецъ эксцентриковой тяги приподнятъ и выведенъ изъ сообщенія съ колѣнчатымъ рычагомъ. Въ этомъ случаѣ золотникъ можно свободно переводить въ ручную, посредствомъ рукоятки *а*, устроенной собственно съ этою цѣлью.

Вначалѣ пуска въ ходъ паровой машины необходимо прежде всего прогрѣть паровой цилиндръ и холодильникъ и удалить оттуда заключающійся тамъ воздухъ. Съ этой цѣлью осторожно впускаютъ паръ поперемѣнно, то сверху, то снизу поршня, переставляя золотникъ помощью рукоятки и опуская его при этомъ настолько низко, чтобы паръ изъ парораспредѣлительной коробки направлялся прямо въ холодильникъ. Воздухъ изъ холодильника выпускается помощью особаго клапана, открывающагося наружу.

Предположимъ, что поршень находится вверху цилиндра, слѣдовательно золотникъ долженъ быть поднятъ и верхнее

окно открыто, поэтому паръ будетъ входить сверху поршня. Нижнее окно будетъ также открыто, но для выхода пара и воздуха, наполняющихъ цилиндръ снизу, въ холодильникъ. Здѣсь онъ встрѣчается со струею холодной воды, которая постоянно льется сюда черезъ кранъ. При этомъ паръ мгновенно сгущается, обращается въ воду и въ цилиндрѣ подъ поршнемъ образуется пустота. Слѣдовательно паръ, проходящій по паровой трубѣ въ верхнюю часть цилиндра, не встрѣчая сопротивленія снизу поршня, своимъ давленіемъ заставляетъ поршень опускаться. Когда поршень приближается къ днищу, то золотникъ, опускается также, сначала закроетъ верхнее и нижнее окна, а затѣмъ при дальнѣйшемъ опусканіи снова ихъ откроетъ, при чемъ верхнее для сообщенія его съ холодильникомъ, а нижнее—для впуска свѣжаго пара изъ парораспредѣлительной коробки, какъ это представлено на черт. 77. При этомъ паръ, который заставлялъ поршень опускаться и наполнилъ весь цилиндръ сверху поршня, устремится въ холодильникъ, гдѣ онъ немедленно охлаждается струею холодной воды, а паръ, пропускаемый чрезъ нижнее окно, наполняетъ цилиндръ снизу поршня и заставляетъ послѣдній подниматься. Когда поршень достигнетъ до верха цилиндра, золотникъ также будетъ поднятъ на столько, что откроетъ верхнее окно для впуска свѣжаго пара въ цилиндръ сверху, а нижнее—для выхода пара въ холодильникъ. Подобное движеніе поршня будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не прекратится впускъ пара въ цилиндръ.

Вода, получаемая въ холодильникѣ отъ охлажденія пара, выкачивается воздушнымъ насосомъ въ состояніи теплой воды. Когда поршень воздушнаго насоса поднимается, онъ оставляетъ за собою пустоту, поэтому клапанъ n, освобождаемый отъ давленія со стороны насоса и напираемый въ то же время давленіемъ воды съ противоположной стороны, открывается и теплая вода изъ холодильника проходитъ въ

нижнюю часть воздушнаго насоса, откуда при обратномъ движеніи поршня, обратный входъ ея въ холодильникъ преграждается закрытіемъ клапана. Когда поршень воздушнаго насоса опускается, онъ упирается въ находящуюся подъ нимъ воду, вслѣдствіе этого давленія открывается клапанъ *m*, чрезъ который теплая вода проходитъ на верхъ поршня и, когда поршень опустится до самаго низу, теплая вода, находившаяся подъ нимъ, вся перейдетъ на верхъ его, откуда ей уже нельзя возвратиться, потому что клапаны поршня закрываются вслѣдствіе своей тяжести. При слѣдующемъ затѣмъ подъемѣ поршня, находящаяся на немъ вода выбрасывается въ теплый ящикъ чрезъ отливной клапанъ *к*.

Такъ какъ воздушный насосъ во время одного оборота машины дѣлаетъ лишь одинъ ходъ, а между тѣмъ паровой цилиндръ за это время дважды наполняется паромъ, поэтому размѣры поршня воздушнаго насоса должны быть настолько велики, чтобы за одинъ ходъ удалить изъ холодильника столько воды, сколько ея необходимо для охлажденія пара двукратнаго наполненія цилиндра. Обыкновенно площадь поршня воздушнаго насоса составляетъ половину площади парового поршня.

Маховое колесо и шаровой регуляторъ.

Цѣль махового колеса заключается въ уравниваніи хода машинъ съ круговращательнымъ движеніемъ; при машинахъ же съ однимъ кривошипомъ маховое колесо кромѣ того необходимо для перевода поршня чрезъ мертвыя точки. Неравномѣрность въ ходѣ паровой машины при нормальномъ дѣйствіи ея происходитъ отъ слѣдующихъ причинъ:

1) отъ преобразованія прямолинейнаго движенія въ круговращательное, вслѣдствіе неизбѣжныхъ уклоновъ кри-

вошипа и шатуна, дѣйствіе поршня при одномъ оборотѣ машины будетъ дважды уменьшаться вблизи мертвыхъ точекъ и дважды ускоряться вблизи средняго положенія его;

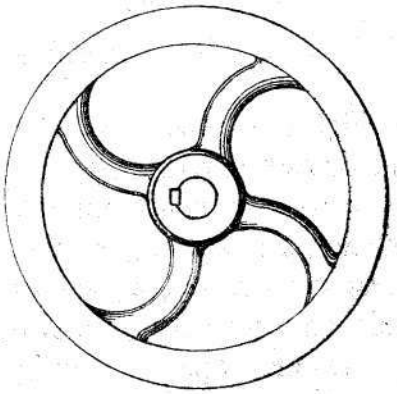
2) отъ неодинаковости давленія пара на поршень, дѣйствующаго расширеніемъ и

3) отъ измѣненія сопротивленія исполнительныхъ механизмовъ.

Первыя двѣ причины повторяются правильно при каждомъ оборотѣ машины, что же касается измѣненія сопротивленія, то таковое повторяется или въ извѣстные промежутки времени или же бываетъ случайное—въ неопредѣленное время. Такъ, при однокулачномъ молотѣ неравномѣрность въ сопротивленіи повторяется періодически однажды при одномъ оборотѣ машины; при прокатныхъ же машинахъ неравномѣрность въ сопротивленіи повторяется въ теченіи нѣсколькихъ оборотовъ машины. Случайныя, неправильныя измѣненія сопротивленія встрѣчаются въ тѣхъ случаяхъ, когда пускаютъ въ ходъ или останавливаютъ одновременно большее или меньшее количество станковъ.

На черт. 81 представлено маховое колесо размѣромъ до 10 фут. въ діаметрѣ; ободъ, спицы и натронъ или втулка его составляетъ одно цѣлое. Для уничтоженія вредныхъ послѣдствій усадки чугуна, колеса отливаютъ съ криволинейными спицами; при прямыхъ же спицахъ, для свободной усадки послѣ отливки, втулку отливаютъ съ двумя или тремя прорѣзами, въ которые затѣмъ вгоняютъ желѣзныя планки и снаружи на обточенные концы втулки надѣваютъ въ на-

Черт. 81.



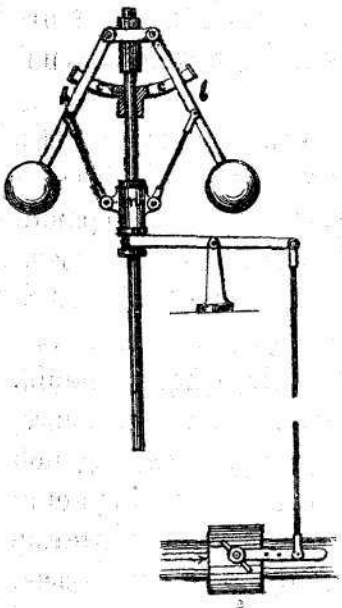
грѣтомъ состояніи два желѣзныхъ кольца. Маховыя колеса большихъ размѣровъ изготовляются изъ двухъ частей, разрѣзъ которыхъ проходитъ по направленію діаметра или же составляются изъ нѣсколькихъ косяковъ обода, каждый отлитый вмѣстѣ съ одной спицей и затѣмъ скрѣпленныхъ помощью болтовъ, колецъ и планокъ.

Дѣйствіе махового колеса тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ меньше промежутки повторенія этихъ неравномѣрностей, чѣмъ больше вѣсъ маховаго колеса, или больше скорость вращенія его на окружности. Въ моментъ уменьшенія сопротивленія исполнительнаго механизма, масса маховаго колеса принимаетъ избытокъ силы движителя пара, который она расходуетъ затѣмъ въ моментъ увеличенія сопротивленія. На практикѣ найдено, что сила, скопляющаяся въ маховикѣ, бываетъ отъ $2^1/_2$ до 6-ти разъ больше силы, производимой съ каждымъ ходомъ поршня. Но если сопротивленіе уменьшается на продолжительное время, то очевидно, вслѣдствіе избытка работы пара, и ходъ машины будетъ ускоряться. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ маховое колесо безсильно сохранить нормальную скорость и съ этою цѣлью употребляютъ спеціальные регуляторы, которые въ отличіе отъ маховика служатъ для уравниванія случайныхъ неравномѣрностей въ ходѣ машины при измѣненіи сопротивленія на неопредѣленное время.

Регуляторы бываютъ различнаго устройства, но по своей простотѣ и прочности исключительное примѣненіе на практикѣ имѣютъ шаровые или центробѣжные регуляторы, изобрѣтеніе которыхъ принадлежитъ Уатту. Сущность устройства шарового регулятора, представленнаго на черт. 82, заключается въ слѣдующемъ. На вертикальной оси, приводимой въ дѣйствіе отъ вала маховаго колеса, помощью пары зубчатыхъ колесъ или ремня, подвѣшаны посредствомъ двухъ ручекъ *вв* два тяжелыхъ шара, которые при данной нормаль-

ной скорости занимаютъ опредѣленное среднее положеніе. Скобка *cc* ограничиваетъ высшее и низшее положеніе шаровъ.

Черт. 82.



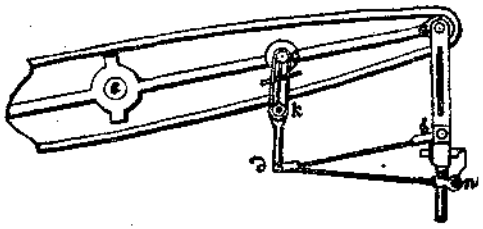
Къ ручкамъ регулятора посредствомъ двухъ тягъ подвѣшивается муфта *m*, соединенная посредствомъ рычажнаго прибора съ вращающимся клапаномъ, помѣщеннымъ въ паропроводной трубѣ. Среднему положенію шаровъ соотвѣтствуетъ среднее положеніе клапана; высшему же положенію шаровъ должно соотвѣтствовать прикрытое положеніе клапана, а низшему—вполнѣ открытое горизонтальное его положеніе. Въ случаѣ увеличенія сопротивленія, ходъ машины замедляется, шары начнутъ опускаться, открытіе клапана будетъ увеличиваться и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличится количество пара. Наоборотъ, при уменьшеніи сопротивленія, шары будутъ подниматься, а клапанъ прикрываться, уменьшая впускъ пара. Слѣдовательно, регуляторъ будетъ постоянно уравнивать работу пара и сопротивленія, сохраняя работу пара болѣе или менѣе постоянною.

Параллелограмъ Уатта.

Стержень поршня сообщается съ балансиромъ посредствомъ двухъ короткихъ тягъ, расположенныхъ съ каждой стороны балансира, какъ показано на черт. 83. Эти тяги обыкновенно дѣлаются одинаковой длины съ кривошипомъ цѣль ихъ—дать возможность концу балансира двигаться по дугѣ круга, между тѣмъ какъ стержень поршня долженъ

постоянно сохранять вертикальное положеніе. Чтобы удержать верхній конецъ стержня въ вертикальномъ положеніи, имѣются въ нѣкоторыхъ машинахъ, по обѣ стороны стержня поршня, направляющія полосы, между которыми скользитъ головка стержня, и такимъ образомъ стержень поддерживается въ вертикальномъ положеніи въ каждой точкѣ хода поршня.

Черт. 83.



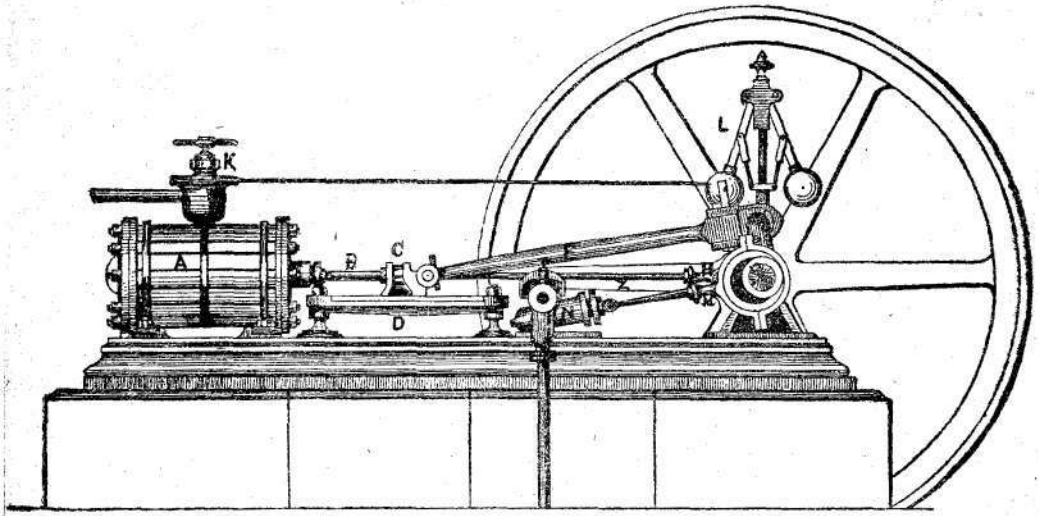
Болѣе же употребительный способъ для достиженія этой цѣли состоитъ въ другомъ устройствѣ, называемомъ *параллелограмомъ Уатта*, представленномъ на черт. 83. Въ точкѣ *с* соединенія балансира со стержнемъ воздушнаго насоса привѣшаны тяги *сд*, подобныя тягамъ *ав*; нижніе концы этихъ тягъ соединены въ свою очередь тягами *дв*. Къ концамъ тягъ *д* присоединяютъ двѣ другія тяги *дп*, которыхъ концы *п* насажены на неподвижную ось, прикрѣпленную къ верхней рамѣ машины. Ясно, что дуга, описываемая точкою *д* изъ центра *п*, противоположна дугѣ описываемой точкою *в* изъ центра *д*, поэтому дуга, описываемая точкою *в*, становится прямою линіею, вмѣсто кривой.

Стержень воздушнаго насоса, прикрѣпленный къ точкѣ *к* тяги *сд*, имѣетъ также вертикальное направленіе, ибо разстояніе отъ центра оси балансира до точки *с* дѣлается равнымъ длинѣ тяги *дп*. Отсюда слѣдуетъ, что верхній конецъ тяги *сд* будетъ ходить по одной дугѣ, а нижній конецъ— по другой, равной и противоположной. Поэтому точка *к*, находящаяся посрединѣ между ними, въ которой эти противоположныя движенія встрѣчаются, будетъ ходить не по дугѣ круга, а по вертикальной прямой.

Горизонтальныя машины.

Горизонтальныя машины бываютъ средняго и высокаго давленія, съ расширеніемъ и безъ расширенія пара. Впрочемъ расширеніе пара приноситъ значительную пользу лишь въ машинахъ болѣе 10 силъ. Главный валъ горизонтальной машины расположенъ большею частью у земли. На черт. 84 представленъ общій видъ горизонтальной машины силою 12

Черт. 84.



паров. лошадей. Паровой цилиндръ A защищенъ снаружи одеждою дурно-проводящею теплоту. Одежда эта состоитъ изъ войлока или мастики и покрывается сверху деревянными планками, стянутыми обручами. Стержень поршня B направляется всегда горизонтально помощью крейцкопфа C, который движется по параллели D. Движущійся шатунъ E, изъ кованнаго желѣза или стали, приводитъ во вращеніе кривошипъ главнаго вала. На концѣ вала насажено маховое колесо. Движеніе пароraспредѣлительнаго золотника, расположеннаго по другую сторону цилиндра, происходитъ по-

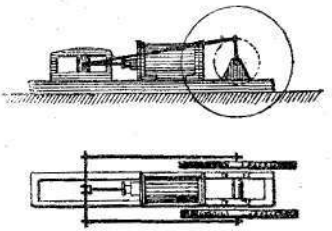
мощью эксцентрика H и тяги Z. Поршень питательнаго наноса N приводится въ дѣйствіе помощью особаго эксцентрика M, насаженнаго на томъ же валу. Регулированіе впуска пара въ цилиндръ достигается помощью клапана K и особой заслонки, приводимой въ дѣйствіе регуляторомъ L.

Цилиндръ, направляющая параллель, подшипники главнаго вала и питательный насосъ съ регуляторомъ укрѣпляются на общей чугунной плитѣ, которая въ свою очередь располагается на особенномъ каменномъ фундаментѣ и прикрѣпляется къ нему помощью длинныхъ болтовъ, задѣланныхъ въ кладку.

Горизонтальныя машины весьма удобны для ухода за ними, но при большихъ размѣрахъ требуютъ очень много мѣста. Кромѣ того при горизонтальныхъ цилиндрахъ, въ особенности большаго діаметра и съ тяжелымъ поршнемъ, при пропускѣ поршневаго стержня черезъ одну только крышку, проявляется сильное треніе нижней части тѣла поршня объ низъ цилиндра, который поэтому скоро разрабатывается въ этомъ мѣстѣ.

При ограниченности помѣщенія примѣняютъ нерѣдко къ горизонтальнымъ машинамъ *обратные шатуны*, какъ это представлено на черт. 85 и 86, но при этомъ стѣсняется доступъ къ паровому цилиндру. Для предупрежденія же провисанія тяжелаго поршня, при положеніи его въ противоположной мертвой точкѣ, стержень поршня дѣлается сквознымъ, пропуская его черезъ обѣ цилиндровыя крышки.

Черт. 85 и 86.

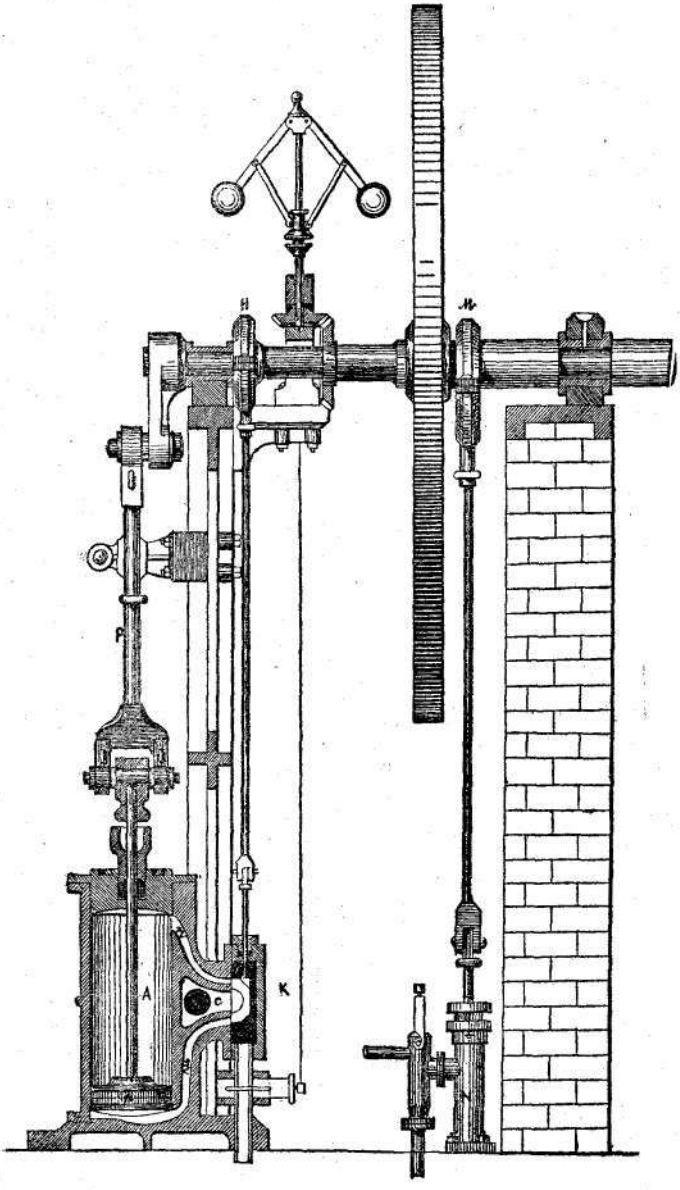


Вертикальныя машины.

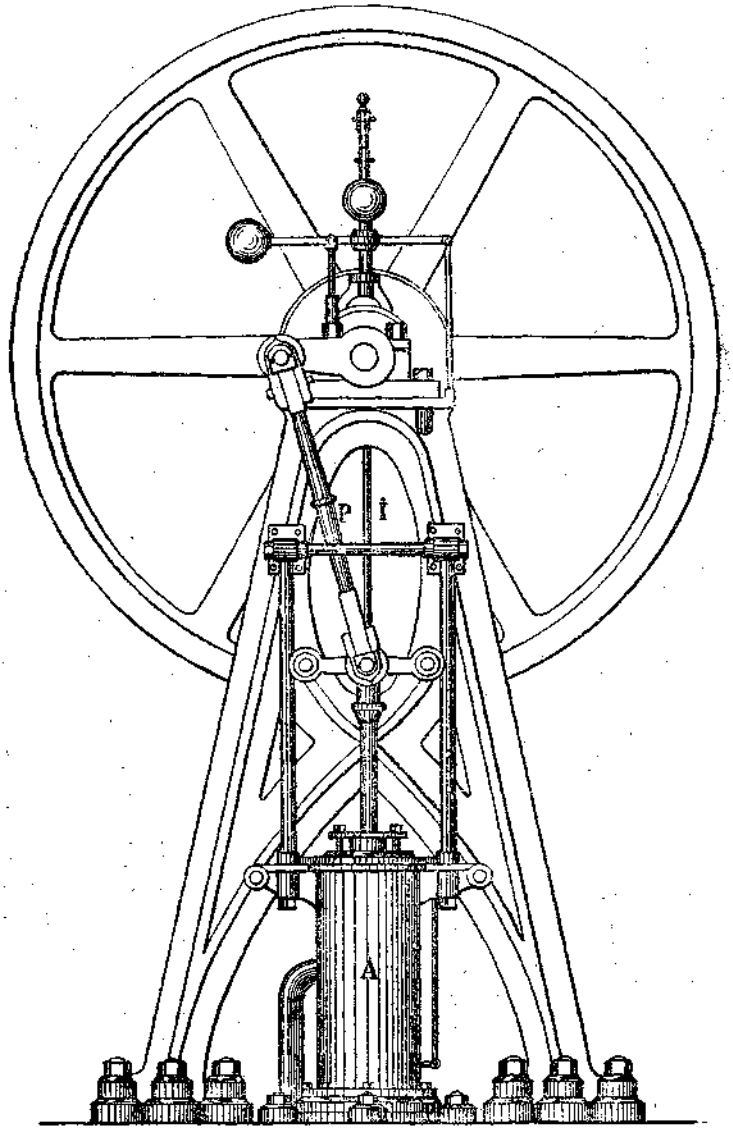
Вертикальныя машины занимаютъ сравнительно немного мѣста, но за то менѣе устойчивы. Если цилиндръ расположенъ внизу, то, при отсутствіи балансира, главный валъ располагается на большей или меньшей высотѣ надъ поломъ, смотря по размѣрамъ машины. На черт. 87 представлена вертикальная 10 сильная машина высокаго давленія. Паровой цилиндръ A соединяется непосредственно нижнею своею частью съ фундаментною плитою, замѣняющею собою нижнюю цилиндровую крышку. Поршень B, находясь такъ сказать на вѣсу, при правильной вертикальной установкѣ цилиндра, почти не производитъ тренія о стѣнки цилиндра при движеніи своемъ вверхъ и внизъ. Поршневой стержень, пройдя чрезъ верхній сальникъ, соединяется прочно съ особою поперечиною, которая при помощи двухъ роликовъ, движущихся по параллелямъ, черт. 88, направляетъ стержень всегда вертикально. Въ то же время стержень соединяется помощью шатуна P съ кривошипомъ вала, на которомъ находится маховое колесо. Чугунная станина укрѣплена на той же фундаментной плитѣ, какъ и цилиндръ, и на верхней своей части имѣетъ гнѣздо для подшипника главнаго вала, другой подшипникъ котораго находится на особой каменной стѣнкѣ. Такимъ образомъ помощью станины цилиндръ неизмѣнно соединенъ съ главнымъ валомъ. Въ золотниковой коробкѣ K имѣется золотникъ, приводимый въ движеніе тягою I и эксцентрикомъ H. Движеніе поршня питательнаго насоса N достигается помощью эксцентрика M, насаженнаго на главный валъ.

Золотниковая коробка сообщается съ верхнею и нижнею частями цилиндра помощью каналовъ *m* и *n*; средній же каналъ помощью трубки *e* сообщается постоянно съ атмосферою. Въ положеніи, представленномъ на чертежѣ, оба

Черт. 87.



Черт. 88.



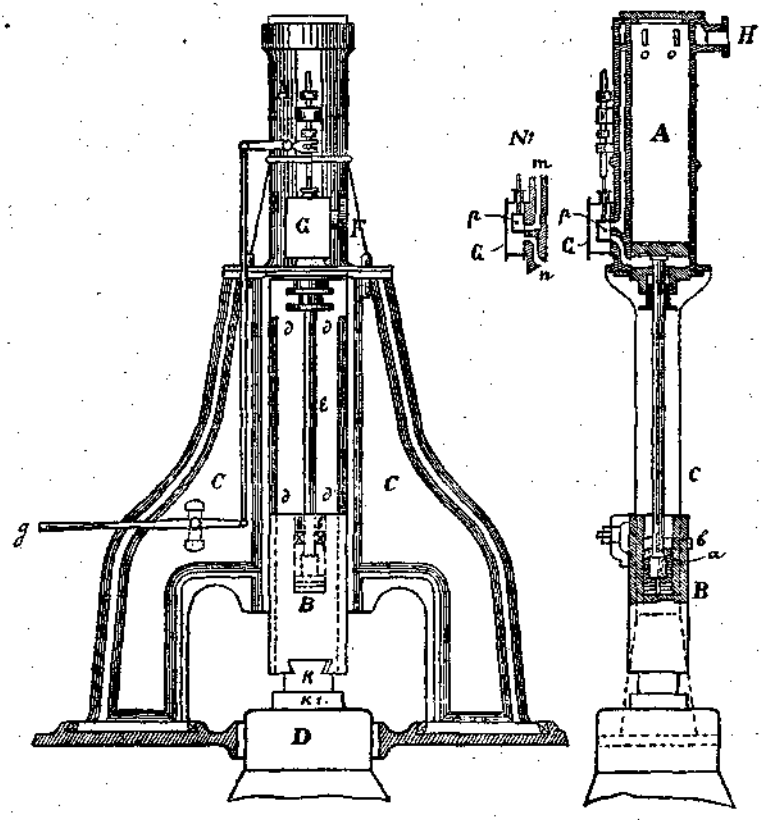
канала *m* и *n* закрыты и поршень находится внизу; но едва только поршень поднимется немного вверхъ дѣйствіемъ махового колеса, какъ нижній каналъ начнетъ открываться и паръ входитъ, дѣйствуя на нижнюю часть поршня. Въ то же время открывается и верхній каналъ и помощью углубленія въ золотникѣ сообщается со среднимъ каналомъ, предоставляя такимъ образомъ выходъ отработанному пару наружу. Когда поршень достигнетъ половины своего хода, тогда оба окна открыты совсѣмъ, а затѣмъ, при дальнѣйшемъ его слѣдованіи, окна снова начнутъ закрываться и, когда поршень достигнетъ верхней мертвой точки, то оба окна будутъ закрыты, какъ для впуска свѣжаго пара, такъ и для выхода отработаннаго.

Паровой молотъ.

Паровой молотъ представляетъ собою машину прямого дѣйствія, т. е. такую, въ которой дѣйствіе силы пара передается непосредственно на обрабатываемый предметъ. Устройство парового молота одиночнаго дѣйствія изображено на черт. 89 въ боковомъ видѣ и на черт. 90 въ вертикальномъ разрѣзѣ. Онъ состоитъ изъ парового цилиндра A, бабы B, станины CC и стула D; K и K¹ — бойки изъ которыхъ верхній соединяется прочно съ бабою, а нижній — укрѣпляется неподвижно въ стулѣ. Баба прикрѣпляется къ головкѣ поршневого стержня E посредствомъ разрѣзной втулки *a* и чекъ *вв* и направляется выступами *дд*, составляющими со станиною одно цѣлое. Рабочій паръ притекаетъ по трубкѣ F въ золотниковую коробку G, въ которой движется золотникъ *p*. При положеніи золотника, обозначенномъ на чертежѣ, баба лежитъ на стулѣ и поршень занимаетъ самое низкое положеніе. Для приведенія машины въ движеніе поднимаютъ ручку *g* вверхъ, при этомъ золотникъ *p* приходитъ въ поло-

женіе, обозначенное особо на чертежѣ подъ литер. N. Въ этомъ положеніи рабочій паръ изъ золотниковой коробки

Черт. 89 и 90.



притекаетъ по каналу *m* подъ поршень и поднимаетъ его вверхъ, а вмѣстѣ съ нимъ и бабу В. Когда поршень достигнетъ верхняго предѣльнаго положенія, опускаютъ ручку *g* внизъ и золотникъ приходитъ опять въ положеніе, обозначенное на черт. 90. Заключенный подъ поршнемъ паръ уходитъ по каналамъ *n*, *m*, въ пароотводную трубу Н и баба, не поддерживаемая болѣе силою пара, падаетъ свободно и производитъ ударъ.

Ударъ молота тѣмъ сильнѣе, чѣмъ тяжелѣе баба и чѣмъ больше высота паденія, т. е. чѣмъ больше ходъ поршня. Чтобы при несвоевременномъ опусканіи ручки *g* поршень не поднимался слишкомъ высоко и не ударялъ въ крышку, служатъ отверстія *oo*. При слишкомъ высокомъ поднятіи поршня онъ приходитъ въ такое положеніе, при которомъ нижній край его становится выше нижнихъ краевъ отверстій *oo* и въ этотъ моментъ находящійся подъ поршнемъ паръ уходитъ чрезъ эти отверстія въ паровыпускную трубу H. Находящійся же надъ поршнемъ воздухъ, не имѣя возможности уходить въ этомъ случаѣ въ отверстія *oo* и сжимаясь поэтому между поршнемъ и верхнею крышкою цилиндра, образуетъ упругую прокладку, защищающую крышку отъ непосредственныхъ ударовъ. Обыкновенно паровые молоты снабжаются такими приспособленіями, благодаря которымъ впускъ пара въ цилиндръ при извѣстной высотѣ поднятія поршня закрывается автоматически.

Самый малый размѣръ паровыхъ молотовъ, чаще всего встрѣчающихся, это отъ ½ до 1 тонны, но встрѣчаются также молоты, вѣсъ бабы которыхъ достигаетъ 50 и больше тоннъ.

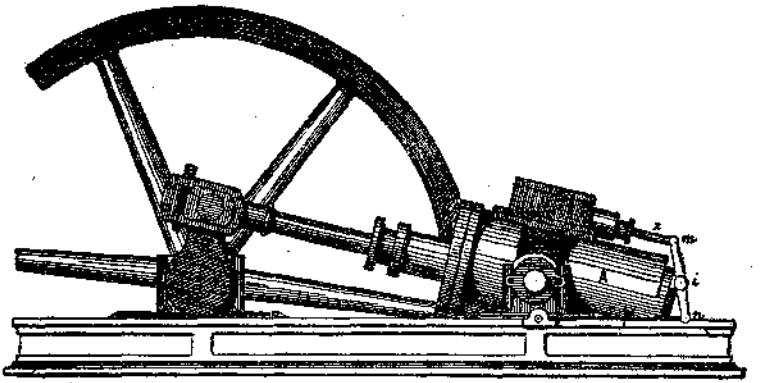
Машины съ качающимися цилиндрами.

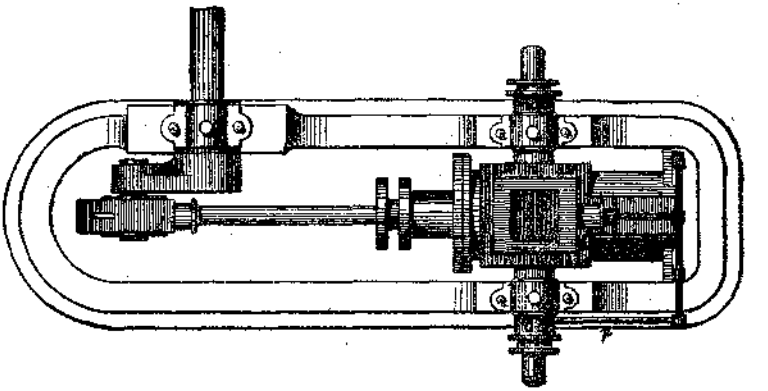
Для сокращенія длины горизонтальныхъ и высоты вертикальныхъ машинъ, употребляется система качающихся цилиндровъ, снабженныхъ каждый двумя пустотѣлыми цапфами. Чрезъ одну изъ нихъ поступаетъ въ цилиндръ свѣжій паръ, а чрезъ другую выдѣляется отработанный паръ. Поршневой стержень непосредственно дѣйствуетъ на кривошипъ или на колѣно вала и такимъ образомъ шатуна при этомъ устройствѣ совершенно не надо.

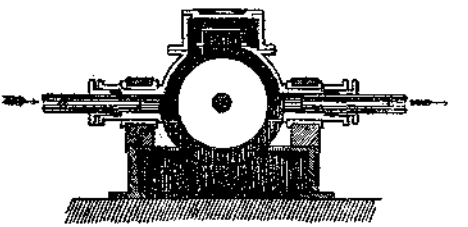
На черт. 91, 92 и 93 представлена машина съ качающимся цилиндромъ въ боковомъ видѣ, въ планѣ и въ попе-

речномъ разрѣзѣ. Паровой цилиндръ А съ двумя пустотѣлыми цапфами *д*, *д*, отлитыми за одно съ цилиндромъ и вращающимися въ особыхъ подшипникахъ, а эти послѣдніе укрѣп-

Черт. 91, 92 и 93.







лены въ подушкахъ машинной части. На этихъ цапфахъ цилиндръ и совершаетъ качательное движеніе. Неподвижныя

паровыя трубы *a* и *c* входятъ во внутрь цапфъ и соединяются съ послѣдними посредствомъ сальниковъ. Свѣжій паръ поступаетъ по трубѣ *a*, откуда особымъ каналомъ *m* въ золотниковую коробку; отработанный же паръ изъ подъ золотника идетъ по другому каналу *n* въ трубу *c*, а оттуда въ атмосферу.

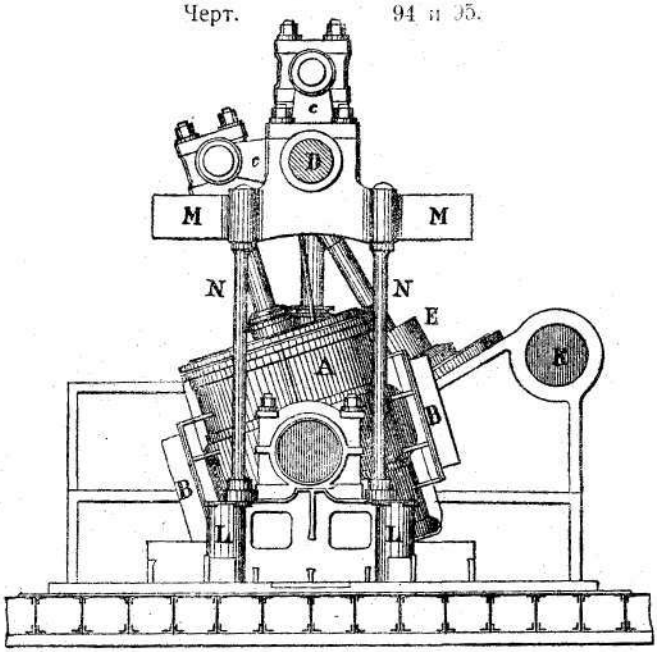
При дѣйствіи машины, когда поршень движется взадъ и впередъ, головка поршневого стержня, соединенная непосредственно съ пальцемъ кривошипа R, должна также вращаться вмѣстѣ съ послѣднимъ, сообщая этимъ цилиндру качательное движеніе около оси его цапфъ. Этимъ качаніемъ цилиндра пользуются иногда для движенія пораспредѣлительнаго золотника, а именно, помощью особаго рычага *m*, *n*, насаженнаго на постоянной оси *ii* и соединеннаго однимъ концомъ съ золотниковою тягою Z, а другимъ — помощью особой тяги, съ постоянною точкою *o*. При качаніи цилиндра ось *ii* движется также вверхъ и внизъ, при чемъ тяга *p* получаетъ качательное движеніе, передаваемое рычагу *mn* и золотнику. Размѣры частей и положеніе точекъ *o* и *i* избираются такъ, чтобы открытіе и закрытіе оконъ золотника было бы въ надлежащее время.

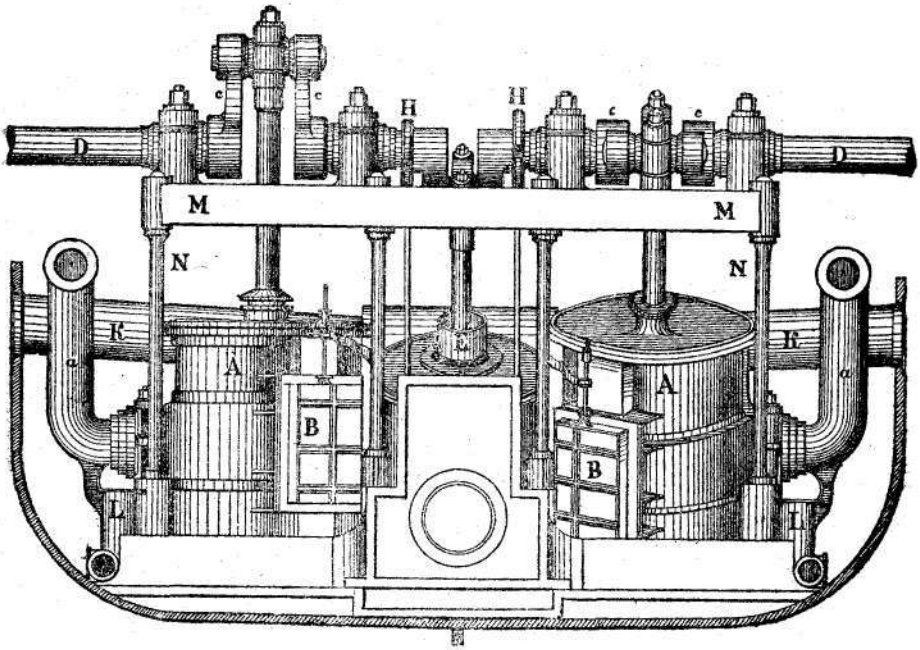
Устройство качающагося цилиндра довольно сложно и менѣе прочно, почему эти машины примѣняются рѣдко и только въ случаяхъ ограниченности помѣщенія. Наиболѣе частый случай примѣненія ихъ встрѣчается при колесныхъ пароходахъ—рѣчныхъ и морскихъ.

Пароходныя машины.

Въ виду невозможности употребленія махового колеса въ пароходныхъ машинахъ, послѣднія имѣютъ два или три качающихся цилиндра, поршни которыхъ дѣйствуютъ на кривошипы рабочаго вала, составляющіе другъ съ другомъ уголъ въ 90^0 при двухъ и 120^0 при трехъ цилиндрахъ.

Черт. 94 и 95.





На черт. 94 и 95 представлена пароходная машина съ холодильникомъ и двумя качающимися цилиндрами AA, расположенными поперекъ парохода; BB — золотниковыя коробки; *aa*—паропроводныя трубы. Головки поршневыхъ стержней соединяются съ цапфами кривошиповъ *cc*, насаженными на валъ DD подъ прямымъ угломъ другъ къ другу. Вслѣдствіе этого, когда одинъ кривошипъ находится въ мертвой точкѣ, другой, составляя съ линіею мертвыхъ точекъ прямой уголъ, вращаетъ валъ. По мѣрѣ вращенія кривошиповъ, паровые цилиндры наклоняются то въ одну, то въ другую сторону, вращаясь вокругъ своихъ пустотѣлыхъ цапфъ.

Распредѣленіе пара производится эксцентриками HH. Поршневой стержень воздушнаго насоса E приводится въ движеніе также колѣномъ вала DD. Откачиваемые воздухъ и вода поступаютъ въ трубу KK. Два изъ показанныхъ на чертежахъ насосовъ LL служатъ для накачиванія воды въ паровой котелъ, а два другіе—для выкачиванія изъ парохода проникшей въ него наружной воды.

Фундаментъ машины состоитъ изъ прочныхъ двутавровыхъ балокъ. Подшипники рабочаго вала составляютъ одно цѣлое съ верхнею фундаментною плитою MM, поддерживаемой 8-ью колоннами NN.

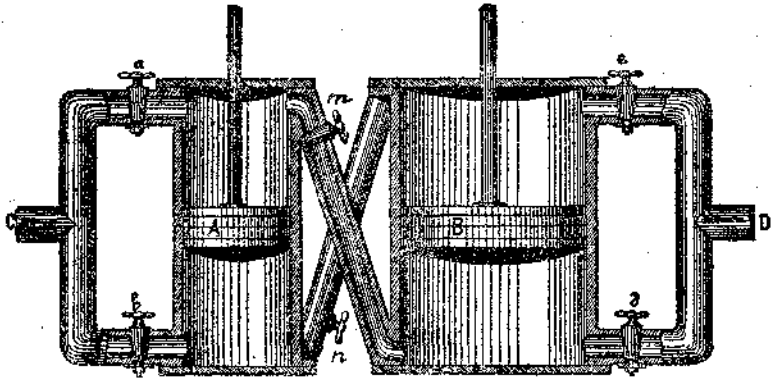
Машины Вульфа.

Большое расширеніе пара въ одномъ цилиндрѣ имѣетъ тотъ недостатокъ, что въ началѣ каждаго хода поршня паръ имѣетъ значительную упругость, а въ концѣ весьма ничтожную, вслѣдствіе чего давленіе на поршень весьма неравномѣрное. Для устраненія этого недостатка устраиваютъ машины *двукратнаго дѣйствія* системы Вульфа, съ двумя цилиндрами неодинаковаго діаметра. Поршни большаго и малаго цилиндра имѣютъ одновременное движеніе въ ту и дру-

тую сторону, при чемъ величина хода ихъ бываетъ или одинаковая или же въ маломъ цилиндрѣ ходъ поршня меньше.

На черт. 96 представлена первоначальная Вульфовская машина съ двумя перекрещивающимися каналами, сообща-

Черт. 96.



ющими верхнюю часть малаго цилиндра съ нижнею частью большаго и нижнюю часть малаго цилиндра съ верхнею частью большаго. Паропроводная труба C доставляетъ свѣжій паръ въ малый цилиндръ, гдѣ онъ работаетъ постояннымъ давленіемъ (иногда же расширеніемъ), а затѣмъ каналомъ *m* или *n* переходитъ въ большой цилиндръ. Пароотводная труба D сообщается съ холодильникомъ.

Дѣйствіе машины слѣдующее. При опусканіи поршней бываютъ открыты краны *a*, *n* и *д*; свѣжій паръ высокаго давленія чрезъ кранъ *a* поступаетъ поверхъ малаго поршня; отработанный паръ изъ нижней части малаго цилиндра чрезъ кранъ *n* переходитъ въ большой цилиндръ и давитъ тамъ на поршень также сверху, при чемъ нижняя часть большаго цилиндра соединена съ холодильникомъ. Хотя упругость пара одинакова, какъ снизу малаго поршня, такъ и сверху большаго поршня, тѣмъ не менѣе, такъ какъ площадь поршня B въ 3 до 5 разъ больше площади поршня A, то и давленіе пара на большой поршень во столько же больше дав-

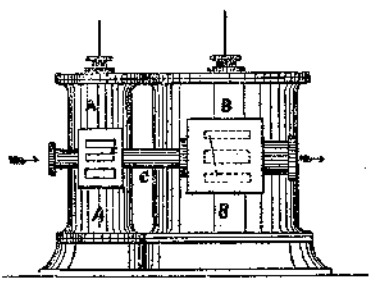
ленія на малый поршень. Когда оба поршня придутъ въ нижнюю мертвую точку, то малый цилиндръ будетъ наполненъ свѣжимъ паромъ, а большой цилиндръ будетъ наполненъ паромъ, который раньше наполнялъ малый цилиндръ и при этомъ будетъ расширенъ отъ 3 до 5 разъ. При подъемѣ поршней краны *a*, *n* и *d* закрываются, а краны *в*, *m* и *c* открываются.

Достоинство машины Вульфа, кромѣ равномѣрности ея дѣйствія, заключается еще въ экономіи топлива сравнительно съ одноцилиндровою машиною.

Машины системы Компаундъ.

Машины этого рода представляютъ два цилиндра различнаго діаметра, но одинаковой величины хода поршней. Поршневые стержни при помощи шатуновъ дѣйствуютъ на двухколѣнчатый валъ или на два кривошипа, расположенные подъ прямымъ угломъ. Отличіе этихъ машинъ отъ Вульфовскихъ состоитъ въ томъ, что каждый цилиндръ имѣетъ вполнѣ самостоятельный пораспредѣлительный приборъ. Въ обоихъ цилиндрахъ паръ дѣйствуетъ расширеніемъ. По окончаніи дѣйствія въ маломъ цилиндрѣ А, черт. 97, весь отработанный паръ проходитъ въ промежуточную коробку С, называемую *ресивером*, а оттуда въ большой цилиндръ В, гдѣ снова дѣйствуетъ расширеніемъ. Малый цилиндръ бываетъ только по временамъ въ сообщеніи съ большимъ пилиндромъ, а не въ продолженіи всего хода поршней, какъ это имѣетъ мѣсто при Вульфовской машинѣ.

Черт. 97.



Отсѣчка пара въ маломъ цилиндрѣ устраивается перемѣнная, смотря по надобности; отсѣчка же въ большомъ

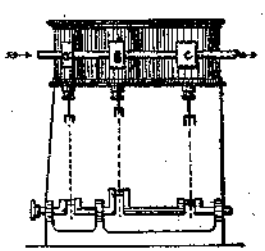
цилиндрѣ, обыкновенно постоянная, на опредѣленной части хода (около $^1/_3$). Послѣ отсѣчки пара въ большемъ цилиндрѣ и до конца хода большаго поршня, въ ресиверѣ происходитъ сжатіе пара подъ вліяніемъ движенія малаго поршня. Среднее давленіе въ ресиверѣ тѣмъ больше, чѣмъ раньше совершается отсѣчка въ большомъ цилиндрѣ и чѣмъ она позже въ маломъ. Оба цилиндра: большой и малый и ресиверъ обыкновенно имѣютъ двойныя стѣнки, съ прогрѣвомъ свѣжимъ паромъ или такъ называемыя *паровыя оболочки*.

Машины Компаундъ, по сравненіи съ обыкновенными Вульфовскими машинами, даютъ сбереженіе топлива до 20%. Сначала онѣ имѣли исключительное примѣненіе при мореходныхъ машинахъ, теперь же онѣ получили значительное распространеніе при постоянныхъ машинахъ, а также и на паровозахъ новѣйшей постройки нѣкоторыхъ желѣзныхъдорогъ.

Машины троекратнаго расширенія.

Машины эти состоятъ изъ трехъ цилиндровъ различнаго діаметра, но одинаковаго хода поршней; меньшій цилиндръ *a* высокаго давленія, средній *b* средняго давленія и большой *c* низкаго давленія. Черт. 98. Отработанный паръ послѣдовательно переходитъ изъ предъидущаго цилиндра въ послѣдующій, расширяясь все болѣе и болѣе. Особыхъ ресиверовъ при нихъ не устраиваютъ и таковые замѣняются соотвѣтственной величины пароотводными трубами и золотниковыми коробками. Валъ у этихъ машинъ трехколѣнчатый.

Черт. 98



Эти машины отличаются равномѣрностью хода и большою экономіею топлива, до 20% противъ машинъ Компаундъ, но при этомъ необходимо лишь, чтобы всѣ цилиндры были

хорошо прогрѣты, т. е. снабжены паровыми оболочками. Впрочемъ экономическое значеніе машинъ Компаундъ и троекратнаго расширенія по сравненію съ машинами объ одномъ цилиндрѣ, становится ощутительнымъ только при значительной упругости пара, а именно начиная съ 6 атмосферъ для первыхъ и 9—10 атмосферъ для вторыхъ.

По сложности и дороговизнѣ машины троекратнаго расширенія до сихъ поръ примѣняются только при морскихъ судахъ, гдѣ экономія топлива играетъ первостепенную роль, такъ какъ получаемая отъ этого выгода измѣряется суммою стоимости сбереженнаго угля и фрахта добавочнаго груза, замѣнившаго мѣсто сбереженнаго топлива, и выиграннаго пространства при меньшихъ размѣрахъ котловъ.

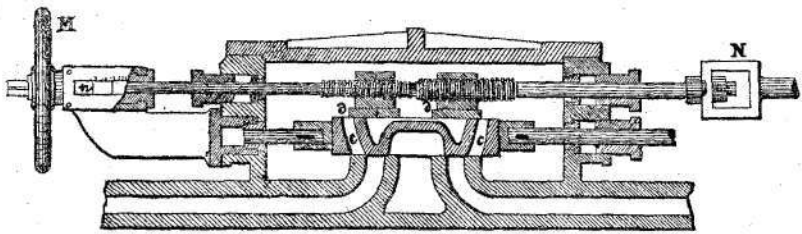
Машина Мейера.

Вполнѣ правильное расширеніе пара въ обширныхъ предѣлахъ невозможно однимъ золотникомъ, такъ какъ, при большомъ расширеніи происходитъ съуженіе паровпускныхъ каналовъ и, кромѣ того, начало сжатія отработаннаго пара и преждевременный впускъ свѣжаго пара происходятъ очень рано. Для устраненія этихъ недостатковъ устраиваютъ пораспредѣленіе: 1) съ двумя золотниками, скользящими одинъ по другому или же 2) съ двумя золотниками, расположенными въ отдѣльныхъ коробкахъ.

Какъ примѣръ первой системы можетъ служить болѣе извѣстное и распространенное на практикѣ пораспредѣленіе *Мейера*, представленное на черт. 99. Оба золотника представлены въ среднемъ положеніи, что возможно только при разобщеніи ихъ съ эксцентриками. Нижній золотникъ называется *распредѣлительнымъ* и дѣйствуетъ какъ обыкновенный золотникъ, управляя входомъ и выходомъ пара чрезъ окна. Онъ приводится въ дѣйствіе отъ эксцентрика и отли-

чается отъ обыкновеннаго большею длиною, вслѣдствіе устройства въ немъ двухъ впускныхъ каналовъ *c*, *c*. Отсѣч-

Черт. 99.



ка пара при немъ постоянная и весьма незначительная, около $^7/_8$ дюйм. Верхній же золотникъ, состоящій изъ двухъ пластинокъ, называется *расширительнымъ* и управляетъ только прекращеніемъ впуска пара въ паровыя окна и вовсе не вліяетъ на выпускъ отработаннаго пара.

Всѣ степени расширенія пара совершаются двумя пластинками *д*, *д*, которыя можно сдвигать и раздвигать винтомъ, дѣйствуя на колесо М. Этимъ колесомъ, втулка котораго охватываетъ четырехгранный конецъ золотниковаго стержня, можно вращать послѣдній около оси. На средней утолщенной части этого стержня имѣются двѣ винтовыя нарѣзки: правая и лѣвая. Эти винты входятъ въ бронзовыя гайки, вдѣланныя въ пластинки. Соединеніе золотниковаго стержня съ эксцентриковой тягой, устроенное хомутомъ N, допускаетъ свободное вращеніе перваго на ходу машины. Чѣмъ болѣе раздвинуты пластинки, тѣмъ раньше происходитъ отсѣчка и наоборотъ. Къ гайкѣ колеса укрѣпляется указательная стрѣлка и на пластинкѣ *п* начерчены дѣленія, соотвѣтствующія различнымъ степенямъ отсѣчки. Ось эксцентрика верхняго золотника расположена на валу по направленію діаметрально противоположному оси кривошипа.

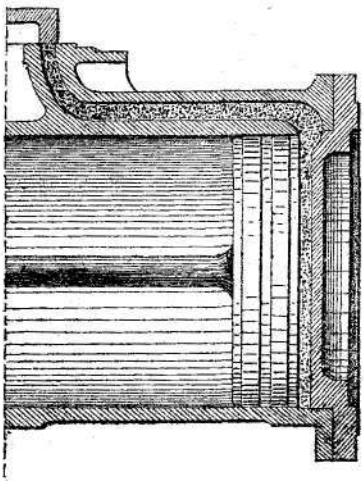
Примѣненіе системы Мейера имѣетъ мѣсто въ постоянныхъ машинахъ съ большимъ расширеніемъ (свыше $^1/_3$) и

при охлажденіи отработаннаго пара, при чемъ работа машины должна оставаться постоянною въ теченіи болѣе продолжительнаго періода, такъ какъ при частомъ дѣйствіи винта, подверженнаго значительной температурѣ и слѣдовательно трудно смазываемаго, происходитъ преждевременное истираніе гаекъ.

Вредныя пространства.

Весьма большое вліяніе на экономическое дѣйствіе паровыхъ машинъ имѣютъ такъ называемыя *вредныя пространства*. Подъ названіемъ вреднаго пространства разумѣютъ: 1) объемъ пустаго пространства между крышкою цилиндра и поршнемъ, при положеніи послѣдняго въ мертвой точкѣ; 2) объемъ пароваго канала, доставляющаго паръ въ цилиндръ и дающаго выходъ отработанному пару и 3) въ машинахъ съ отсѣчкою вторымъ золотникомъ, къ вредному пространству должно отнести еще пустое пространство между распредѣлительнымъ и отсѣкающимъ золотниками. На черт. 100 пунктиромъ обозначено вредное пространство для обыкновенной машины съ золотникомъ. При положеніи поршня въ мертвыхъ точкахъ зазоры между поршнемъ и крышками цилиндра должны имѣть достаточную величину, чтобы при истираніи подшипниковъ шатуна и натягѣ клиньевъ не могло произойти удара поршня о крышку цилиндра.

Черт. 100.

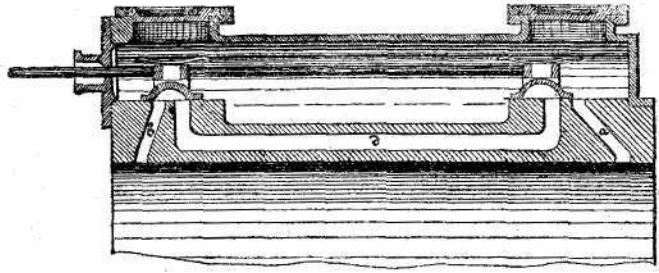


При началѣ каждаго хода поршня паръ начинаетъ давить на поршень полною силою послѣ

того, какъ онъ выполнитъ вредное пространство. При наполненіи вреднаго пространства паръ не производитъ полезной работы, но далѣе, въ періодъ расширенія, паръ, заключающійся во вредномъ пространствѣ, будетъ участвовать въ полезной работѣ машины. Объемы вреднаго пространства съ каждой стороны пароваго цилиндра обыкновенно одинаковы или мало разнятся между собою. Смотря по роду устройства парораспредѣлительныхъ золотниковъ и скорости хода поршня—величина вреднаго пространства измѣняется въ обширныхъ предѣлахъ, а именно: отъ 1 до 15% объема, описываемаго поршнемъ при каждомъ его ходѣ.

Для машинъ съ обыкновенными золотниками, при средней скорости поршня, величина вреднаго пространства бываетъ около 5% и при большей величинѣ скорости поршня —около 6%, потому что, чѣмъ скорость поршня болѣе, тѣмъ при той же длинѣ поперечное сѣченіе каналовъ дѣлается болѣе. При большихъ размѣрахъ паровыхъ цилиндровъ, для уменьшенія вреднаго пространства и размѣровъ золотника нерѣдко примѣняется *раздвоенный золотникъ*. Цилиндръ при этомъ отливается съ короткими паровпускными каналами; золотникъ разрѣзанъ на двѣ части, соединенныя между собою общимъ стержнемъ, приводимымъ въ дѣйствіе обыкновеннымъ эксцентрикомъ. На черт. 101 оба золотника представлены въ крайнемъ лѣвомъ положеніи, при чемъ каналъ *a* открытъ.

Черт. 101.



совершенно для впуска пара въ цилиндръ, каналъ же *в* открытъ также для выпуска отработаннаго пара въ промежутокъ *d*, а оттуда въ атмосферу.

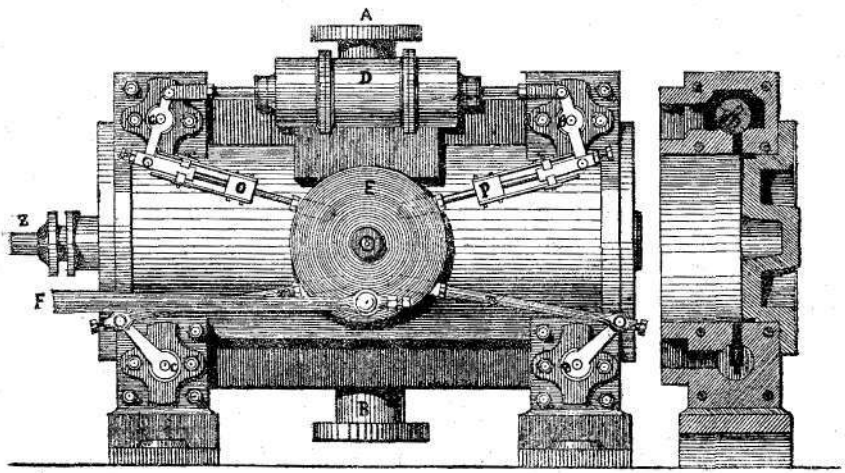
Вредныя пространства оказываютъ слѣдующее вліяніе на дѣйствіе паровыхъ машинъ: 1) увеличиваютъ работу пароваго цилиндра данныхъ размѣровъ, 2) уменьшаютъ степень расширенія пара и 3) увеличиваютъ расходъ пара, а слѣдовательно и топлива.

Машина Корлиса.

Найменьшей величины вредныя пространства, приблизительно около 2%, встрѣчаются въ машинахъ типа *Корлиса*, въ которыхъ распредѣленіе пара происходитъ четырьмя отдѣльными кранами или клапанами. Длина паровыхъ каналовъ при этомъ доведена до возможнаго уменьшенія.

На черт. 102 представленъ паровой цилиндръ съ че-

Черт. 102.



тырьмя цилиндрическими золотниками (кранами), расположенными у краевъ сверху и снизу цилиндра; изъ нихъ верхніе

а и *в* служатъ для впуска пара въ цилиндръ, а нижніе *с* и *д* —для выпуска пара наружу. Свѣжій паръ изъ котла входитъ по трубѣ А; отработанный же паръ выходитъ трубою В. Открытіе и закрытіе крановъ происходитъ дѣйствіемъ шатуновъ О, Р, *m*, *n* на рукоятки крановъ. Концы шатуновъ прикрѣплены на шарнирѣ къ чугунному диску Е, который приводится въ круговое качательное движеніе около оси, укрѣпленной къ паровому цилиндру, посредствомъ стержня F, соединеннаго другимъ концомъ съ хомутомъ эксцентрика, насаженнаго на валу машины. Тяги О и Р состоятъ изъ двухъ частей каждая, при чемъ въ моментъ отсѣчки пара обѣ эти части расцѣпляются между собою; что же касается шатуновъ *m* и *n*, то они простые, цѣльные.

При движеніи стержня F вправо, дискъ Е вращается по направленію обратному движенію часовой стрѣлки, заставляя правый шатунъ Р двигаться влѣво и открывать чрезъ нѣкоторое время кранъ *в* для впуска пара въ цилиндръ; при чемъ въ началѣ вращенія диска кранъ *а* закрывается моментально, вслѣдствіе моментальнаго разобщенія тяги О и постояннаго соединенія одного конца двухплечаго рычага съ пружиною, помѣщенною въ цилиндрѣ D. При обратномъ движеніи стержня F происходитъ сначала моментальное закрытіе крана *в*, а затѣмъ уже постепенное открытіе крана *а*. Такимъ образомъ эти краны будутъ производить впускъ и расширеніе пара точно также, какъ и коробчатые золотники, съ тѣмъ только различіемъ, что отсѣчка быстрая и съуженіе при впускѣ и выпускѣ пара почти избѣгнуто.

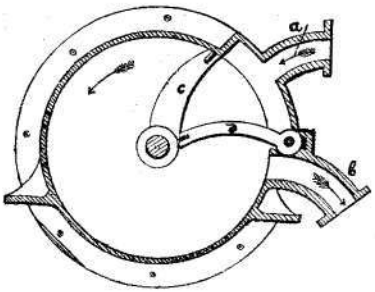
Коловратныя машины.

Эти машины отличаются круговращательнымъ движеніемъ поршня около оси цилиндра и не имѣютъ ни шатуна, ни кривошипа, почему занимаютъ мало мѣста и число обо-

ротовъ машины въ 1 минуту при этомъ можетъ быть неограниченное, такъ какъ подвижныя части механизма постоянно нажаты въ одномъ направленіи.

На черт. 103 представлена первая коловратная машина Уатта. Внутри парового цилиндра имѣется прямоугольной формы вращающійся поршень *c*, насаженный на глухо на валъ, проходящій чрезъ ось цилиндра и прилегающій плотно къ стѣнкамъ цилиндра. Перегородка *д*, поворачивающаяся около оси кверху, не дозволяетъ пару дѣйствовать съ обратной стороны поршня. Свѣжій паръ притекаетъ по трубкѣ *a* и, дѣйствуя на поршень, заставляетъ его вращаться по направленію указанному стрѣлкою. Перегородка же, испытывая такое же давленіе, остается все время въ покоѣ, пока поршень при вращеніи своемъ не подниметъ ее ударомъ кверху.

Черт. 103.



Коловратныя машины при наружной простотѣ имѣютъ болѣе сложное внутреннее устройство, нежели прямоугольныя машины и потому подвергаются относительно скорѣйшему разстройству. Кромѣ того, при прямолинейной угловатой формѣ поршня, затрудняется въ значительной степени устройство его вполнѣ плотнымъ. Въ отношеніи къ расходу топлива машины эти также весьма неэкономичны.

Локомобили.

Передвижныя машины или *локомобили* употребляются преимущественно при земледѣльческихъ операціяхъ и отличаются простотою, прочностью и компактностью въ устройствѣ, а иногда красивымъ видомъ. Эти промышленныя машины могутъ быть раздѣлены на два главныхъ класса: передвиж-

ныя машины на колесахъ на подобіе паровозовъ, которыя могутъ передвигаться посредствомъ лошадей съ одного мѣста на другое, и постоянныя, устанавливающіяся на мѣстѣ производства работъ.

На черт. 104 представленъ локомобиль одного изъ употребительнѣйшихъ типовъ (Клейтона). Всѣ они въ главныхъ чертахъ сходны между собою и состоятъ изъ котла, похожаго на паровозный, съ внутреннею топкою и горизонтальными дымогарными трубками. На верху котла укрѣпляется паровой цилиндръ, котораго поршневой стержень, соединенный съ шатуномъ и кривошипомъ вращаетъ валъ, проходящій на верху поперекъ котла. На валѣ насажены маховое колесо и шкивы, служащіе для сообщенія движенія машины посредствомъ ремней исполнительному механизму. Для предупрежденія охлажденія цилиндра, послѣдній располагаютъ иногда внутри пароваго пространства надъ топкою или же внутри дымовой коробки, защищая его въ послѣднемъ случаѣ особымъ кожухомъ. Отработанный паръ изъ цилиндра пропускаютъ особою трубкою въ дымовую трубу для усиленія тяги. Дымовая труба дѣлается составною изъ двухъ



Черт. 104.

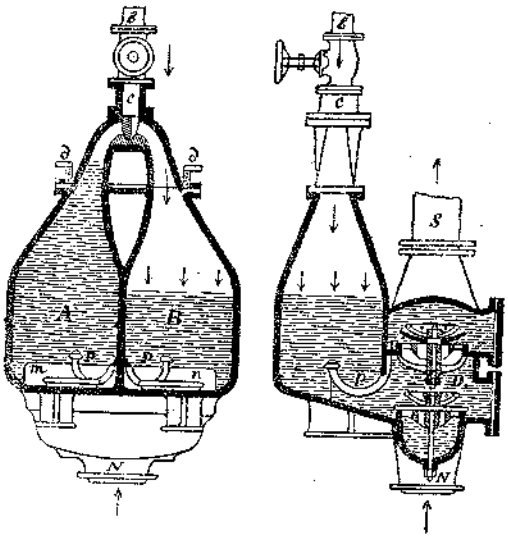
частей, соединенныхъ въ нижней части шарниромъ, дабы при перевозкѣ возможно было уложить ее горизонтально на особую подставку. Питаніе котла происходитъ чаще всего насосомъ изъ особаго чана.

Локомобильныя машины бываютъ отъ 4 до 12 паровыхъ лошадей; упругость пара обыкновенно около 45 фунтовъ.

Пульзометръ.

Особый видъ водоподъемныхъ машинъ представляетъ собою пульзометръ, работающій безъ всякаго поршня, при чемъ необходимый для дѣйствія паръ давитъ въ особой камерѣ непосредственно на поверхность воды и заставляетъ ее этимъ подниматься по трубѣ. Представленный на черт. 105 и 106 пульзометръ (Кертинга) состоитъ изъ двухъ чугунныхъ водяныхъ камеръ A и B, съуживающихся кверху и соединяющихся съ паропроводною трубою *в* помощью общей коробки *с*. Въ послѣдней находится бронзовый клапанъ шаровой или лопастный, автоматически закрывающій впускъ пара то въ правую, то въ лѣвую камеры. Эти камеры сообщаются помощью оконъ *m* и *n* съ коробками D, расположенными сзади ихъ и имѣющими по два клапана, изъ коихъ нижній всасывающій воду изъ колодца, а верхній

Черт. 105 и 106.



нагнетательный, ведущій въ напорную трубу S. Трубочки *p*, *p* съ впрыскивателями сообщаются съ напорною трубою.

Дѣйствіе пульзометра состоитъ въ слѣдующемъ. При положеніи клапана, представленномъ на чертежѣ, паръ изъ котла проходитъ въ камеру B и давитъ на воду, при этомъ всасывающій клапанъ закрывается, а нагнетательный—открывается и вода поднимается по трубкѣ S. Едва только уровень воды понизится до верхняго края окна *n*, паръ начинаетъ переходить въ коробку D, гдѣ, смѣшиваясь съ водою, моментально понижаетъ давленіе въ коробкѣ B. Вслѣдствіе этого клапанъ перебрасывается направо, закрываетъ дальнѣйшій впускъ пара въ эту камеру и начинаетъ работать лѣвая камера A точно такимъ же образомъ, какъ выше описано. Оставшійся въ камерѣ B паръ конденсируется окончательно подъ дѣйствіемъ впрыскивателя *p* и въ образованное безвоздушное пространство устремляется вода по трубкѣ N.

Для смягченія ударовъ воды при ея всасываніи въ камерахъ A и B, вверху устроены воздушные вентили *d*, открывающіеся во внутрь и дающіе возможность проникать воздуху во внутрь камеръ, когда образуется въ нихъ пустота. Количество впускаемаго воздуха регулируется пружиною по желанію. Благодаря этому воздуху, который тяжелѣе пара, послѣдній при своемъ дѣйствіи не соприкасается непосредственно съ водою, а отдѣляется отъ нея слоемъ воздуха, почему и не охлаждается такъ быстро.

Высота нагнетанія воды помощью пульзометра достигаетъ 50 метровъ, что составляетъ около 5 атмосферъ давленія въ напорной трубѣ (приравнивая давленіе столба въ 10 метр. 1 атмосферѣ). Давленіе пара въ котлѣ должно превышать на 1—1½ атмосферы давленіе столба воды той высоты, на которую нужно ее поднять. Нагрѣваніе поднимаемой воды незначительное (1½—2° на каждые 10 м. подъема).

ПАРОВОЗЫ.

Паровозъ состоитъ изъ трехъ главныхъ частей: 1) пароваго котла съ принадлежностями, 2) паровой машины и 3) экипажа. Разсмотримъ каждую изъ этихъ частей въ отдѣльности.

Паровозный котелъ.

Главныя условія, которымъ долженъ удовлетворять паровозный котелъ, слѣдующія: 1) онъ долженъ занимать возможно меньше мѣста, 2) быть возможно легче и 3) выдерживать большое давленіе въ немъ пара (до 12—14 атм.), такъ что матеріалъ его долженъ быть самый доброкачественный и работа самая тщательная. Обыкновенно при постройкѣ котловъ употребляютъ слѣдующіе матеріалы: мѣдь, сталь и желѣзо.

Цѣльные мѣдные котлы вовсе не встрѣчаются, такъ какъ они отъ 4-хъ до 5-ти разъ дороже желѣзныхъ и въ то же время тяжелѣе на 17%, ибо при одинаковыхъ размѣрахъ и давленіи пара, толщина мѣдныхъ листовъ должна быть та же, какъ и желѣзныхъ. Красная мѣдь хорошо проводитъ теплоту и лучше сопротивляется дѣйствію огня, почему употребляется исключительно для изготовленія топокъ паровозныхъ котловъ.

Котлы изъ мягкой стали встрѣчаются рѣдко, хотя благодаря большой прочности стали, толщину стѣнокъ ихъ можно уменьшить на $^2/_5$ противъ толщины желѣзныхъ ли-

стовъ, а такъ какъ вѣсъ стали и желѣза почти одинаковъ, то стальной котелъ, при одинаковыхъ размѣрахъ и прочности, будетъ на 40% легче желѣзнаго. Къ тому же, какъ показалъ опытъ, на гладкихъ поверхностяхъ стальныхъ листовъ осаждается меньше накипи, а вслѣдствіе содержанія ими большаго количества углерода, ржавчина разъѣдаетъ ихъ гораздо медленнѣе и, наконецъ, при меньшей относительно толщинѣ листовъ является большая вѣроятность хорошей прокатки ихъ безъ пленъ, раковинъ и другихъ недостатковъ.

Вообще паровозные котлы изготовляются преимущественно изъ желѣзныхъ листовъ, за исключеніемъ топки ихъ, которая большею частью бываетъ мѣдная и въ немногихъ случаяхъ—стальная. Толщина листовъ увеличивается съ увеличеніемъ діаметра котла и давленія пара, и при существующихъ размѣрахъ отъ 3 до 5 фут. въ діаметрѣ и давленіи отъ 8 до 12 атмосферъ не превосходитъ отъ $^1/_2$ до $^5/_8$ дюйм. и въ рѣдкихъ случаяхъ до $^{11}/_{16}$ дюйм. *). Употребленіе болѣе толстыхъ листовъ невыгодно въ томъ отношеніи, что весьма возможные при этомъ внутренніе пороки желѣза, какъ-то: плены, раковины, ослабляющія прочность, незамѣтны снаружи, а между тѣмъ весьма опасны, какъ причины взрыва. Листы котельнаго желѣза предварительно размѣчаютъ и сверлятъ въ нихъ отверстія, а затѣмъ выгибаютъ, склепываютъ и, наконецъ, въ швахъ чеканятъ. Заклепки должны быть изъ мягкаго, тягучаго желѣза и клепаются въ горячемъ состояніи. Склепываніе котельныхъ листовъ производятъ или накладываніемъ одного края на другой (въ закрой),

*) Толщина стѣнокъ котла опредѣляется формулою, предписанною нашимъ закономъ, а именно $e=0{,}0225\times p\times D+0{,}12''$,

гдѣ e—толщина стѣнки въ дюймахъ,

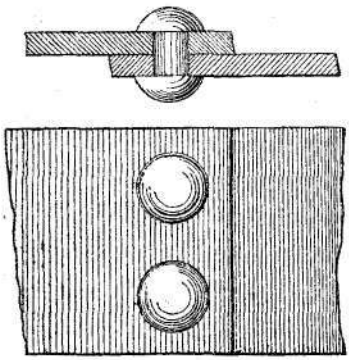
„ p—давленіе пара въ атмосферахъ, за вычетомъ наружнаго давленія,

„ D—діаметръ котла въ футахъ.

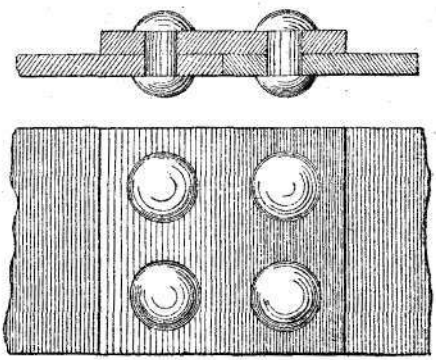
„ $0{,}12''$—нѣкоторый запасъ на износъ котла.

черт. 107 и 108 или же (въ притыкъ) посредствомъ особой накладки, черт. 109 и 110, при чемъ края листовъ стыкаются.

Черт. 107 и 108.

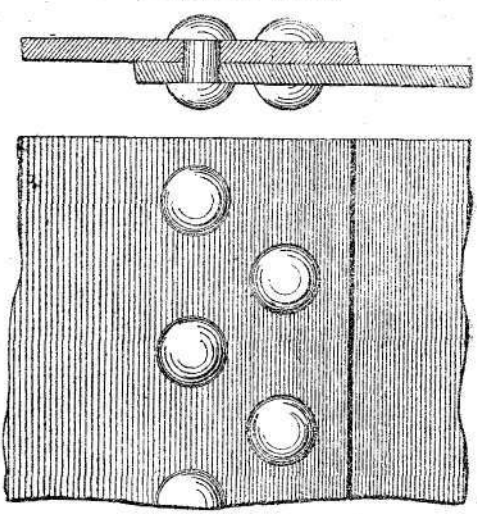


Черт. 109 и 110.



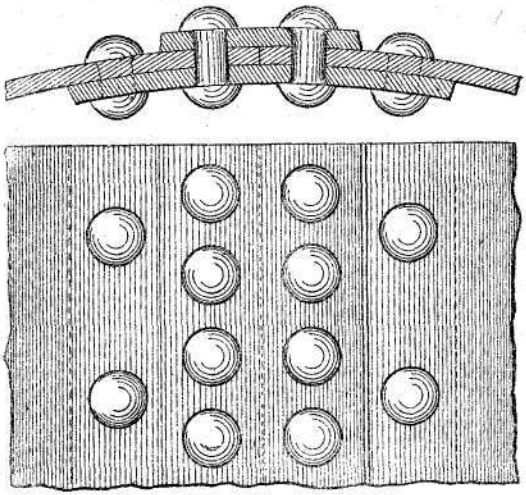
Кромѣ простыхъ швовъ, съ однимъ рядомъ заклепокъ, употребляются еще двойные швы, черт. 111 и 112, которые болѣе прочны, но сложнѣе и дороже простыхъ швовъ. Если принять прочность цѣльнаго желѣза за 1, то, какъ показали опыты, прочность двойного шва выразится 0,7, а прочность одиночнаго шва— 0,56. Отсюда усматривается, что заклепочные швы представляютъ наиболѣе слабую часть парового котла и потому число ихъ должно быть по возможности мало, что достигается въ новѣйшее время употребленіемъ котельнаго желѣза въ листахъ большихъ размѣровъ.

Черт. 111 и 112.



Въ паровозныхъ котлахъ новѣйшей постройки съ увеличеннымъ рабочимъ давленіемъ (до 12-14 атм.) соединеніе котельныхъ листовъ вдоль оси котла дѣлаютъ не въ закрой, а въ притыкъ помощью двухъ накладокъ извнутри и снаружи и двойнымъ съ каждой стороны шва рядомъ заклепокъ, какъ это представлено на чет. 113 и 114. При діаметрѣ котла около $1^{1/2}$ метра толщина котельнаго листа 15 мм., а толщина каждой накладки 13 мм., при чемъ наружная накладка почти вдвое уже внутренней (135 и 260 мм.).

Черт. 113 и 114.



При опредѣленіи размѣровъ котельныхъ швовъ вообще можно руководствоваться слѣдующими правилами. Если означимъ толщину цилиндрической стѣнки котла черезъ e, то діаметръ заклепки будетъ приблизительно $2e$; разстояніе между центрами заклепокъ — $5e$, а разстояніе отъ кромки листа до средины заклепки около $3e$. Только при большой толщинѣ листовъ приходится нѣсколько уменьшать діаметръ заклепокъ и разстояніе между центрами ихъ противъ этихъ правилъ, какъ это видно изъ нижеслѣдующаго:

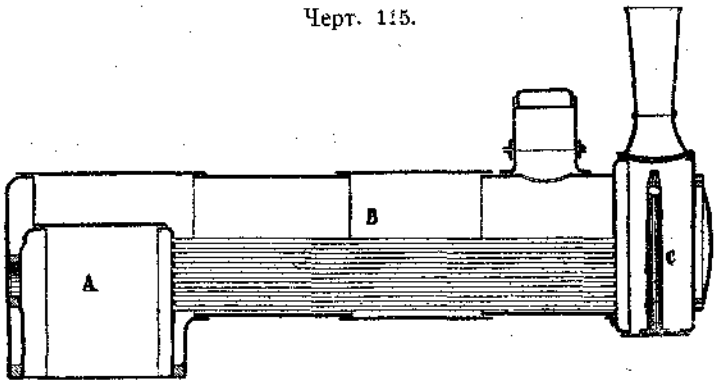
при толщинѣ листа	10	12	14	16	18	20	мм.*)
діаметръ заклепки будетъ. .	18	20	21	22	23	24	„
разстояніе между центр. дыръ.	50	55	58	60	63	66	„

Если шовъ двойной, то разстояніе между центрами заклепокъ увеличивается до $8e$, а разстояніе между рядами равно $4e$.

*) 1 дюймъ=25,4 миллиметра; 1 метръ=1000 мм.=39,37 дюйм.

Относительно наружной формы, всѣ паровозные котлы сходны между собою и въ каждомъ изъ нихъ различаются слѣдующія части: средняя цилиндрическая часть B, задняя

Черт. 115.



огневая коробка или топка A и передняя или дымовая коробка C. На черт. 115 представленъ паровозный котелъ въ общихъ чертахъ.

Цилиндрическая часть котла.

Средняя цилиндрическая часть котла прежней конструкціи состояла изъ четырехъ продолговатыхъ листовъ склепанныхъ по длинѣ въ закрой такимъ образомъ, что верхній и нижній листы закрывали края боковыхъ, черт. 116 и 117. Такой котелъ имѣлъ четыре продольныхъ шва, парал-

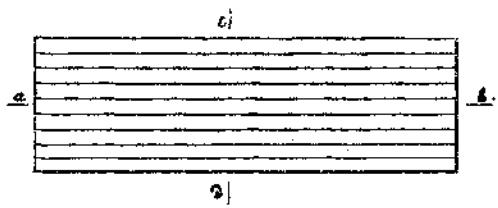
Черт. 116 и 117.



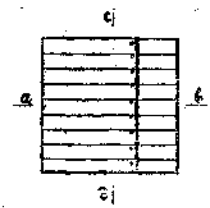
лельныхъ оси котла и вовсе не было поперечнаго шва, перпендикулярнаго къ ней. Въ новѣйшее время избѣгаютъ такого

расположенія листовъ, при которомъ волокна ихъ были бы параллельны оси котла, по той причинѣ, что сопротивленіе котла поперечному разрыву въ два раза болѣе нежели продольному разрыву, что подтверждается и случаями взрыва котла, обнаруживающихъ постоянно разрывы листовъ по длинѣ котловъ и никогда поперекъ его. Въ свою очередь и опытъ показываетъ, что прочность листа по направленію волоконъ *ав*, черт. 118, несравненно больше, чѣмъ по направленію *сд*, перпендикулярному волокнамъ, а потому нынѣ загибаютъ листы такимъ образомъ въ цилиндръ, чтобы волокна ихъ были направлены по окружности котла, т. е. перпендикулярно къ оси его, черт. 119. Вслѣдствіе этого достигается

Черт. 118.



Черт. 119.

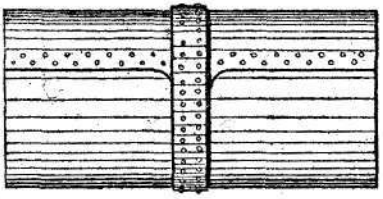


увеличеніе прочности котла, не утолщая стѣнокъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ сопротивленіе его должно быть больше. Такъ какъ приготовленіе котельныхъ листовъ большихъ размѣровъ весьма затруднительно, особенно въ качественномъ отношеніи, то цилиндрическую часть когда составляютъ по длинѣ ея обыкновенно изъ 2-хъ, 3-хъ и 4-хъ звеньевъ, изъ которыхъ каждое отдѣльное звено склепывается, какъ выше указано, изъ одного или двухъ листовъ.

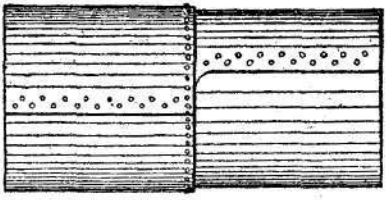
Обыкновенно всѣ продольные швы звеньевъ, а иногда и поперечные, имѣютъ двойной рядъ заклепокъ и первые изъ нихъ располагаются въ верхней части котла, дабы не осаждалась на нихъ накипь и не разъѣдала ржавчина отъ воды, остающейся при спусканіи ея изъ котла. Соединеніе отдѣльныхъ звеньевъ между собою производятъ или *въ при-*

тыкъ, посредствомъ кольцевой накладки (обруча) шириною 5 дюйм. и толщиною $^{3}/_{4}$ дюйм., при чемъ края звеньевъ стыкаются болѣе или менѣе плотно, черт. 120, или же *въ закрой*, насаживаніемъ края одного звена на край другого, черт. 121, при этомъ діаметры звеньевъ разнятся на двойную

Черт. 120.

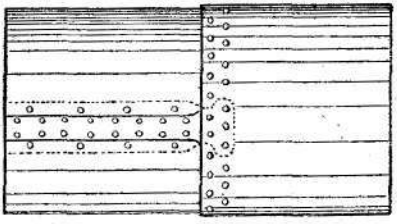


Черт. 121.



толщину листовъ желѣза. Обручи надѣваются въ горячемъ состояніи и при охлажденіи, сокращаясь, плотно сжимаютъ швы. Обручи приклепываютъ однимъ рядомъ заклепокъ съ каждой стороны шва. Для болѣе плотнаго соединенія звеньевъ въ мѣстахъ склепки ихъ горизонтальныхъ швовъ, края листовъ должны быть оттянуты такъ, чтобы образовался правильный кругъ.

Черт. 122.

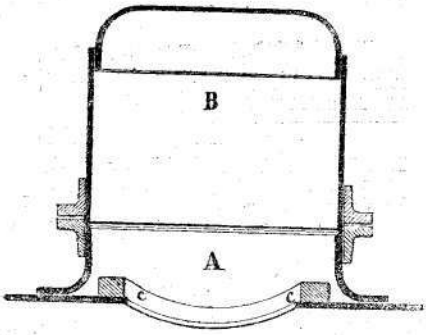


На черт. 122 показано соединеніе звеньевъ цилиндрической части котла въ новыхъ восьмиколесныхъ паровозахъ правительственнаго заказа. Это соединеніе сдѣлано въ закрой въ два ряда заклепокъ, при чемъ каждое звено состоитъ изъ одного листа и склепано въ притыкъ помощью двухъ накладокъ.

На цилиндрической части котла, обыкновенно вблизи дымовой коробки, помѣщается паровой колпакъ, служащій для собиранія и высушиванія пара; отсюда послѣдній направляется по особой трубѣ въ паровые цилиндры. Діаметръ

его бываетъ около 2 фут., высота около 3, а объемъ его равняется приблизительно 4—5 объемамъ пароваго цилиндра, черт. 123. Отверстіе въ цилиндрической части котла дѣлаютъ такого размѣра, дабы человѣкъ могъ свободно пролѣзть во внутрь котла. Такъ какъ этимъ отверстіемъ ослабляется прочность котла, то его укрѣпляютъ въ этомъ мѣстѣ особымъ желѣзнымъ кольцомъ *cc* на заклепкахъ. Паровой колпакъ состоитъ изъ двухъ частей: нижней А, приклепанной къ котлу и называемой сѣдалищемъ, и верхней В, прикрѣпляемой къ сѣдалищу на болтахъ и отнимаемой, если нужно, для осмотра и исправленія находящейся тамъ регуляторной головки и проникания во внутрь котла. Соединеніе обѣихъ частей колпака должно быть прочно и непроницаемо для пара, почему фланцы ихъ изготовляютъ изъ спеціальнаго углового желѣза значительной толщины, а поверхности соприкасанія ихъ между собою дѣлаютъ совершенно ровными и прокладываютъ между ними кольцо изъ красной мѣдной проволоки, азбестоваго шнура или лучше всего пришлифовываютъ фланцы наждакомъ на маслѣ, а затѣмъ, по пригонкѣ прочно скрѣпляютъ болтами. Если толщина фланцевъ со временемъ отъ обточки и опиловки ихъ уменьшится до $^3/_4$ дюйма, то ихъ уже невозможно соединить плотно между собою, такъ какъ при завинчиваніи (нажатіи) болтовъ они выгибаются и поэтому ихъ необходимо замѣнить новыми, болѣе толстыми фланцами. Иногда изготовляютъ фланцы не изъ углового желѣза, а изъ брусковаго, что болѣе раціонально. На нѣкоторыхъ котлахъ паровые колпаки состоятъ изъ одного цѣльнаго цилиндра, приклепаннаго къ котлу и

Черт. 123.



закрываемаго вверху плоскою желѣзною или чугунною крышкою на болтахъ; послѣдняя снимается легче. На паровомъ колпакѣ устанавливаютъ одинъ или два предохранительныхъ клапана.

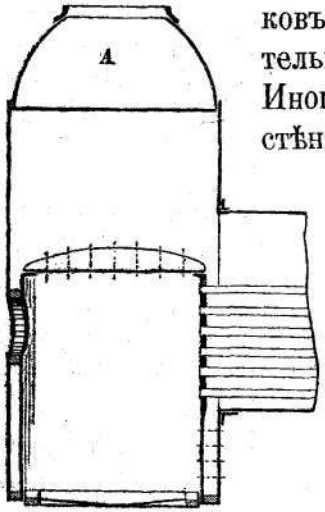
Огневая коробка или топка.

Огневыя коробки по своему наружному виду бываютъ трехъ родовъ: прямыя, приподнятыя и высокія. Послѣдній родъ топокъ самый старый и характеризуется тѣмъ, что въ верхней части образуется куполообразное возвышеніе, замѣняющее паровой колпакъ, черт. 124. Высокія или куполообразныя топки представляютъ въ горизонтальномъ сѣченіи двоякую форму: полукруглую, черт. 125, или четыреугольную. Въ первомъ случаѣ верхняя часть кожуха топки представляетъ собою цилиндръ изъ котельнаго желѣза, діаметръ котораго равняется цилиндрической части котла, и возвышается надъ послѣднею на величину радіуса ея; къ нему приклепанъ вверху куполъ А, состоящій изъ нѣсколькихъ листовъ. Топки съ прямоугольнымъ сѣченіемъ представляютъ призму, составленную изъ четырехъ листовъ, поставленныхъ вертикально: листы эти въ верхней части обрѣзаны по кривой и загнуты во внутрь до соприкосновенія, такъ что по соединеніи краевъ попарно угловымъ желѣзомъ образуется четыреугольный куполъ. Въ верхней части куполъ открытъ и край отверстія усиленъ кольцомъ изъ кованнаго желѣза, Высокія топки въ настоящее время не строятъ вовсе, такъ какъ при большомъ давленіи пара прочное выполненіе ихъ весьма затруднительно.

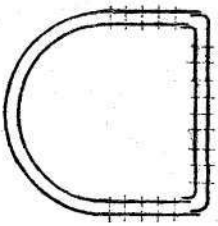
Приподнятыя топки возвышаются надъ котломъ весьма незначительно (до 8 дюйм.) сравнительно съ высокими и никогда не образуютъ купола. Верхняя часть и боковыя стѣнки кожуха этихъ топокъ состоятъ изъ одного или изъ трехъ

листовъ, согнутыхъ такъ, что образуется сводъ, иногда концентрическій съ цилиндрическою частью котла и соединяющійся съ послѣднею помощью угольниковъ или соотвѣтственно выгнутаго котельнаго желѣза B, черт. 126 и 127. Иногда верхняя часть кожуха и боковыя стѣнки его дѣлаютъ плоскими съ закругленными ребрами (сист. Бельпера), какъ это представлено пунктиромъ на черт. 127. Приподнятыя топки въ настоящее время устарѣли. Онѣ не способствуютъ лучшему парообразованію, а между тѣмъ устройство ихъ довольно сложно.

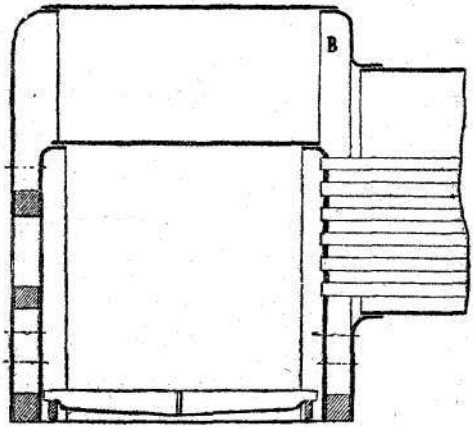
Черт. 124.



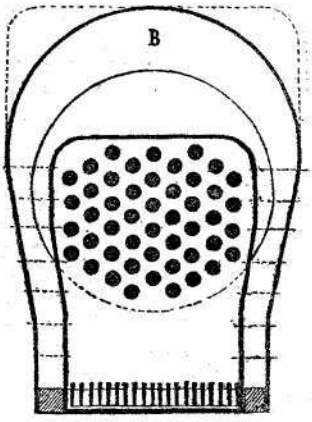
Черт. 125.



Черт. 126.



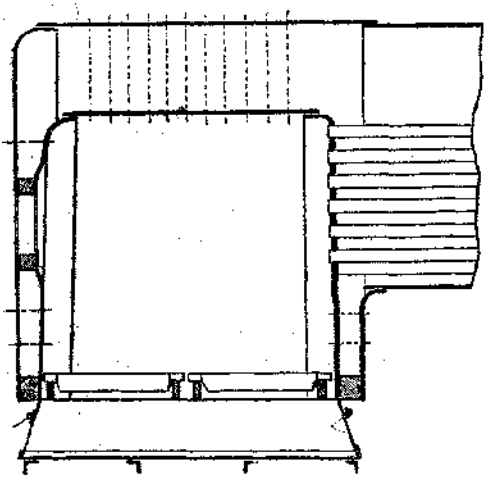
Черт. 127.



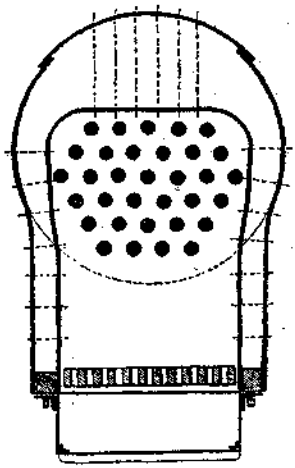
Прямыя топки отличаются тѣмъ, что кожухъ ихъ вверху и съ боковъ составляетъ продолженіе цилиндрической части

котла. Это самыя простыя, прочныя и весьма распространенныя въ настоящее время паровозныя топки; онѣ представлены на черт. 128 и 129 въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ.

Черт. 128.



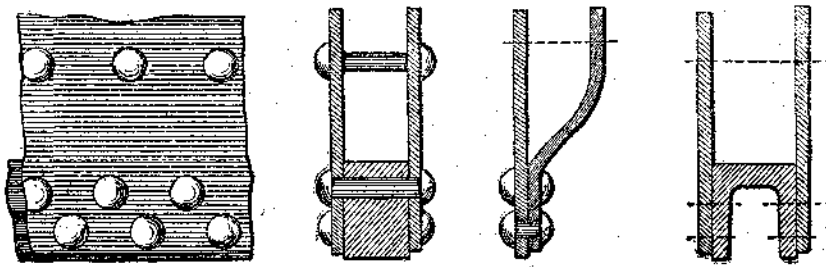
Черт. 129.



Огневая коробка, или собственно топка, представляетъ собою прямоугольную коробку, обращенную дномъ къ верху и склепанную изъ мѣдныхъ $^{1}/_{2}$—$^{5}/_{8}$ дюйм. листовъ или рѣже стальныхъ. Въ нижней части ея устраивается рѣшетка, на которой сгораетъ топливо; въ задней стѣнкѣ топки сдѣлано отверстіе, служащее для подбрасыванія на рѣшетку топлива и закрываемое топочными дверцами. Въ противоположной же стѣнкѣ, которая вдвое толще (1 дюйм.), сдѣланы отверстія для дымогарныхъ трубокъ, которыя направляются во всю длину цилиндрической части котла. Разстояніе между вертикальными стѣнками топки и кожуха ея бываетъ внизу около 3 дюйм. и не менѣе $2^{1}/_{2}$; въ верхней же части достигаетъ иногда до 5 дюйм. Это разстояніе не должно быть меньше, потому что иначе оно скоро заполнилось бы грязью и накипью; кромѣ того отдѣляющіеся пары, не имѣя сво-

боднаго выхода вверхъ и собираясь внизу около стѣнокъ, какъ дурной проводникъ теплоты, дозволяли бы раскаливаніе стѣнокъ и выпучиваніе ихъ. Соединеніе вертикальныхъ стѣнокъ топки и кожуха въ нижней части дѣлается или при помощи прямоугольной рамы изъ кованнаго желѣза черт. 130 и 131, или же соотвѣтственнымъ выгибаніемъ нижнихъ краевъ внутренней мѣдной топки, черт. 132, или П образнымъ желѣзомъ, черт. 133. Но изъ всѣхъ этихъ способовъ упо-

Черт. 130 и 131. Черт. 132. Черт. 133.

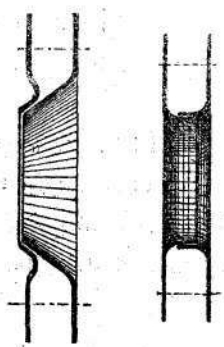


требляется преимущественно первый, какъ болѣе прочный. Обыкновенно топка состоитъ изъ трехъ листовъ: передняго (*рѣшетка*) и задняго съ соотвѣтственно загнутыми краями и третьяго (шинельнаго), обнимающаго оба первые и образующаго собою небо топки и двѣ боковыя стѣнки. Иногда, впрочемъ, въ большихъ топкахъ небо дѣлается изъ отдѣльнаго листа и въ такомъ случаѣ число всѣхъ листовъ бываетъ пять. Соединеніе шинельнаго листа съ рѣшеткою и заднею стѣнкою дѣлается однимъ или двумя рядами заклепокъ. Послѣдній способъ не практиченъ, такъ какъ широкій фланецъ въ этомъ случаѣ скорѣе обгораетъ и кромка его вслѣдствіе меньшаго охлажденія скорѣе повреждается (трескается).

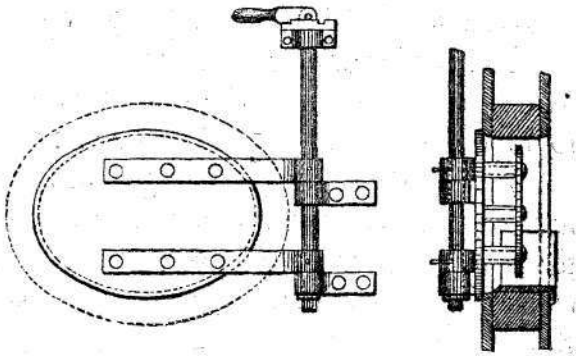
Очертаніе топочнаго отверстія бываетъ или круглое, или овальное, или же прямоугольное съ закругленными углами. Вокругъ отверстія между двойными стѣнками располагается

желѣзная рама или кольцо, скрѣпленное съ ними заклепками. Иногда, впрочемъ, избѣгаютъ употребленія соединительной рамы, устраивая такимъ образомъ, какъ это представлено на черт. 135. Это устройство встрѣчается на американскихъ паровозахъ и имѣетъ то преимущество, что предупреждаетъ части стѣнки около отверстія отъ быстраго перегоранія ихъ, такъ какъ таковыя постоянно охлаждаются водою. Въ послѣднее время при постройкѣ котловъ на русскихъ заводахъ также избѣгаютъ иногда употребленія топочнаго кольца, при чемъ края топочнаго отверстія въ лобовомъ листѣ и въ задней топочной стѣнкѣ выштамповываютъ такимъ образомъ, дабы склепка ихъ приходилась не внутри между стѣнками, а снаружи, что представляется болѣе выгоднымъ. Черт. 134. Для защиты нижней части топочнаго отверстія отъ поврежденія ея лопатою, рѣзакомъ и т. п. укрѣпляютъ въ этомъ мѣстѣ особый предохранительный листъ. Топочныя дверцы обыкновенно дѣлаютъ на шарнирахъ, но встрѣчаются также и задвижныя, состоящія изъ двухъ половинокъ. Одинъ изъ распространенныхъ типовъ дверецъ представленъ на черт. 136 и 137. Для возможности удобнаго закрыванія ихъ, каждый разъ послѣ заброса угля, вертикальный стержень шарнира продолжаютъ вверхъ, гдѣ и снабжаютъ его рукояткою.

Черт. 134 и 135.

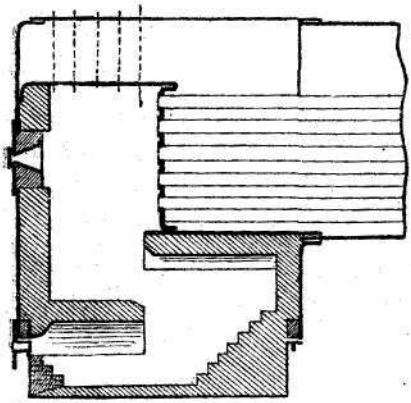


Черт. 136 и 137.

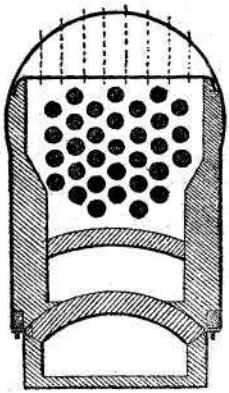


Особое устройство топки, въ видѣ опыта примѣненной на Грязе-Царицинской ж. д. для нефтяного отопленія, представлено на черт. 138 и 139. Внутренней мѣдной топки вовсе нѣтъ и оставленъ лишь потолочный листъ; кожухъ,

Черт. 138.



Черт. 139.



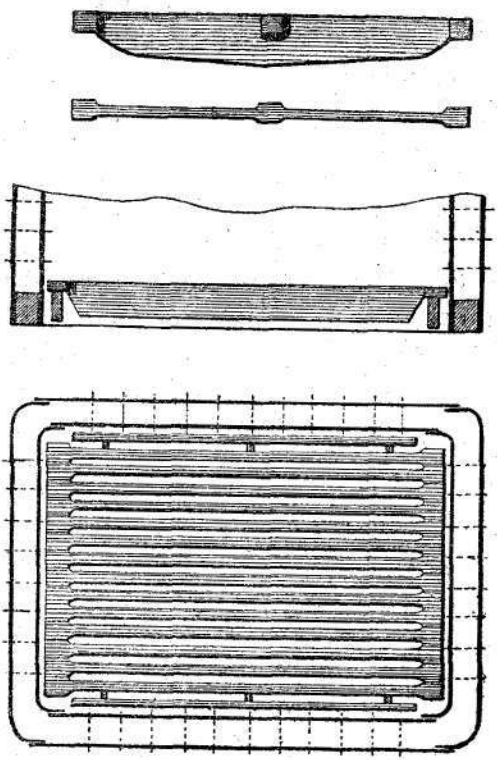
топки, а также и топочное отверстіе выложены огнеупорнымъ кирпичемъ съ цѣлью сохранить теплоту внутри топки и предупредить раскаливаніе стѣнокъ. Потеря въ поверхности нагрѣва, вслѣдствіе уничтоженія мѣдной топки, возмѣщается удлиненіемъ дымогарныхъ трубокъ во внутрь топки приблизительно на 2 фута. Преимущество кирпичной топки состоитъ въ томъ, что первоначальная стоимость устройства, а равно содержаніе ея—дешевле. За то въ отношеніи паропроизводительности котелъ ухудшился на столько, что пришлось отказаться отъ такой топки.

Почти исключительное употребленіе мѣди для внутреннихъ топокъ объясняется тѣмъ, что мѣдь въ $2^{1/2}$ раза лучше проводитъ теплоту, но подъ вліяніемъ сѣрныхъ паровъ, отдѣляемыхъ часто изъ угля, легче разъѣдается, чѣмъ желѣзо.

Колосники.

Колосники располагаются въ нижней части топки и отливаются изъ чугуна, черт. 140 и 141, или приготовляются изъ фасоннаго желѣза, черт. 142; въ первомъ случаѣ иногда по нѣсколько штукъ вмѣстѣ. По концамъ колосники имѣютъ уширенія (заплечики) для удобства укладки ихъ, а въ срединѣ — утолщеніе или приливы, дабы разстояніе между ними оставалось постояннымъ при нагрѣваніи ихъ, когда они стремятся выпучиваться въ ту или другую сторону и могутъ при этомъ сближаться или удаляться одинъ отъ другого.

Черт. 140—143.



Концами своими колосники лежатъ на балочкахъ, которыя въ свою очередь прикрѣплены къ угольникамъ, привинченнымъ къ стѣнкамъ топки у самой рамы. Такъ какъ длинные колосники при сильномъ нагрѣваніи могутъ прогибаться отъ тяжести топлива, то иногда кладутъ подъ среднею ихъ частью промежуточныя поперечныя балочки, или вмѣсто длинныхъ колосниковъ употребляютъ короткіе, располагаемые въ 2—3 ряда. Крайніе колосники дѣлаютъ немного отличной формы отъ среднихъ или же двойными,

приклепываніемъ къ нимъ болѣе короткой полосы желѣза, чтобы возможно было придвинуть ихъ ближе къ стѣнкамъ топки, чему мѣшаютъ загнутые края передней и задней стѣнокъ и головки заклепокъ, черт. 143.

Иногда колосниковыя балочки представляютъ собою зубчатыя рейки, въ вырѣзахъ которыхъ вставляются колосники. Выгода этихъ колосниковъ состоитъ въ дешевизнѣ ихъ, но они неудобны въ томъ отношеніи, что въ случаѣ необходимости измѣнить разстояніе между колосниками, необходимо поставить новыя балочки.

Сумма промежутковъ, образуемыхъ колосниками, называется свободною площадью колосниковой рѣшетки и составляетъ отъ $^1/_4$ до $^1/_3$ всей площади, занимаемой колосниками; она зависитъ отъ количества воздуха, необходимаго для горѣнія. Величина же всей площади колосниковъ зависитъ отъ количества топлива, которое должно сгорѣть на нихъ въ извѣстное время для образованія опредѣленнаго количества пара и составляетъ отъ $^1/_{100}$ до $^1/_{30}$ всей поверхности нагрѣва котла. Понятно, что чѣмъ лучше топливо, тѣмъ меньше и колосниковая рѣшетка; точно также, если топливо сгораетъ толстымъ слоемъ, то колосниковая рѣшетка меньше, нежели въ томъ случаѣ, когда оно горитъ тонкимъ слоемъ.

Величина же отдѣльныхъ промежутковъ между колосниками зависитъ отъ рода топлива. Чѣмъ послѣднее крупнѣе, тѣмъ больше и промежутки и наоборотъ, чѣмъ мельче уголь, тѣмъ меньше промежутки, такъ какъ иначе значительная часть его проваливалась бы сквозь нихъ несгорѣвшею. Вообще же, чѣмъ больше свободная площадь рѣшетки, тѣмъ больше притекаетъ воздуха для горѣнія, которое въ этомъ случаѣ тѣмъ совершеннѣе. Въ свою очередь колосники должны имѣть надлежащую прочность, дабы не прогибались отъ тяжести топлива и ударовъ рѣзакомъ. Для мелкаго угля, сгорающаго тонкимъ слоемъ, весьма полезно употреблять

колосники возможно тоньше и выше, съ небольшими промежутками, такъ какъ притекающій воздухъ, проходя въ этомъ случаѣ сквозь узкія щели между ними, частью нагрѣвается и въ то же время охлаждаетъ колосники, чѣмъ предупреждается скорое перегораніе ихъ.

При отопленіи паровозовъ антрацитомъ, вслѣдствіе высокой температуры, развиваемой при горѣніи, обыкновенные колосники очень скоро перегораютъ и потому вмѣсто нихъ употребляютъ иногда дымогарныя трубы, укрѣпляемыя наклонно въ передней и задней стѣнкахъ топки такимъ образомъ, чтобы вода изъ котла могла имѣть въ нихъ свободное движеніе.

Скорость движенія воздуха въ топку достигаетъ отъ 15 до 18 фут. въ одну секунду; температура же горѣнія въ топкѣ при отопленіи каменнымъ углемъ доходитъ до 1200° Ц.

Подъ топкою подвѣшивается непосредственно зольниковая коробка (поддувало), черт. 128 и 129, имѣющая спереди и сзади клапаны, служащіе для регулированія притока воздуха въ топку, и приводимые въ дѣйствіе съ площадки машиниста. Кромѣ того дѣлаютъ иногда особое отверстіе съ крышкою и въ днѣ зольника, служащее для пролѣзанія въ топку, хотя въ большей части случаевъ пользуются для этой цѣли топочнымъ отверстіемъ.

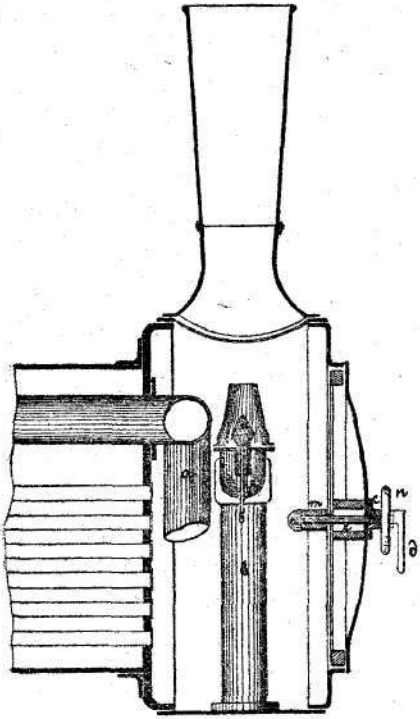
Дымовая коробка.

Дымовая коробка представляетъ собою переднее окончаніе котла и соединяется съ цилиндрическою частью при посредствѣ желѣзной рѣшетки, которая въ такомъ случаѣ выступаетъ немного за предѣлы очертанія цилиндрической части и имѣетъ загнутые края, къ которымъ и приклепывается дымовая коробка, черт. 144. Соединеніе же самой рѣшетки съ котломъ производится кольцомъ изъ угловаго

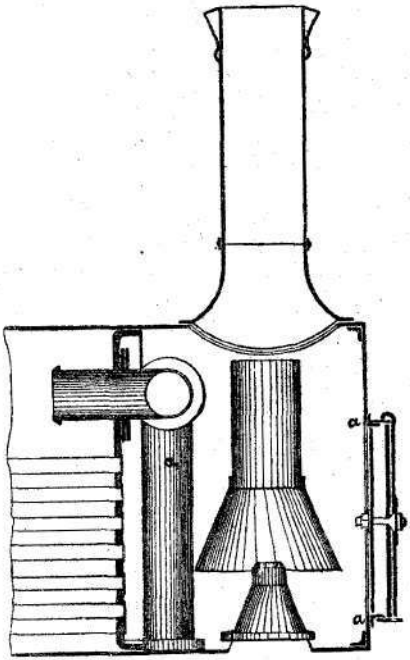
желѣза, котораго одна полка приклепана къ цилиндрической части, а другая—къ рѣшеткѣ.

Иногда же для большей простоты образуютъ дымовую коробку непосредственнымъ удлиненіемъ цилиндрической части котла и желѣзная рѣшетка приклепывается тогда внутри котла, черт. 145.

Черт. 144.



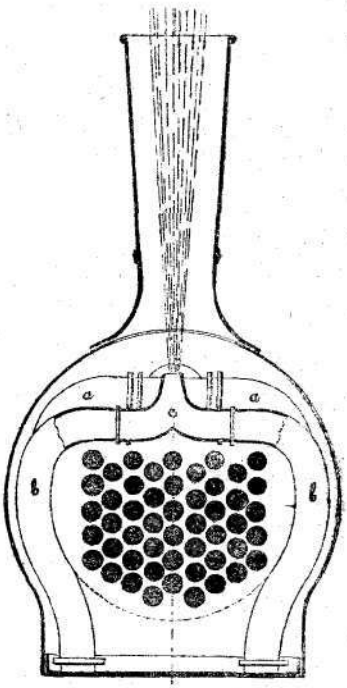
Черт. 145.



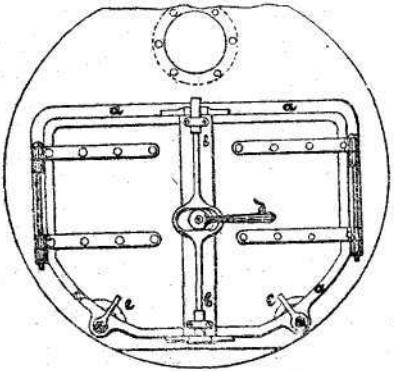
Такъ какъ дымовая коробка не подвергается никакому давленію внутри, то стѣнки ея дѣлаютъ изъ желѣза менѣе прочнаго, чѣмъ котелъ, а именно около $^{3}/_{8}$ дюйм. толщиною. Въ паровозахъ прежнихъ конструкцій, для болѣе прочнаго укрѣпленія цилиндровъ, продолжали внизъ желѣзную рѣшетку и переднюю стѣнку дымовой коробки, вслѣдствіе чего и соединеніе котла въ передней части съ рамою было бо-

лѣе прочнымъ. Въ образованномъ такимъ или другимъ образомъ углубленіи устраивается зольникъ, въ которомъ собираются угольки, увлекаемые изъ топки по дымогарнымъ трубкамъ. Въ верхней части дымовой коробки надъ верхнимъ рядомъ трубокъ, располагается желѣзная сѣтка, препятствующая вылетанію этихъ угольковъ наружу чрезъ трубу. Кромѣ того въ дымовой коробкѣ, черт. 146, находятся двѣ паропроводныя трубы *аа*, по которымъ паръ проходитъ изъ котла въ цилиндры. Такъ какъ температура газовъ въ дымовой коробкѣ достигаетъ до 300° Ц. и больше, то вода, увлеченная механически паромъ, обращается частью въ паръ и послѣдній такимъ образомъ высушивается нѣсколько, раньше поступленія въ цилиндры. Затѣмъ, имѣются тамъ еще двѣ пароотводныя трубы *вв*, по которымъ отработанный паръ

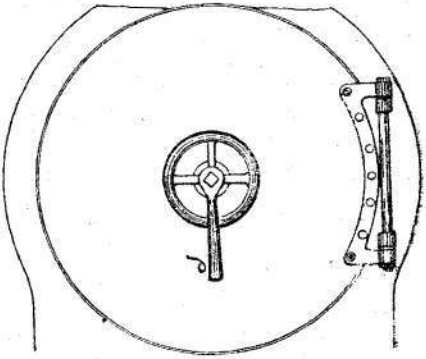
Черт. 146.



Черт. 147.



Черт. 148.



выходитъ наружу. Эти послѣднія трубы соединяются въ верхней части подъ дымовою трубою помощью фланцевъ съ особою соединительною трубою *c*, снабженною такъ называемымъ *конусомъ*.

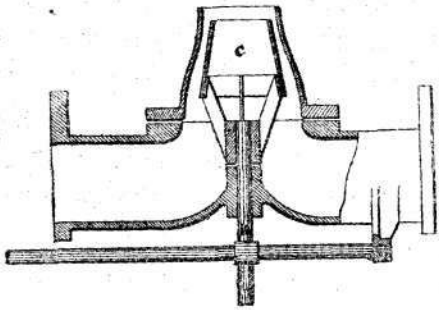
Дымовая коробка закрывается спереди особыми дверцами, состоящими изъ двойныхъ листовъ желѣза, въ предупрежденіе быстраго прогоранія ихъ и выпучиванія; размѣры дверецъ должны быть таковы, чтобы всѣ дымогарныя трубки могли свободно проходить. Форма дверецъ бываетъ различна, но чаще всего устраиваютъ двустворчатыя или круглыя дверцы, представленныя на черт. 147 и 148. Первыя изъ нихъ, представленныя также на черт. 145 въ вертикальномъ сѣченіи, упираются въ рамку *aa* изъ угловаго желѣза и запираются сверху и снизу задвижкою *вв*, передвигаемою помощью эксцентрика и рукоятки *д*. Кромѣ того, для болѣе плотнаго прилеганія дверецъ въ нижней части ихъ, имѣются иногда особые вращающіеся запоры *c*, *c*. Круглая дверь, представленная также на черт. 144 въ сѣченіи, сдѣлана выпуклою для большей жесткости и для возможности болѣе плотнаго нажатія ея кромокъ и запирается посредствомъ одного только болта *e*. Болтъ этотъ имѣетъ съ внутренней стороны крестовую головку *a*, которая проходитъ чрезъ продолговатое отверстіе, находящееся по срединѣ толстаго бруска *m*, расположеннаго поперекъ дымовой коробки. Помощью рукоятки *д* можно повернуть болтъ на 90° и поставить его, какъ показано на чертежѣ, а затѣмъ, помощью маховика *n*, снабженнаго винтовою нарѣзкою, натянуть самый болтъ и прижать дверь.

Конусъ.

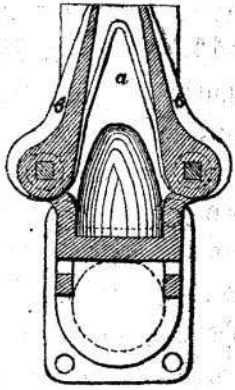
Конусъ составляетъ одну изъ важнѣйшихъ частей паровоза и служитъ для полученія сильной искусственной тяги въ

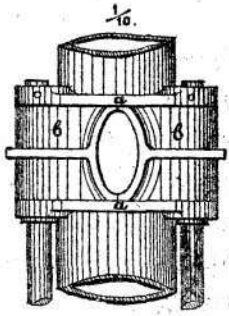
топкѣ паровоза, чего нельзя достигнуть низкою трубою. Паръ, вылетая изъ конуса чрезъ узкое отверстіе по трубѣ наружу, увлекаетъ за собою газы изъ дымовой коробки, вслѣдствіе чего въ этой послѣдней происходитъ разрѣженіе и наружный воздухъ стремится въ дымовую коробку; но такъ какъ она закрыта совершенно плотно, то воздухъ притекаетъ чрезъ поддувало, топку и дымогарныя трубы. Чѣмъ меньше сѣченіе конуса, тѣмъ сильнѣе паръ вылетаетъ изъ трубы, тѣмъ больше разрѣженіе воздуха и слѣдовательно тяга дѣлается сильнѣе. Необходимо замѣтить, что паръ выходитъ изъ конуса ударами, а потому притокъ свѣжаго воздуха въ топку происходилъ бы такимъ же образомъ, если бы дымовая коробка не была въ этомъ случаѣ регуляторомъ притока

Черт. 149.



Черт. 150 и 151.





воздуха, который притекаетъ тѣмъ равномѣрнѣе, чѣмъ больше дымовая коробка. Съ этою цѣлью въ паровозахъ новѣйшей постройки длина дымовой коробки достигаетъ иногда до 5 футовъ.

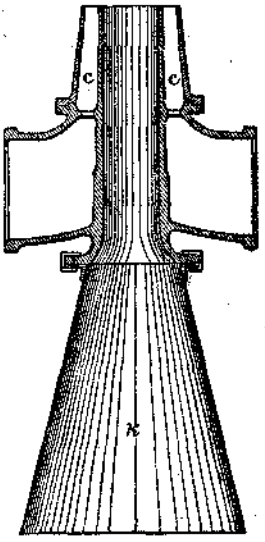
Различаютъ конусы двоякаго рода: съ постояннымъ сѣченіемъ, какъ это выше представлено на черт. 145 и 146, и съ перемѣннымъ сѣченіемъ на черт. 149—151. Внутри постояннаго конуса, черт. 149,

имѣется другой подвижной конусъ *c*, также полый внутри. Отработанный паръ выходитъ одновременно и чрезъ внутренній конусъ и чрезъ кольцевое отверстіе между обоими конусами. При подниманіи внутренняго конуса помощью стержня *к*, особаго рычага и тяги, кольцевое отверстіе будетъ постепенно уменьшаться и, наконецъ, можетъ быть совершенно закрыто, при чемъ отработанный паръ будетъ выходить только чрезъ внутренній конусъ. Выгода этого конуса очевидно большая, такъ какъ возможно регулировать имъ тягу воздуха, смотря по надобности, но за то устройство его болѣе сложно и менѣе прочно, чѣмъ конуса съ постояннымъ сѣченіемъ. Кромѣ вышеописаннаго конуса имѣются еще многіе другіе типы устройства ихъ; такъ напр., вмѣсто подвижного внутренняго конуса употребляютъ подвижной же грушевидный отливъ, черт. 144. На черт. 150 и 151 представленъ конусъ, также весьма часто встрѣчающійся, и состоящій изъ четырехъ стѣнокъ, изъ которыхъ двѣ неподвижныя *a* совершенно плоскія и отлитыя за одно цѣлое съ соединительною трубою; другія же двѣ стѣнки *вв* (клапаны) укрѣплены на двухъ параллельныхъ осяхъ, на которыхъ онѣ и вращаются помощью рычаговъ и тягъ. Клапаны имѣютъ въ верхней части овальную форму, чтобы по возможности округлить поперечное сѣченіе конуса, а слѣдовательно и сѣченіе струи пара.

Въ паровозахъ Компаундъ, въ которыхъ число вылетовъ мятаго пара чрезъ конусъ при одномъ оборотѣ ведущей оси въ два раза меньше, чѣмъ у обыкновенныхъ, употребляютъ конусъ болѣе совершенной системы. Представленный на черт. 152 конусъ системы Адамса помѣщается въ верхней части дымовой коробки. Въ немъ мятый паръ вытекаетъ чрезъ кольцевое отверстіе *сс* въ видѣ пустотѣлой струи, вслѣдствіе чего полезное его дѣйствіе значительно повышается. Кромѣ того, внизу конуса подвѣшивается колпакъ *к*,

благодаря чему газы вытягиваются не только вверху, но и внизу подъ колпакомъ и слѣдовательно разрѣженіе воздуха по всей дымовой коробкѣ болѣе равномѣрно.

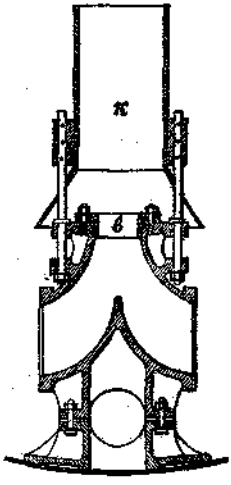
Черт. 152.



Конусъ американской системы, представленный на черт. 153, устанавливается внизу дымовой коробки, вслѣдствіе чего добавочный колпакъ (петикотъ) *к* устраивается надъ нимъ сверху. Газы при этомъ конусѣ вытягиваются въ двухъ мѣстахъ: подъ сѣдалищемъ дымовой трубы и подъ колпакомъ. Насадка *в*, опредѣляющая собою сѣченіе конуса, укрѣпляется на болтахъ, почему во всякое время можетъ быть замѣнена другою, болѣе соотвѣтственнаго діаметра.

Чтобы разрѣженіе воздуха въ дымовой коробкѣ было въ большей степени и производило большую тягу, необходимо, чтобы дверцы ея прилегали возможно плотнѣе и нигдѣ въ дымовой коробкѣ не было щелей и скважинъ. Иначе свѣжій воздухъ, проникая внутрь ея, мѣшалъ бы разрѣженію и въ то же время довершалъ бы тамъ сгораніе несгорѣвшихъ еще газовъ и твердыхъ частицъ угля. Вслѣдствіе этого паровыя трубы и дымовая коробка перегорали-бы скорѣе, а желѣзные листы дверецъ коробились-бы. Для предохраненія паровыхъ трубъ отъ соприкосновенія съ горящимъ угольнымъ мусоромъ, ихъ защищаютъ иногда желѣзными или чугунными кожухами, покрывъ предварительно глиною.

Черт 153.

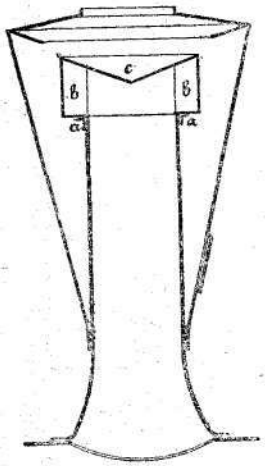


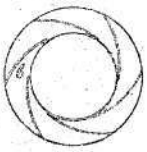
Дымовая труба.

Дымовая труба соединяется съ дымовою коробкою посредствомъ пологой кривой, чтобы выходъ газовъ сдѣлать болѣе свободнымъ. Діаметръ трубы не долженъ быть слишкомъ великъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ наружный воздухъ можетъ входить въ дымовую коробку; если же, наоборотъ, діаметръ ея будетъ слишкомъ малъ, то выходящій паръ можетъ спираться и ударяться о стѣнки дымовой коробки. Вообще діаметръ трубы бываетъ приблизительно равнымъ діаметру пароваго цилиндра, а высота ея—отъ 3 до 4 діаметровъ.

Трубы бываютъ или цилиндрическія, или коническія. Послѣднія предпочтительнѣе въ отношеніи тяги по той причинѣ, что выходящій паръ, расширяясь по конической поверхности, касается стѣнокъ трубы во всю высоту ея. Опытами подтверждается, что при одинаковомъ отверстіи конуса тяга будетъ несравненно больше въ томъ случаѣ, когда имѣется коническая труба, отсюда—для уравненія тяги, при конической трубѣ отверстіе конуса можетъ быть увеличено, а слѣдовательно уменьшено противодѣйствіе мятаго пара въ цилиндрѣ. При этомъ необходимое условіе, чтобы ось конуса совпадала точно съ осью трубы, достигается очень трудно при конусахъ съ перемѣннымъ расширеніемъ.

Черт. 154 и 155.





При отопленіи паровозовъ дровами, торфомъ и вообще топливомъ, дающимъ много искръ, для предупрежденія пожаровъ устраиваютъ на трубѣ искроудержательный снарядъ (*турбину*) слѣдующимъ

образомъ, какъ это показано на черт. 154 и 155. Вверху цилиндрической трубы къ наружному краю ея прикрѣпляютъ плоское кольцо *aa*, на которомъ устанавливаютъ пять или шесть реберъ *в*, изогнутыхъ по дугѣ круга и срѣзанныхъ вверху наклонно. На ребра накладывается сплошная крышка *е*, въ видѣ конуса, и все это вмѣстѣ съ трубою окружается желѣзнымъ кожухомъ. Дымъ, идя по трубѣ и встрѣчая крышку, направляется между ребрами и, вслѣдствіе кривизны ихъ, получаетъ вращательное движеніе. При этомъ искры, разлетаясь въ стороны и встрѣчая кожухъ, частью размельчаются и падаютъ внизъ, а дымъ выходитъ наружу. При отопленіи паровозовъ углемъ располагается въ дымовой коробкѣ подъ конусомъ особая сѣтка изъ желѣзной проволоки или желѣзныхъ пластинокъ.

Дымогарныя трубы.

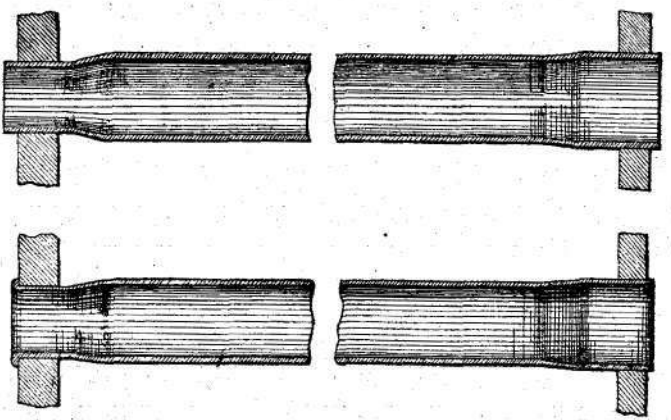
Еще до недавняго времени дымогарныя трубы дѣлались исключительно латунныя. Замѣна ихъ желѣзными началась очень медленно и съ теченіемъ времени все болѣе и болѣе распространялась, такъ какъ результаты употребленія желѣзныхъ дымогарныхъ трубъ оказывались весьма выгодными, и въ настоящее время онѣ примѣняются почти повсемѣстно. Хотя латунь лучше проводитъ теплоту, чѣмъ желѣзо, и въ тоже время, какъ показалъ опытъ, твердая накипь легче осаждается на шероховатой поверхности желѣзныхъ трубъ, тѣмъ не менѣе однако, при обширномъ употребленіи ихъ, не замѣчено ни большаго расхода топлива, ни худшаго парообразованія. Стоимость новыхъ латунныхъ трубъ и содержаніе ихъ вдвое больше желѣзныхъ. При употребленіи латунныхъ трубъ, бывали весьма часто случаи обрыва ихъ у самой рѣшетки, между тѣмъ какъ при желѣзныхъ трубахъ эти случаи почти не имѣютъ мѣста, такъ какъ удлиненіе послѣднихъ трубъ при нагрѣваніи мало разнится отъ удлиненія котла и

потому желѣзныя трубы не оказываютъ стремленія выйти изъ отверстій рѣшетки.

Для изготовленія желѣзныхъ трубъ прокатывали длинные листы, которые загибали въ трубки и сваривали по всей длинѣ. Въ настоящее же время дымогарныя трубы изготовляются цѣльно-тянутыми (безъ шва) изъ мягкой безсемеровской стали. Дымогарныя трубы должны быть прямыя и возможно гладкія, одинаковой толщины стѣнокъ и діаметра и безъ всякихъ пороковъ (раковинъ, пленъ). Края трубъ должны загибаться въ холодномъ состоянія подъ прямымъ угломъ безъ всякаго слѣда трещинъ и подъ давленіемъ до 25 атмосферъ трубы должны быть непроницаемы для воды и пара и не измѣнять своей формы.

Предварительно постановки трубъ на мѣсто, одни концы ихъ осаживаютъ на $^1/_8$ дюйма приблизительно, а противоположные раздаютъ на столько же, такъ какъ отверстія для нихъ въ дымовой рѣшеткѣ на $^1/_4$ дюйма больше отверстій огневой рѣшетки, черт. 156. Это увеличеніе отверстій дымовой рѣшетки необходимо для возможности вынуть трубы въ томъ случаѣ, когда онѣ покрыты слоемъ твердой накипи.

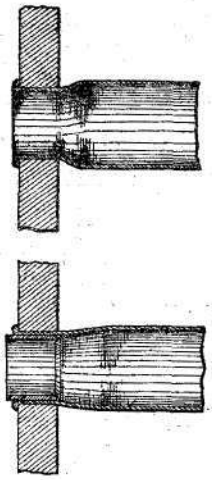
Черт. 156 и 157.



Прочное и плотное укрѣпленіе дымогарныхъ трубъ въ котлѣ достигается такимъ образомъ, что послѣ постановки ихъ въ соотвѣтственныя отверстія обѣихъ рѣшетокъ, вбиваютъ въ нихъ одновременно стальныя оправки, представляющія собою слабоусѣченный конусъ, а затѣмъ развальцовываютъ особою машинкою и отгибаютъ буртики ихъ со стороны топки; черт. 157. Величина выступающихъ буртиковъ со стороны топки около $^1/_4$—$^5/_{16}$ дюйма; со стороны дымовой коробки буртики могутъ быть и нѣсколько больше.

Иногда съуженіе одного конца трубы дѣлается не постепенно, а вдругъ, вслѣдствіе чего образуется нѣкоторая выпуклость, способствующая лучшему уплотненію трубы у огневой рѣшетки; черт. 158.

Черт. 158 и 159.



Концы трубъ не должны выступать изъ огневой рѣшетки слишкомъ много, лучше меньше, такъ какъ короткіе концы при загибѣ ихъ не такъ легко даютъ трещины, плотнѣе пристаютъ и обгораютъ не такъ скоро, какъ длинные, слабѣе охлаждаемые. Хорошо поставленныя трубы образуютъ прочное скрѣпленіе противоположныхъ рѣшетокъ. Раньше при употребленіи латунныхъ трубъ весьма часто вколачивали въ нихъ со стороны топки коническія стальныя кольца, черт. 159, назначеніемъ которыхъ было предохранять концы трубъ отъ непосредственнаго дѣйствія пламени. Въ настоящее время кольца употребляются только тогда, когда концы трубъ немного обгорѣли и слѣдовательно слабо держатся. Толщина стѣнокъ трубъ около $^1/_8$ дюйма, наружный діаметръ ихъ около 2 дюйм. и разстояніе между краями смежныхъ трубъ около $^7/_8$ дюйма.

При меньшихъ промежуткахъ между ними, образующійся паръ не можетъ свободно подниматься, а при сильномъ парообразованіи большое количество пара, поднимаясь, выталкиваетъ воду и производитъ сильное волненіе. При покрытіи стѣнокъ трубъ накипью, промежутки между ними уменьшаются.

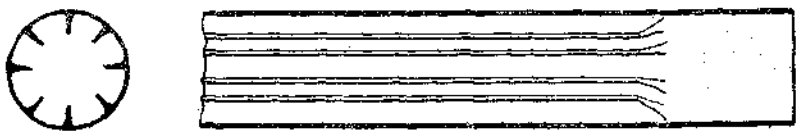
Дымогарныя трубы располагаютъ обыкновенно такимъ образомъ, что соединеніемъ центровъ трехъ сосѣднихъ трубъ образуется равносторонній треугольникъ, при чемъ образуютъ ряды горизонтальные или вертикальные. Послѣднее расположеніе болѣе выгодное, какъ представляющее болѣе свободы поднимающемуся пару и меньшее ослабленіе рѣшетки верхней части, такъ какъ въ верхнемъ ряду въ этомъ случаѣ меньше отверстій для трубъ. Количество дымогарныхъ трубъ въ нынѣ строющихся паровозахъ бываетъ отъ 160 до 220, а иногда и больше. Чѣмъ меньше діаметръ трубокъ, тѣмъ скорѣе онѣ засоряются и выходящіе газы претерпѣваютъ большее сопротивленіе. При этомъ необходимо усиленіе тяги посредствомъ съуживанія конуса, отчего, въ свою очередь, увеличивается сопротивленіе выходу мятаго пара изъ цилиндровъ. Вслѣдствіе этого не слѣдуетъ, въ видахъ увеличенія площади нагрѣва, увеличивать число прогарныхъ трубъ уменьшеніемъ ихъ діаметра. Длина дымогарныхъ трубъ зависитъ отъ длины цилиндрической части котла (разстоянія между рѣшетками) и достигаетъ обыкновенно 14—15 фут., а иногда и больше. Такъ какъ паропроизводительность поверхности нагрѣва трубъ значительно уменьшается съ удаленіемъ отъ топки, а сопротивленіе тягѣ при этомъ увеличивается, то поэтому безполезно придавать имъ значительную длину.

Старыя дымогарныя трубы, вынутыя изъ котла, слѣдовательно съ обгорѣвшими или испорченными концами, возможно опять употреблять послѣ очистки ихъ отъ накипи, если онѣ еще достаточно прочны: или припаивая къ нимъ новый мѣдный наконечникъ, когда старый уже коротокъ,

или же приваривая новый кусокъ такой же желѣзной трубки. Средняя продолжительность службы желѣзныхъ дымогарныхъ трубъ около 10—15 лѣтъ, при чемъ онѣ выдерживаютъ 4—5 постановокъ на паровозы. Дымогарныя трубы, потерявшія 35—40% и болѣе своего первоначальнаго вѣса, признаются уже негодными къ дальнѣйшей ихъ службѣ на паровозахъ.

Въ послѣднее время встрѣчаются такъ называемыя ребристыя трубы (*Серва*), примѣненіе которыхъ въ паровозныхъ котлахъ, какъ показалъ опытъ, усиливаетъ паропроизводительность на 15%. Особенность этихъ дымогарныхъ трубъ заключается въ 8 радіальныхъ ребрахъ или выступахъ, съ внутренней стороны, по всей длинѣ трубы. Черт. 160 и 161. Эти ребра для возможности развальцовки съ обоихъ концовъ трубы отняты на длинѣ около 5 дюйм. Въ обык-

Черт. 160 и 161.



новенныхъ гладкихъ внутри трубахъ часть горячихъ газовъ проходитъ изъ *топки, не успѣвая на пути придти* въ соприкосновеніе съ нагрѣваемыми стѣнками, доказательствомъ чему можетъ служить тотъ фактъ, что температура газовъ въ дымовой коробкѣ рѣдко когда бываетъ ниже 370° Ц. Въ ребристыхъ же трубахъ протекающая газовая струя разсѣкается ребрами на части, вслѣдствіе этого металлу и водѣ передается гораздо большее количество теплоты и температура газовъ въ дымовой коробкѣ понижается до 270° Ц.

Хотя ребристыя трубы дороже и тяжелѣе обыкновенныхъ, за то въ силу болѣе полезнаго ихъ дѣйствія па-

ровозъ можетъ обойтись меньшимъ числомъ ихъ, такъ какъ поверхность нагрѣва каждой трубы увеличена ребрами, а промежутки между трубами шире и циркуляція воды происходитъ совершеннѣе. Діаметръ этихъ трубъ бываетъ $2^{1}/_{2}$ и $2^{3}/_{4}$ дюйма.

Связи.

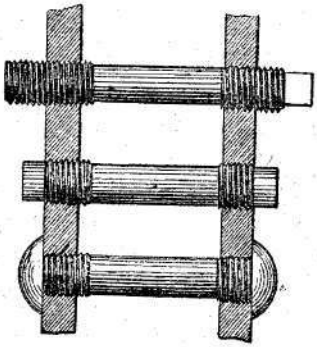
Паровой котелъ, ограниченный разными поверхностями, какъ-то: плоскими, шаровыми, цилиндрическими и полуцилиндрическими, претерпѣваетъ во всѣхъ своихъ частяхъ одинаковое давленіе на единицу поверхности, а потому сопротивленіе этихъ частей должно быть равное. Такъ какъ сопротивленіе стѣнокъ при одинаковой толщинѣ котельныхъ листовъ зависитъ еще отъ формы ихъ, а именно: плоскія стѣнки представляютъ меньшее сопротивленіе, чѣмъ шаровыя, цилиндрическія, полуцилиндрическія и вообще выгнутыя, то, чтобы удовлетворить условію одинаковой прочности, укрѣпляютъ болѣе слабыя части помощью связей, которыя, смотря по мѣсту и назначенію, бываютъ: топочныя связи, продольныя связи или тяги, анкерныя балки, угольники, подвѣски и проч.

Топочныя связи служатъ для удержанія въ неизмѣнномъ разстояніи вертикальныхъ стѣнокъ топки и предупреждаютъ такимъ образомъ выпучиваніе наружной стѣнки наружу, а внутренней во внутрь топки. Эти связи бываютъ большею частью изъ круглой красной мѣди, какъ лучше сопротивляющейся изгибающимъ усиліямъ; впрочемъ дѣлаютъ ихъ также изъ желѣза или мягкой стали. До постановки на мѣсто, связи обтачиваютъ, нарѣзаютъ, затѣмъ ввинчиваютъ и образуютъ головки въ холодномъ состояніи, черт. 162. Если выступающіе концы длинны, то ихъ обрѣзаютъ. Толщина перво-

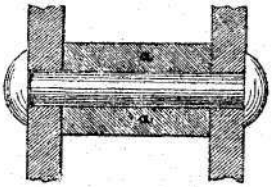
начальныхъ связей бываетъ $^{7}/_{8}$—$^{15}/_{16}$ дюйма, разстояніе между ними 4 дюйм. или нѣсколько больше.

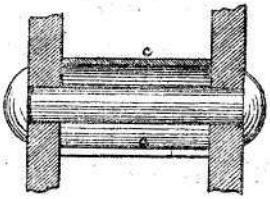
Раньше топочныя связи употребляли безъ нарѣзки и въ этомъ случаѣ онѣ представляли собою заклепку необыкновенной длины, черт. 163. При постановкѣ ихъ на мѣсто обязательно употребленіе особой чугунной трубочки *aa*, предупреждающей сближеніе стѣнокъ топки при образованіи другой головки. Недостатокъ этихъ связей заключался въ скоромъ перегораніи головокъ ихъ, такъ какъ онѣ вслѣдствіе окружающихъ ихъ трубокъ не охлаждались водою.

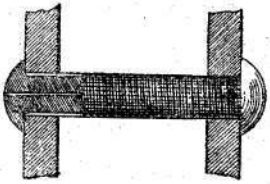
Черт. 162.



Черт. 163—165.





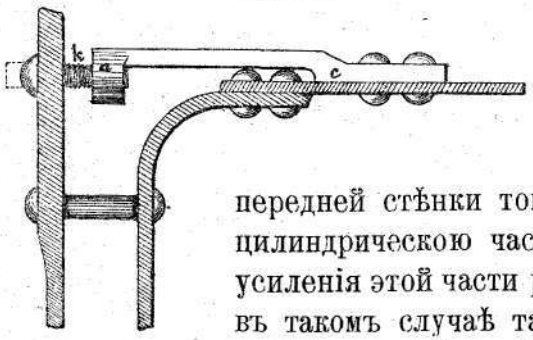


Затѣмъ вмѣсто чугунной трубочки употребляли желѣзную сомкнутую трубочку *cc*, черт. 164, обращенную прорѣзомъ внизъ для того, чтобы при спусканіи воды послѣдняя не застаивалась тамъ. Трубочки эти въ первое время дѣйствительно препятствовали чрезмѣрному раскаливанію связей, но впослѣдствіи, при заполненіи ихъ накипью, онѣ теряли свое преимущество.

Иногда употребляютъ связи, нарѣзанныя во всю длину, черт. 165, при чемъ всѣ связи дѣлаютъ обязательно съ каналомъ внутри, чтобы возможно было во-время замѣтить поврежденіе ихъ (лопанье) по вытекающей струѣ воды и предупредить выпучиваніе стѣнокъ топки, постановкою своевременно новыхъ связей.

Такъ какъ нижній рядъ дымогарныхъ трубъ отстоитъ отъ стѣнокъ котла не менѣе какъ на 2 дюйма, а верхній рядъ связей отстоитъ иногда отъ нихъ на значительное разстояніе, вслѣдствіе соединенія выгнутой передней стѣнки топки (*смычнаго листа*) съ цилиндрическою частью, черт. 166, то для усиленія этой части рѣшетки употребляются въ такомъ случаѣ такъ называемыя *лапы ас*. числомъ отъ 5 до 7, а иногда и больше, которыя однимъ концомъ приклепаны къ цилиндрической части, а другимъ при помощи винта *к* притягиваются къ рѣшеткѣ.

Черт. 166.



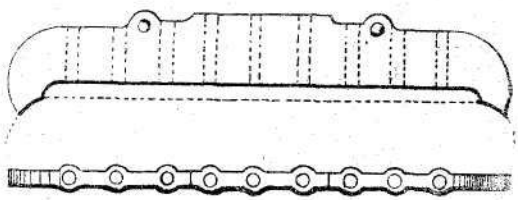
Небо или потолокъ топки, обыкновенно плоскій, воспринимаетъ значительное давленіе, достигающее до 10000 и болѣе пудовъ. Такъ напримѣръ: при давленіи пара въ 8 атмосферъ и размѣрахъ потолка $3^1/_2$ фута шириною и 5 фут. длиною—все давленіе на потолокъ будетъ $\frac{3^1/_2 \times 5 \times 12 \times 12 \times 120}{40} = 7560$ п.

Для приданія потолку соотвѣтственной прочности и передачи этого давленія на вертикальныя стѣнки топки, употребляютъ такъ называемыя *анкерныя балки*, располагая ихъ рядами вдоль или поперекъ котла въ такомъ же разстояніи другъ отъ друга, какъ и связи, и соединяя ихъ неизмѣнно съ потолкомъ помощью *анкерныхъ болтовъ*. Первый способъ расположенія—вдоль котла—предпочтительнѣе въ томъ отношеніи, что удобнѣе производить осмотръ и очистку потолка, а равно самыхъ анкерныхъ балокъ, но возможенъ лишь при топкахъ обыкновенныхъ размѣровъ; при длинныхъ же топкахъ, достигающихъ часто 6—8, а иногда и 10 фут., необходимо нужно было бы придавать анкернымъ

балкамъ, для надлежащей прочности ихъ, весьма значительную высоту, что не всегда удобно и возможно.

Если анкерныя балки изготовлены изъ кованнаго желѣза, черт. 167 и 168, то въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ имѣются отверстія для болтовъ, онѣ утолщены соотвѣтственно. Разстояніе между отверстіями обыкновенно такое же, какъ и между анкерными балками, т. е. 4 дюйма; самыя же отверстія должны быть овальны или немного большаго діаметра, чѣмъ анкерные болты—для возможности свободнаго передвиженія послѣднихъ, такъ какъ мѣдный потолокъ топки расширяется больше, чѣмъ желѣзныя балки. Анкерныя балки лежатъ на потолкѣ непосредственно только своими концами, остальная же ихъ часть отстоитъ отъ потолка на 1 или 2 дюйма съ тою цѣлью, чтобы вода свободно покрывала весь потолокъ.

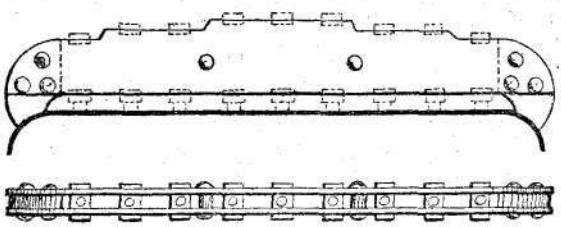
Черт. 167 и 168.



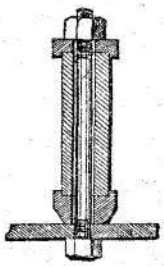
Для возможности же одинаковаго сильнаго нажатія анкерныхъ болтовъ имѣются особыя кольцевыя прокладки между потолкомъ и балками въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ проходятъ анкерные болты.

Болѣе дешевыя и прочныя анкерныя балки составляются изъ двухъ полосъ котельнаго желѣза, склепанныхъ

Черт. 169 и 170.



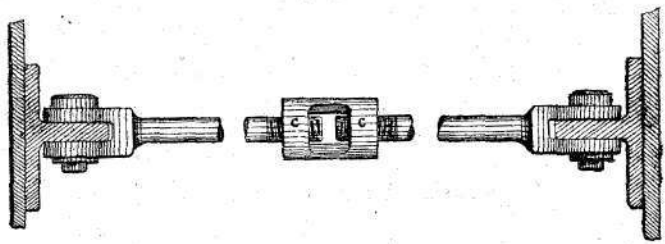
Черт. 171.



между собою въ опредѣленномъ разстояніи при помощи прокладокъ по срединѣ и двухъ кусковъ желѣза по концамъ, черт. 169 и 170. Анкерные болты, проходящіе черезъ нихъ, имѣютъ кромѣ того еще подгаечники, представленные на черт. 171 въ увеличенномъ видѣ.

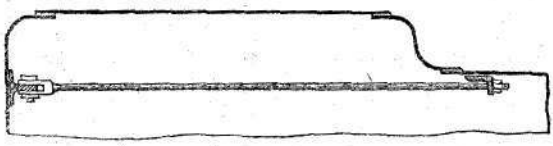
Укрѣпленіе задней (*лобовой*) стѣнки кожуха выше связей и передней рѣшетки выше дымогарныхъ трубъ достигается приклепываніемъ къ нимъ угольниковъ и особаго контрфорса или же стягиваніемъ ихъ длинными тягами (затяжки). Тяги эти, черт. 172, состоятъ изъ двухъ кусковъ круглаго желѣза, соединенныхъ съ стѣнками серьгою и болтомъ, между собою же—двойною гайкою *cc* съ правою и лѣвою нарѣзками, дабы возможно было натянуть ихъ.

Черт. 172.



Въ котлахъ съ возвышенными топками употребляются иногда кромѣ длинныхъ тягъ болѣе короткія, связывающія заднюю стѣнку котла съ цилиндрическою частью, черт. 173, а равно и боковыя стѣнки кожуха топки въ верхней части ихъ.

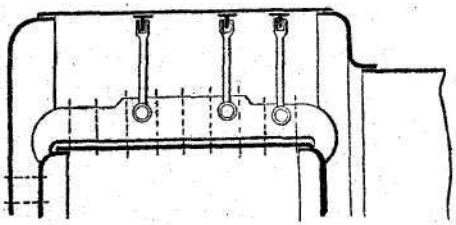
Черт. 173.



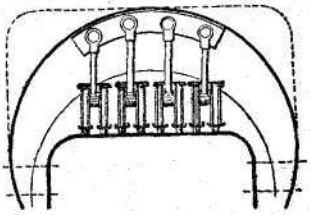
Для укрѣпленія цилиндрической части котла въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится вырѣзъ для пароваго колпака, приклепывается кольцо изъ полосоваго или брусковаго желѣза съ внутренней или наружной части, какъ это представлено на черт. 173.

Такъ какъ въ новѣйшее время топки паровозовъ достигаютъ значительныхъ размѣровъ, а упругость пара въ котлѣ достигаетъ до 12—14 атм., то вертикальныя стѣнки ихъ не всегда могутъ выдерживать безопасно всего давленія на потолокъ, которое передается на нихъ посредствомъ анкерныхъ балокъ, почему и является необходимость подвѣшивать балки къ наружному покрытію топки; каждая подвѣска, черт. 174 и 175, поддерживаетъ внизу за разъ двѣ сосѣднія балки, а вверху соединяется посредствомъ проушины и

Черт. 174.



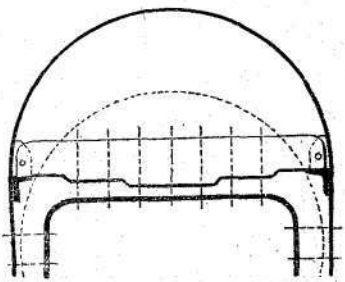
Черт. 175.



болта съ Т образнымъ желѣзомъ, приклепаннымъ большею частью перпендикулярно къ оси котла. Одна (третья) подвѣска располагается иногда ближе къ топочной рѣшеткѣ, которая ослаблена отверстіями для дымогарныхъ трубокъ и вовсе не укрѣплена связями и топочнымъ кольцомъ, какъ задняя стѣнка.

Взамѣнъ подвѣшиванія анкерныхъ балокъ, располагаютъ ихъ иногда на особыхъ угольникахъ или кронштейнахъ, приклепанныхъ къ боковымъ стѣнкамъ кожуха топки, какъ это представлено на черт. 176. При этомъ, если концы анкерныхъ балокъ соединены съ кронштейнами прочно помощью болтовъ, то такое устройство замѣняетъ собою и

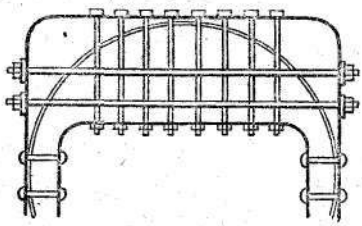
Черт. 176.



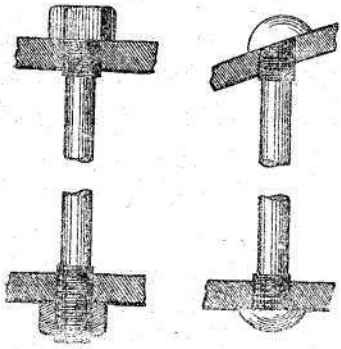
поперечныя связи. Выгода такого расположенія анкерныхъ болтовъ заключается въ томъ, что разстояніе послѣднихъ отъ потолка бываетъ 3—4 и болѣе дюймовъ, что весьма удобно для чистки потолка, и кромѣ того, стѣнки топки и нижняя соединительная рама ея не претерпѣваютъ вертикальнаго давленія.

Несравненно легче и дешевле достигается укрѣпленіе потолка топки посредствомъ однихъ *сквозныхъ болтовъ*, соединяющихъ его съ наружною плоскою частью кожуха топки, какъ это показано на черт. 177. Разстояніе между болтами дѣлается 4 дюйма; толщина ихъ около 1 дюйм., по концамъ, гдѣ нарѣзка, около $1^{1}/_{8}$ дюйм. Иногда впрочемъ употребляютъ эту конструкцію связей и въ томъ случаѣ, когда кожухъ топки имѣетъ полуцилиндрическую форму; при этомъ длина анкерныхъ болтовъ неодинакова и устройство это немного сложнѣе, такъ какъ для возможности закрѣпленія гаекъ на цилиндрической поверхности необходимо примѣненіе особыхъ фасонныхъ подгаечниковъ. Впрочемъ, въ послѣднее время взамѣнъ постановки гаекъ на наружные концы сквозныхъ болтовъ послѣдніе расклепываютъ въ головки. Способы постановки и закрѣпленіе сквозныхъ болтовъ представлены на черт. 178 и 179 въ увеличенномъ видѣ.

Черт. 177.



Черт. 178. и 179.

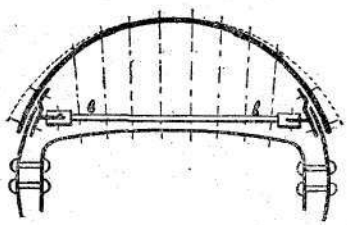


Въ послѣднее время способъ укрѣпленія потолка топки сквозными болтами сталъ все болѣе и болѣе вытѣснять прежде столь употребительный способъ укрѣпленія анкерными

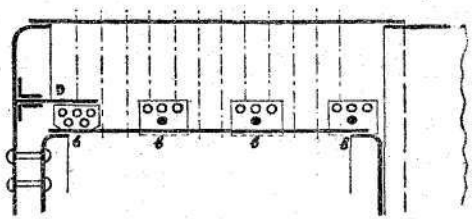
балками. Главный недостатокъ балокъ тотъ, что онѣ мѣшаютъ свободной циркуляціи воды надъ потолкомъ, вызываютъ перегрѣвъ въ слишкомъ узкомъ водяномъ пространствѣ, способствуютъ накопленію накипи и вызываютъ въ листахъ, на которыхъ покоятся, чрезмѣрныя напряженія. Нельзя однако отрицать за анкерными балками того важнаго достоинства, что онѣ не препятствуютъ свободному расширенію топки, безъ вредныхъ напряженій въ распорныхъ болтахъ и трубахъ.

Подъ вліяніемъ силъ, дѣйствующихъ на топку при жесткомъ укрѣпленіи потолка помощью сквозныхъ болтовъ, полуциркульная форма кожуха стремится принять болѣе пологую форму (пароболическую), какъ это представлено на черт. 180 пунктирною линіею. Для предупрежденія этого

Черт. 180.



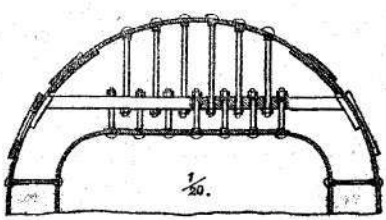
Черт. 181.



необходимо дѣлать верхній листъ кожуха толще обыкновеннаго ($^3/_4$ — $^7/_8$″) и въ тоже время ставить 3 или 4 поперечныхъ связи *вв*, черт. 180 и 181, и полку D.

Съ цѣлью ослабить нѣсколько вредное вліяніе жесткаго укрѣпленія потолка топки на мѣдную рѣшетку, дѣлаютъ крайній рядъ такихъ сквозныхъ болтовъ со стороны рѣшетки составнымъ, какъ это показано на черт. 182, помощью добавочнаго желѣзнаго

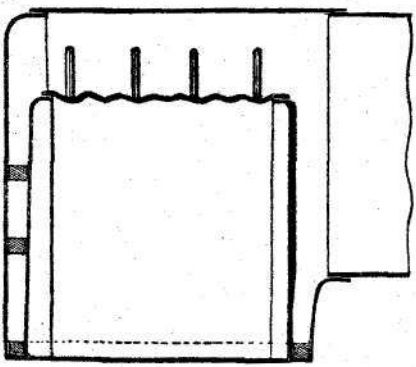
Черт. 182.



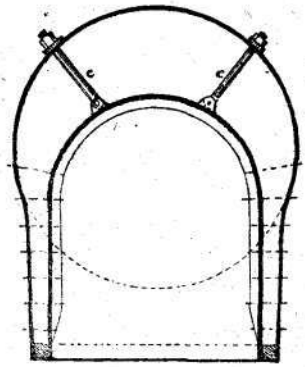
бруска, приклепаннаго своими концами къ кожуху топки. Благодаря этому устройству, при разведеніи огня въ топкѣ, рѣшетка можетъ болѣе свободно подниматься до тѣхъ поръ, пока не нагрѣется вся вода и кожухъ топки и всѣ части не примутъ нормальнаго положенія.

Огневыя коробки бываютъ еще съ полуциркульными потолками (*Мея или Гасвеля*) изготовленными изъ плоскихъ или большею частью изъ волнистыхъ мѣдныхъ листовъ и потому не требующими укрѣпленія ихъ ни анкерными балками, ни сквозными болтами. Для предупрежденія же могущей послѣдовать деформаціи, подобные потолки во всякомъ случаѣ или соединяются съ кожухомъ топки помощью 4—8 шарнирныхъ подвѣсокъ или же другимъ способомъ, черт. 183 и 184. Укрѣпленіе потолковъ бываетъ крайне разнообразное, но во всѣхъ безъ исключенія случаяхъ связи

Черт. 183.



Черт. 184.



ставятся такимъ образомъ, что не препятствуютъ свободному расширенію полуциркульнаго потолка и не загромождаютъ послѣдняго.

Толщина мѣдныхъ листовъ въ этихъ топкахъ 14 и чаще 16 мм. и если они волнисты, то боковыхъ топочныхъ связей въ нихъ значительно меньше, такъ какъ онѣ ставятся на разстояніи 6 дюйм. одна отъ другой. Длина волны со-

ставляетъ 6 дюйм. при высотѣ ея около 1 дюйма или нѣсколько больше.

Недостатокъ топокъ съ полуциркульными потолками заключается въ уменьшеніи поверхности нагрѣва котла вслѣдствіе уменьшенія числа дымогарныхъ трубокъ, что впрочемъ вознаграждается меньшимъ вѣсомъ ихъ, лучшею теплопроводностью и большимъ удобствомъ для свободнаго осмотра и очистки отъ накипи.

Поверхность нагрѣва.

Если бы паровозъ работалъ при условіи совершеннаго наполненія всякій разъ цилиндровъ паромъ, то при каждомъ оборотѣ ведущаго колеса расходъ пара равнялся бы 4-мъ объемамъ цилиндра. Въ дѣйствительности же этого никогда не бываетъ, такъ какъ впускъ пара въ цилиндры прекращается по прошествіи поршнемъ $^1/_4$, $^1/_3$, $^3/_8$, $^1/_2$... своего пути, послѣ чего паръ дѣйствуетъ расширеніемъ, а потому расходъ пара во время одного оборота ведущаго колеса будетъ только $^1/_4$, $^1/_3$, $^3/_8$, $^1/_2$... учетвереннаго объема цилиндра.

Каково бы ни было расширеніе, легко опредѣлить объемъ пара, израсходованнаго во время одного оборота колеса, зная діаметръ цилиндра и ходъ поршня. По данной же скорости движенія паровоза или по числу оборотовъ, которое дѣлаетъ ведущее колесо въ 1 минуту, можно опредѣлить объемъ пара, который расходуется въ 1 минуту. Зная же, какой расходъ пара, возможно опредѣлить объемъ воды, который котелъ долженъ обратить въ паръ требуемой упругости и въ одну минуту.

Изъ простого опыта легко убѣдиться, что въ одномъ и томъ же сосудѣ возможно тѣмъ скорѣе вскипятить воду, чѣмъ больше огонь и чѣмъ большую поверхность сосуда обнимаетъ пламя. То же самое замѣчается и въ паровомъ

котлѣ. Та часть поверхности его, которая непосредственно прикасается къ пламени и получаетъ отъ него лучистую теплоту, называется *прямою* или непосредственною поверхностью нагрѣва котла; та же часть ея, которая соприкасается только съ горячими газами, продуктами горѣнія, называется *непрямою* или посредственною поверхностью нагрѣва. Обѣ же поверхности, взятыя вмѣстѣ, образуютъ полную поверхность нагрѣва. Четыре вертикальныя стѣнки топки и потолокъ представляютъ прямую поверхность нагрѣва; дымогарныя трубы—непрямую. Поверхность нагрѣва, получая теплоту изъ топки, передаетъ ее водѣ, а потому, чѣмъ больше эта поверхность, тѣмъ больше испаряется воды въ одно и то же время и тѣмъ сильнѣе котелъ. Изъ многочисленныхъ опытовъ надъ паропроизводительностью найдено, что для испаренія 1 куб. фута воды въ 1 часъ необходимо имѣть около 5 квадр. футовъ поверхности нагрѣва и что паропроизводительность зависитъ не только отъ величины поверхности нагрѣва, но также отъ количества и качества сжигаемаго топлива, отъ теплопроводности металла, толщины стѣнокъ его и отъ разности температуръ воды и дыма и вовсе не зависитъ отъ количества воды въ котлѣ. Площадь колосниковой рѣшетки должна быть соотвѣтственныхъ размѣровъ по отношенію къ величинѣ поверхности нагрѣва, такъ какъ малая колосниковая рѣшетка, при большой поверхности нагрѣва, также невыгодна, какъ наоборотъ, слишкомъ большая колосниковая рѣшетка при малой поверхности нагрѣва.

Непрямая поверхность нагрѣва въ паровозныхъ котлахъ бываетъ обыкновенно отъ 10 до 15 разъ больше прямой, но такъ какъ принято на практикѣ, что 1 квадр. футъ прямой поверхности нагрѣва испаряетъ столько же воды, сколько 3 квадр. фута непрямой, то вся поверхность трубъ, хотя она и больше поверхности топки въ 10 до 15 разъ, тѣмъ

не менѣе первая испаряетъ воды не болѣе какъ отъ 3 до 5 разъ столько, сколько топка. При сильной тягѣ и хорошемъ топливѣ пламя изъ топки входитъ въ дымогарныя трубы на длину до 2-хъ футъ, при чемъ безъ большой погрѣшности можно принять, что паропроизводительность въ этой части трубъ одинакова съ дѣйствіемъ остальной ихъ части, такъ какъ вообще паропроизводительность единицы поверхности трубъ по мѣрѣ удаленія отъ топки уменьшается весьма быстро. Такъ, при увеличеніи разстоянія разсматриваемаго сѣченія трубы отъ топки въ 2, 3, 4 и т. д. разъ, паропроизводительность уменьшается въ 4, 9, 16 и т. д. разъ. Принявъ температуру горящихъ газовъ въ топкѣ около 1200°, въ дымовой коробкѣ температуру дыма около 300° и температуру воды въ котлѣ около 175°, найдемъ, что разность температуры горящихъ газовъ и воды въ началѣ дымогарной трубы будетъ около 1200—175=1025°, между тѣмъ какъ разность температуры дыма и воды въ концѣ дымогарной трубы будетъ около 300—175=125°, т. е. первая разность почти въ 10 разъ больше второй и потому паропроизводительность дымогарныхъ трубокъ у топки должна быть во столько же разъ больше, чѣмъ у дымовой коробки.

Обыкновенно вся поверхность нагрѣва паровознаго котла бываетъ около 1250 или болѣе квадр. футовъ. Полагая, что на каждую паровую лошадь необходимо испарить 1 куб. футъ воды въ 1 часъ или же имѣть около 5 квадр. футъ поверхности нагрѣва, найдемъ, что сила паровознаго котла будетъ около 250 паровыхъ лошадей и достигаетъ иногда до 300. Въ новѣйшихъ восьми-колесныхъ паровозахъ поверхность нагрѣва въ огневой коробкѣ бываетъ около 110 квадр. фут., а дымогарныхъ трубокъ около 1650 кв. фут. Отсюда сила паровознаго котла будетъ приблизительно 350 паровыхъ лошадей.

Арматура котла.

Всѣ принадлежности котла, служащія для правильнаго и безопаснаго дѣйствія его, составляютъ вмѣстѣ взятыя такъ называемую арматуру котла. Сюда относятся слѣдующіе приборы.

Водомѣрное стекло.

Черт. 185.



Приборъ этотъ помѣщается на задней вертикальной стѣнкѣ котла, въ виду машиниста, и служитъ для постояннаго наблюденія уровня воды, который для безопасности дѣйствія котла не долженъ быть ниже 4 дюймовъ надъ потолкомъ топки; средній же или нормальный уровень воды возвышается отъ 6 до 8 дюймовъ и соотвѣтствуетъ приблизительно высотѣ $^3/_4$ діаметра котла, такъ что паровое пространство составляетъ около 20% всего объема котла. Сохраненіе въ паровозномъ котлѣ по возможности нормальнаго уровня важно въ томъ отношеніи, чтобы на уклонахъ пути потолокъ не могъ обнажиться. Устройство водомѣрнаго стекла видно на черт. 185, гдѣ указательная трубка *aa* закрѣпляется концами въ мѣдныхъ коробкахъ,

снабженныхъ кранами *в* и *в'*, и уплотняется въ нихъ помощью резиновыхъ колецъ, мѣдныхъ втулокъ и такихъ же гаекъ *с* и *с'*. Нижній кранъ *в'* ввинченъ въ котелъ на линіи потолка, а верхній въ наивысшей точкѣ, при чемъ когда оба крана открыты, то вода въ котлѣ и въ стеклѣ будетъ на одномъ уровнѣ. Уровень воды при открытомъ регуляторѣ есть кажущійся и выше дѣйствительнаго дюйма на два или больше, въ зависимости отъ чистоты воды въ котлѣ, такъ какъ при открытіи регулятора и слѣдовательно при уменьшеніи давленія въ котлѣ, кипѣніе воды и образованіе пузырьковъ пара имѣетъ мѣсто во всей массѣ ея, почему она и увеличивается въ объемѣ. Обстоятельство это необходимо имѣть въ виду при переходѣ съ подъема на уклонъ, когда регуляторъ закрывается и когда вода устремляется въ переднюю часть котла; этимъ объясняется причина, почему машинистъ открываетъ иногда регуляторъ, слѣдуя по уклону. Когда одинъ изъ каналовъ у крановъ *в* и *в'* засорится, то вода въ стеклѣ стоитъ спокойно на одномъ уровнѣ, не принимая участія въ колебаніяхъ воды въ котлѣ.

Для избѣжанія этой порчи необходимо возможно чаще продувать стекло открываніемъ крана $в^2$, вслѣдствіе чего вода и паръ, устремляясь по трубкѣ *д* наружу, прочищаютъ каналы. Когда же засореніе этимъ способомъ устранить нельзя, то вывинчиваютъ шурупы *ii* въ холодномъ состояніи паровоза и просовываютъ проволоку. Для постановки стекла на мѣсто, имѣется въ верхней коробкѣ болтъ *к* съ винтовой нарѣзкой и шестигранной головкой.

Отъ хорошаго стекла требуется, чтобы оно было совершенно чисто и прочно, безъ пузырьковъ, вполнѣ цилиндрично какъ внутри, такъ и снаружи, въ каждой части по высотѣ одинаковаго діаметра и по концамъ своимъ обрѣзано гладко и перпендикулярно къ своей оси. Послѣ постановки новаго стекла необходимо медленно открывать сначала верхній

кранъ $в$, при чемъ кранъ $в^2$ долженъ быть закрытъ, а затѣмъ, нагрѣвши достаточно стекло, открывать кранъ $в'$. Если водомѣрное стекло лопнетъ, то нужно скорѣе закрыть оба крана, чтобы пріостановить выходъ изъ котла воды и пара. Такъ какъ закрыть краны очень трудно и возможно обжечь руки, то ручки крановъ соединяются вмѣстѣ тягою и отъ нижняго крана идетъ стержень съ рукояткою на другую сторону топки, такъ что машинистъ можетъ съ своего мѣста, поворачивая стержень, закрыть оба крана заразъ, не обжигая рукъ. Для предупрежденія несчастныхъ случаевъ отъ осколковъ при лопаніи водомѣрнаго стекла, устанавливаютъ кругомъ его рѣшетку (сѣтку) изъ проволоки, или толстыя стекла. Рѣшетка и стекла служатъ также защитою, при заднемъ ходѣ паровоза, отъ вреднаго охлажденія одной стороны водомѣрнаго стекла во время дождя и снѣга.

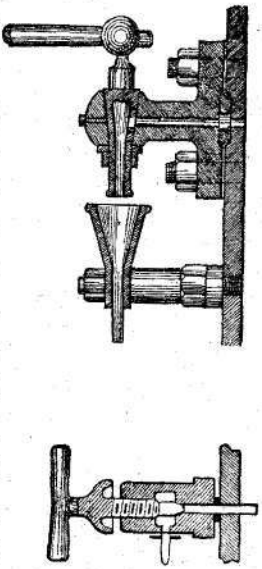
Въ послѣднее время примѣняютъ къ водомѣрному стеклу автоматическіе краны, закрывающіеся моментально всякій разъ, какъ только лопнетъ стекло.

Водопробные краны.

Кромѣ водомѣрнаго стекла имѣются на всякомъ паровозѣ для той же цѣли три водопробныхъ крана, расположенныхъ такимъ образомъ, что нижній кранъ возвышается надъ потолкомъ топки на 4 дюйма, а верхній водомѣрный кранъ—на высотѣ 8 дюйм.; средній же кранъ установленъ посрединѣ между верхнимъ и нижнимъ. Вслѣдствіе такого размѣщенія крановъ, при открытіи нижняго изъ нихъ, должна обязательно выходить вода; чрезъ верхній же—чистый паръ, а изъ средняго—или паръ, или вода или то и другое вмѣстѣ.

Такъ какъ въ паровозномъ котлѣ, при движеніи его, вода не находится въ покоѣ, а колеблется, то показанія крановъ не всегда бываютъ точны, и чтобы убѣдиться, необходимо открывать ихъ нѣсколько разъ, на что теряется много времени, а потому прибѣгаютъ къ показаніямъ водопробныхъ крановъ лишь въ томъ случаѣ, когда лопнетъ водомѣрное стекло. Впрочемъ и при дѣйствіи водомѣрнаго стекла необходимо ихъ открывать отъ времени до времени, чтобы убѣдиться въ ихъ исправности. Во время промывки паровоза полезно смазывать эти краны саломъ, также какъ и всякіе другіе краны. Устройство пробныхъ крановъ весьма различно. Представленный на черт. 186 кранъ отличается тѣмъ, что въ пробкѣ его имѣется продольный каналъ, которымъ вода и вытекаетъ изъ котла при вращеніи этой пробки. Другой типъ водопробнаго крана, изображеннаго на черт. 187, отличается тѣмъ, что его пробка имѣетъ винтовую нарѣзку и оканчивается притертымъ конусомъ, закрывающимъ отверстіе въ котлѣ. Преимущество этого крана заключается въ томъ, что пробка его не заѣдаетъ и онъ не пропариваетъ такъ легко, какъ первый. Подъ каждымъ краномъ имѣется большею частью воронка съ трубочкою для отвода воды подъ площадку машиниста.

Черт. 186 и 187.

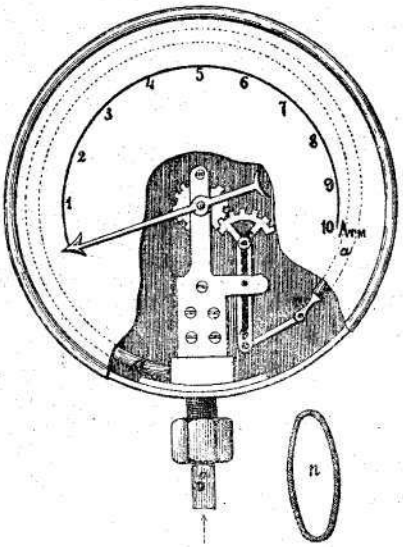


Манометръ.

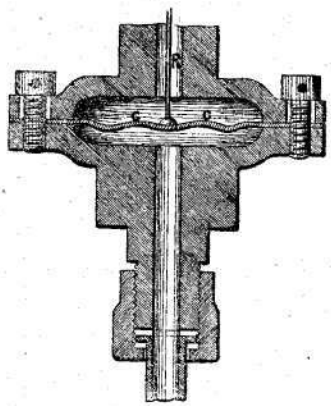
Для опредѣленія упругости пара въ котлѣ употребляется манометръ, показывающій эту упругость въ фунтахъ на квадратный дюймъ или въ атмосферахъ. Самый употреби-

тельный манометръ Бурдона, черт. 188, состоитъ изъ тонкой мѣдной, а иногда серебряной, трубочки *ааа*, овальнаго сѣченія *n*, которая открытымъ концомъ соединяется съ трубкою *в*, проводящею паръ изъ котла, а другой конецъ ея, закрытый, соединяется съ рычажкомъ *дс* посредствомъ поводка *ад*. Дѣйствіе этой трубочки основано на томъ, что паръ, наполняя ее и производя давленіе на стѣнки, стремится измѣнить ея овальное сѣченіе на круглое, вслѣдствіе чего трубка выпрямляется и тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе; при этомъ увлекаетъ съ собою одинъ конецъ рычага и отклоняетъ стрѣлку помощью зубчатыхъ зацѣпленій.

Черт. 188.



Черт. 189.



Въ манометрѣ Шефера и Буденберга, черт. 189, паръ дѣйствуетъ на нижнюю сторону стальной волнистой пластинки *сс* и выпучиваетъ ее къ верху тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше давленіе. Къ срединѣ пластинки прикрѣпленъ прутикъ R, который помощью зубчатыхъ зацѣпленій и рычажковъ приводитъ стрѣлку манометра во вращеніе по циферблату.

Употребляютъ иногда на паровозахъ такъ называемый *контрольный манометръ*, отличающійся тѣмъ, что имѣетъ еще вторую стрѣлку, показывающую то наивысшее давленіе

пара, какому подвергался котелъ во время работы его. Стрѣлка эта сидитъ совершенно свободно на той же оси, какъ и первая и, когда ось вращается, то она остается неподвижной. Стрѣлка эта устанавливается сначала такимъ образомъ, что показываетъ наивысшую допускаемую упругость пара, а затѣмъ приводится въ движеніе дальше первою стрѣлкою, которая имѣетъ для этого особую шпильку. Когда упругость пара уменьшается, то первая стрѣлка со всѣмъ механизмомъ возвращается назадъ, между тѣмъ какъ вторая стрѣлка, удерживаемая храповымъ колесомъ и собачкою, остается на мѣстѣ и служитъ прямымъ доказательствомъ, до какой высоты машинистъ довелъ упругость пара. Повѣрка манометра во время дѣйствія котла заключается въ томъ, что при исправной пружинѣ, если закрыть кранъ, проводящій паръ изъ котла въ манометръ, то стрѣлка манометра безпрепятственно должна отойти къ нулю. Если же обратное движеніе стрѣлки неправильно и она останавливается не на нулѣ, это значитъ, что въ манометрѣ есть неправильность и его слѣдуетъ замѣнить другимъ. При медленномъ открытіи крана стрѣлка манометра должна принять прежнее свое положеніе, соотвѣтствующее упругости пара въ котлѣ.

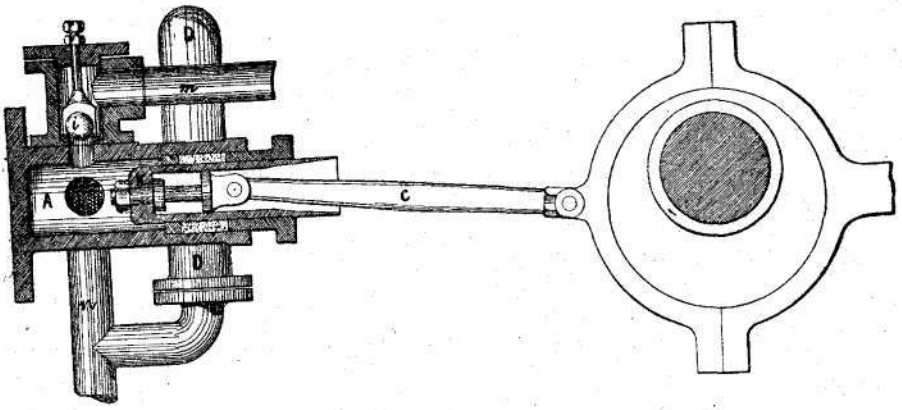
Насосъ и инжекторъ.

Для пополненія постоянной убыли воды въ котлѣ при работѣ паровоза употреблялись раньше насосы, приводимые въ дѣйствіе во время хода паровоза парораспредѣлительными эксцентриками; въ настоящее же время насосы почти вездѣ уничтожены и замѣнены инжекторами разныхъ системъ. Преимущество инжектора заключается въ томъ, что имъ можно дополнять котелъ во всякое время, тогда какъ насосомъ можно качать воду только во время хода паровоза, почему приходилось у паровозовъ, снабженныхъ насосами,

ставить на площадку въ будкѣ машиниста еще особую паровую машинку, которою можно было бы дополнять котелъ во время стоянки паровоза. Кромѣ того инжекторы менѣе подвержены порчѣ и снабжаютъ котелъ теплою водою, что значительно поддерживаетъ въ немъ упругость пара. Первоначальное устройство и затѣмъ дальнѣйшій ремонтъ ихъ значительно дешевле, чѣмъ насосовъ; уходъ за ними самый простой и питаніе котла обезпечено.

Насосъ, употребляемый на паровозахъ, черт. 190, состоитъ изъ цилиндра А, въ которомъ движется поршень *к* помощью стержня *с*, приводимаго въ движеніе эксцентрикомъ, насаженнымъ на ведущей оси. Такъ какъ ходъ эксцентрика небольшой, то діаметръ поршня долженъ быть значителенъ,

Черт. 190.

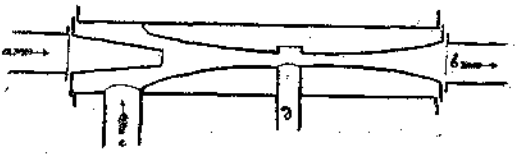


чтобы качаніе воды не было медленно. Насосъ прикрѣпляется или къ передней стѣнкѣ топки, или къ рамѣ паровоза и такъ какъ разстояніе отъ ведущей оси до топки обыкновенно незначительно, то во избѣжаніе вреднаго вліянія короткаго стержня, поршень насоса дѣлаютъ пустымъ и стержень *с* пропускаютъ во внутрь его, гдѣ и соединяютъ болтомъ. Посредствомъ двухъ клапанныхъ коробокъ соединяютъ насосъ съ трубами: всасывающею и нагнетательною;

при движеніи поршня по направленію стрѣлки клапанъ i поднимается и вода выталкивается въ трубу *m* и нагнетается въ котелъ; при обратномъ же движеніи его, вода всасывается трубою *n* изъ тендера въ насосный цилиндръ. Вначалѣ нагнетательной трубы имѣется пробный краникъ, служащій для контролированія дѣйствія насоса; для прекращенія же его дѣйствія необходимо закрыть тендерный кранъ у всасывающей трубы. Если вода въ тендерѣ немного нагрѣта, то выдѣляющійся изъ нея паръ, а равно и воздухъ, скопляясь въ насосѣ подъ поршнемъ, мѣшали бы его дѣйствію, почему для предупрежденія этого устраиваютъ воздушный колпакъ D, гдѣ собираются паръ и вода. Необходимое условіе исправнаго дѣйствія насоса, это плотное соединеніе трубъ и всѣхъ частей его и правильное движеніе клапановъ.

Общее устройство инжектора состоитъ въ слѣдующемъ: внутри чугуннаго цилиндра, черт. 191, вставлены три мѣдныхъ конуса; два изъ нихъ расположены по одному направленію, а третій по другому, такъ что у второго и третьяго конусовъ узкія отверстія приходятся одно противъ другого; среднимъ конусомъ цилиндръ раздѣляется на двѣ части. Съ одного конца къ цилиндру прикрѣплена трубка *a*, приводящая въ инжекторъ паръ; кромѣ того сбоку у перваго конуса къ цилиндру прикрѣплена трубка *c*, приводящая воду къ инжектору изъ тендера; съ другого же конца, за третьимъ конусомъ, прикрѣплена трубка *b*, проводящая изъ инжектора воду въ котелъ; наконецъ, въ срединѣ помѣщена трубочка *d*, выпускающая изъ инжектора лишнюю воду наружу. При пусканіи инжектора въ дѣйствіе отворяютъ сначала кранъ

Черт. 191.

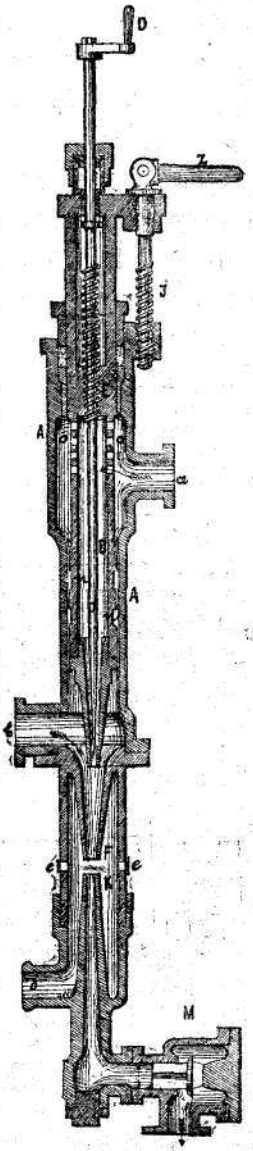


въ тендерѣ, пропускающій воду во всасывающую трубку; тогда вода войдетъ въ инжекторъ, наполнитъ первую часть цилиндра, пройдетъ во второй конусъ, откуда, поднявшись на нѣкоторую высоту, вытекаетъ по трубкѣ *d* наружу, вытѣсняя изъ инжектора воздухъ и охлаждая его такимъ образомъ. Затѣмъ осторожно отворяютъ паровой кранъ, при этомъ паръ съ чрезвычайно большою скоростью стремится въ инжекторъ, гдѣ встрѣчая въ первомъ конусѣ воду, ударяетъ въ нее, смѣшивается съ нею, охлаждается и увлекаетъ ее дальше изъ второго конуса въ третій, оставляя за собою пустое пространство, которое мгновенно заполняется новымъ количествомъ воды изъ тендера и свѣжимъ паромъ изъ котла. Сила, съ которою паръ ударяетъ въ воду, а затѣмъ, смѣшавшись съ нею, слѣдуетъ дальше, такъ велика, что поднимаетъ клапанъ, находящійся въ концѣ питательной трубы и проходитъ въ котелъ.

Дѣйствіе инжектора основывается на разной скорости истеченія пара и воды изъ одного и того же котла и на полной конденсаціи пара, поступающаго въ инжекторъ. Для поясненія этого предположимъ, что давленіе пара въ котлѣ будетъ 4 атмосферы. При этомъ изъ опытовъ найдено, что скорость истеченія воды подъ такимъ давленіемъ въ безвоздушное пространство около 100 фут. въ 1 секунду. Скорость же истеченія водяныхъ паровъ при тѣхъ же условіяхъ будетъ 2000 фут. въ 1 сек. и съ этой скоростью паръ ударяетъ въ воду въ инжекторѣ. Если вода будетъ холодная, то 7 фунт. ея достаточно для охлажденія одного фунта пара; паръ, ударяя въ воду и смѣшиваясь съ нею, теряетъ свою скорость настолько, насколько масса этой смѣси воды и пара больше первоначальной массы пара, т. е. скорость движенія всей массы пара и воды будетъ не 2000 фут., а $^{2000}/_{8}$, т. е. около 250 фут. въ 1 сек. Съ этою силою вода ударяетъ на клапанъ питательной коробки и поднимаетъ

его; между тѣмъ какъ изъ котла вода истекаетъ лишь со скоростью 100 фут. въ 1 сек., а потому разность этихъ скоростей 250—100=150 фут. даетъ намъ скорость движенія воды въ котелъ.

Черт. 192.

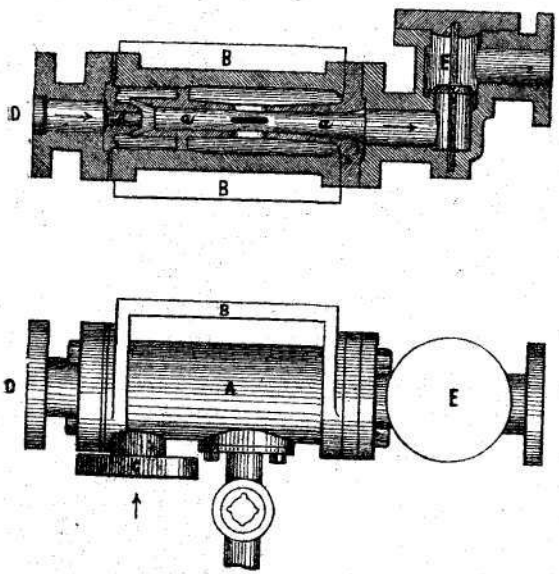


На черт. 19 представленъ инжекторъ первоначальной конструкціи *Жиффара*. Наружная цилиндрическая коробка прибора A, соединенная внизу съ питательнымъ клапаномъ, имѣетъ три боковыхъ подтрубка: *a*, *в* и *д*. Съ подтрубкомъ *в* соединяется трубка, доставляющая въ приборъ питательную воду всасываніемъ или подъ напоромъ изъ тендернаго бака, смотря по тому, помѣщенъ ли приборъ выше или ниже уровня воды. По трубкѣ *a*, снабженной краномъ, доставляется паръ изъ котла. Паръ, пройдя чрезъ нѣсколько круглыхъ отверстій *o*, поступаетъ во внутренность цилиндра B, оканчивающагося внизу конусомъ. Количество притекающаго пара регулируется конусомъ C за ручку D, при помощи винта E. Для регулированія притока воды, притекающей трубкою *в*, цилиндръ B помощью другого винта J можно поднимать и опускать, увеличивая или уменьшая кольцеобразную щель между нижнею коническою частью цилиндра B и конусомъ F. Чтобы паръ не могъ проникать во всасывающую камеру, въ наружной части B заточены кольцеобразные желобки *n*, *n*, въ которыхъ помѣщается пеньковая набивка. Черезъ отверстія *e e* можно наблюдать

струю нагрѣтой воды, идущей въ котелъ, такъ какъ между конусами F и K имѣется перерывъ. Избытокъ пара или воды, въ началѣ пуска прибора въ дѣйствіе, выдѣляется трубкой *d*. Пока насосъ не заберетъ воду, послѣдняя выдѣляется чрезъ *d*. При избыткѣ воды, часть ея будетъ выдѣляться также чрезъ *d*. Надлежащимъ регулированіемъ помощью рукоятокъ D, Z, при нѣкоторомъ навыкѣ, легко достигнуть правильной пропорціи пара и воды и тогда струя воды изъ конуса B вся будетъ поступать въ конусъ F, при чемъ въ *d* не будетъ показываться ни пара, ни воды. Начало правильнаго дѣйствія инжектора узнается по тихому, равномѣрному шипѣнію струи пара внутри прибора.

Предъидущій приборъ, сложной конструкціи, состоящій изъ отполированныхъ бронзовыхъ частей, имѣетъ недостатокъ высокой стоимости и подверженности разстройству. Въ новѣйшее время наибольшее распространеніе имѣютъ инжекторы упрощенной конструкціи; изъ нихъ системы Шау и Фридмана. Оба эти инжектора могутъ только нагнетать воду въ котелъ, а потому они должны быть расположены ниже дна тендернаго бака, такъ чтобы вода притекала къ нимъ собственнымъ вѣсомъ.

Черт. 193 и 194.



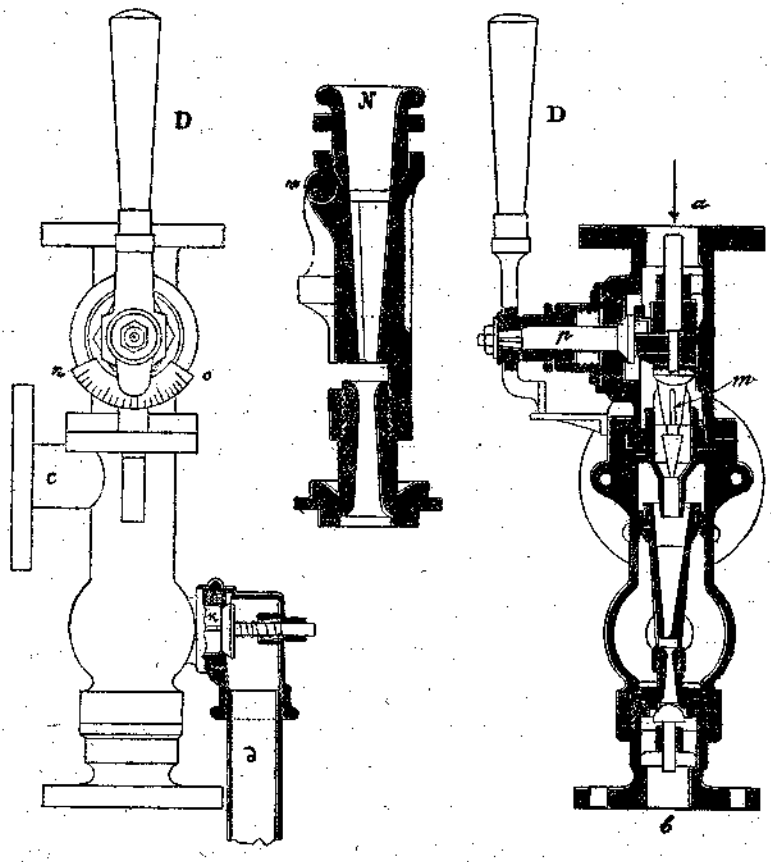
Инжекторъ Шау, представленный на черт. 193 и 194 въ продольномъ разрѣзѣ

и планѣ, состоитъ изъ чугунной коробки A, которая помощью прилива B прикрѣпляется къ котлу. Въ эту коробку съ одного конца вставляется трубка *a*, съуженная въ средней части, гдѣ имѣются въ ней отверстія, и удерживаемая въ центральномъ положеніи помощью фланцевъ. Съ другого конца коробки вставляется также небольшой конический отростокъ *в* съ фланцемъ такимъ образомъ, что между трубками *a* и *в* остается свободное кольцевое пространство. Вода изъ тендернаго бака поступаетъ по трубкѣ C; паръ изъ котла по трубѣ D; смѣсь же изъ пара и воды, пройдя въ клапанную коробку E, поднимаетъ клапанъ *n* и направляется въ котелъ. Регулированіе дѣйствія инжектора производится соотвѣтственнымъ открытіемъ водяного клапана у тендера или лучше водяного крана у самаго инжектора. Трубка S служитъ для наблюденія за правильнымъ дѣйствіемъ прибора; такимъ образомъ въ немъ нѣтъ ни подвижныхъ частей, ни пеньковыхъ набивокъ.

Инжекторы располагаются большею частью по бокамъ топки, внизу ея подъ площадкою и называются въ такомъ случаѣ *нагнетающими*, такъ какъ дно тендернаго бака выше ихъ и вода притекаетъ къ нимъ собственнымъ вѣсомъ; но иногда же располагаютъ ихъ вверху надъ котломъ, въ будкѣ машиниста, въ видахъ предупрежденія замерзанія ихъ и лучшаго наблюденія за дѣйствіемъ ихъ, но эти *всасывающіе* инжекторы болѣе сложны по своему устройству. Инжекторы бываютъ весьма различныхъ конструкцій, но во всѣхъ одно и тоже основаніе, при чемъ необходимое условіе дѣйствія ихъ, это низкая температура воды въ тендерѣ и не болѣе 35° Ц., иначе они или вовсе не дѣйствуютъ, или если дѣйствуютъ, то очень слабо, вслѣдствіе недостаточнаго охлажденія пара водою. Впрочемъ, имѣются двойные инжекторы системы *Кертинга*, которые всасываютъ воду, нагрѣтую до 60°, но таковые встрѣчаются относительно рѣдко.

Въ послѣднее время входитъ въ употребленіе инжекторъ *Ристартингъ*, черт. 195 и 196, названный такъ потому, что въ случаѣ срыванія его во время работы онъ вновь засасываетъ самостоятельно. Отличіе въ устройствѣ его заключается въ томъ, что впускъ пара, притекающаго по направленію стрѣлки *a*, регулируется особымъ клапаномъ *m*, приводимымъ въ дѣйствіе рукояткою D, вращающей стержень *p* съ шпенькомъ. Этотъ клапанъ помѣщается внутри пер-

Черт. 195 и 196.



ваго конуса (сопла) инжектора. Затѣмъ, второй конусъ инжектора состоитъ по длинѣ изъ двухъ половинокъ, изъ ко-

торыхъ одна вращается на шарнирѣ *u*, какъ это видно на особомъ чертежѣ подъ лит. N въ увеличенномъ размѣрѣ.

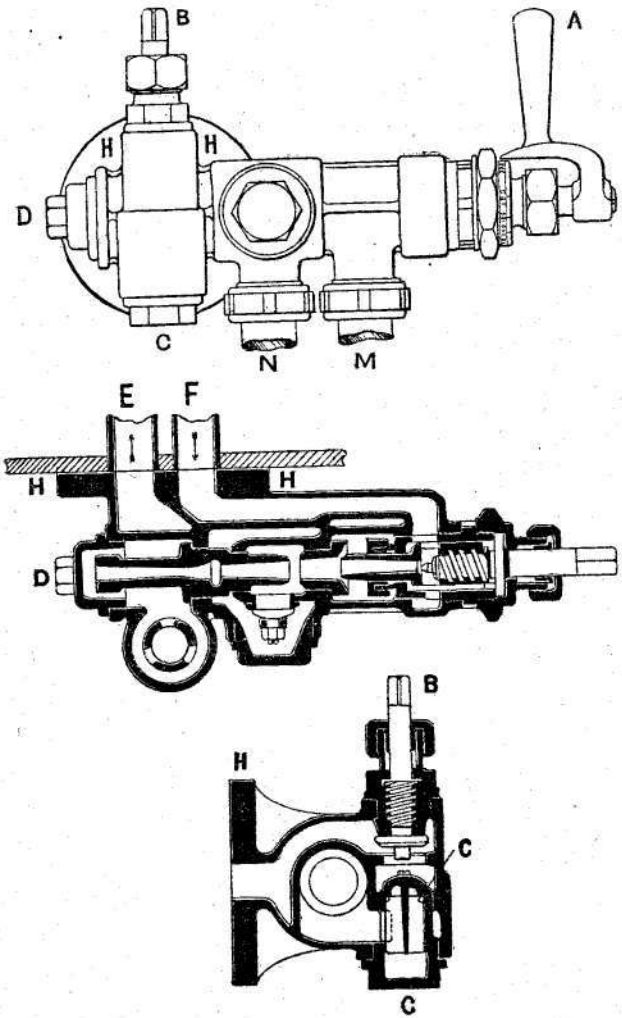
Благодаря такому устройству, сѣченіе конуса можетъ увеличиваться также самостоятельно, смотря по количеству засасываемой воды, притекающей по трубкѣ C, при чемъ излишекъ воды, не успѣвающій проходить въ третій конусъ, уходитъ по сливной трубкѣ *d*, открывая предварительно вѣстовой клапанъ *к*. Вода поступаетъ въ котелъ по трубкѣ *в*, отжавъ пріемный клапанъ S. На дугѣ *on* имѣются дѣленія, указывающія, какъ устанавливать рукоятку D для работы инжектора при различныхъ давленіяхъ пара въ котлѣ.

Представленный на черт. 197—199 инжекторъ «1892» (Гольденъ-Бруке) названъ такъ потому, что включаетъ въ себѣ всѣ улучшенія, касающіяся инжектора. Онъ встрѣчается на паровозахъ новѣйшей постройки. Помощью фланца H H инжекторъ прикрѣпляется непосредственно къ котлу—къ лобовому листу или къ верхней части кожуха топки. Паръ для дѣйствія инжектора притекаетъ по трубкѣ F, а вода изъ тендера по трубкѣ M Горячая вода изъ третьяго конуса поднимаетъ пріемный клапанъ C и направляется въ котелъ по трубкѣ E, которая продолжена въ немъ до колпака; трубка же F направляется къ верхней части колпака. Такимъ образомъ при этомъ инжекторѣ не требуется вовсе особаго парового вентиля и питательной коробки. Трубка N сливная. Этотъ инжекторъ пускается въ ходъ, останавливается и регулируется для любого давленія отъ 1 атм. до 14 помощью рукоятки A, которой указатель движется по скалѣ съ дѣленіями. Закрывъ клапанъ B, можно даже подъ паромъ вынуть въ случаѣ засоренія пріемный клапанъ вмѣстѣ съ гнѣздомъ C.

Количество воды, доставляемой инжекторомъ въ 1 минуту, зависитъ главнымъ образомъ отъ размѣра наименьшаго діаметра конуса инжектора и отъ давленія (относительнаго) пара въ котлѣ. Обыкновенно на каждомъ паровозѣ имѣется

два инжектора большею частью разной величины, при чемъ изъ опытовъ надъ ними найдено, что одинъ изъ нихъ подаетъ воды около 6 ведеръ (2,5 куб. фут.) въ минуту, другой же—около 8 ведеръ (3,5 куб. фут.). Расходъ же воды на поѣздо-версту товарнаго трехъ-оснаго паровоза, при среднихъ условіяхъ погоды и пути, достигаетъ 4—5куб. фут.

Черт 197—199.



Эксгаустъ-инжекторъ.

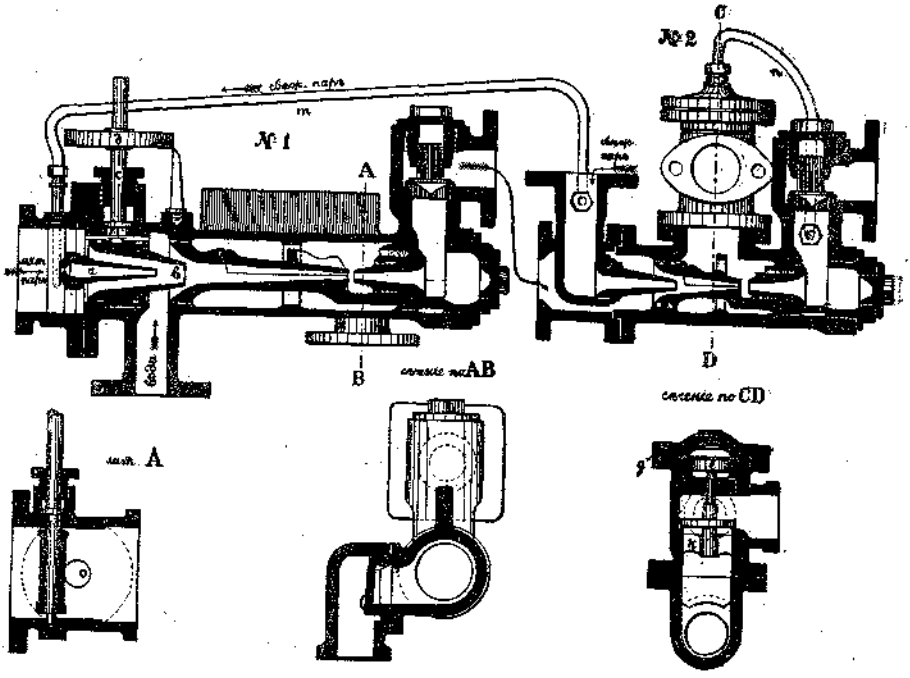
Этотъ инжекторъ работаетъ исключительно мятымъ паромъ при упругости пара въ котлѣ до 75 фунт. При болѣе высокомъ давленіи необходимо для нагнетанія воды въ котелъ подводить къ инжектору кромѣ мятаго еще немного свѣжаго пара, который приходитъ въ соприкосновеніе съ водою уже послѣ дѣйствія на нее мятаго пара, т. е. послѣ того, какъ утилизирована будетъ вся сила этого пара. Такъ какъ отъ дѣйствія мятаго пара вода оказывается уже нагрѣтой до температуры 80° Ц. и получаетъ скорость соотвѣтствующую 75 фунт. давленія, свѣжій же паръ расходуется лишь на увеличеніе скорости струи, то понятно, что этотъ инжекторъ много экономичнѣе обыкновеннаго (до 10%). Благодаря сильной конденсаціи мятаго пара при такомъ инжекторѣ уменьшается противодавленіе на поршень паровой машины, соотвѣтственно чему увеличивается ея сила.

Для примѣненія эксгаустъ-инжектора къ паровозамъ при давленіи пара болѣе 120 фунт., необходимо имѣть еще добавочный инжекторъ. При этомъ назначеніе эксгаустъ-инжектора, черт. 200, состоитъ въ томъ, чтобы принять холодную воду (не выше 27° Ц.) изъ тендера, подогрѣть ее до 75° Ц. и подать подъ извѣстнымъ давленіемъ въ добавочный инжекторъ. Эта операція производится исключительно мятымъ паромъ. Добавочный инжекторъ, черт. 201, работаетъ исключительно свѣжимъ паромъ, принимаетъ горячую воду, нагнетаемую эксгаустъ-инжекторомъ и подаетъ таковую въ котелъ. Температура воды, поступающей въ котелъ, значительно выше точки кипѣнія и приблизительно на 60° Ц. выше противъ температуры воды, подаваемой обыкновеннымъ инжекторомъ.

Незначительное количество свѣжаго пара, притекающаго по трубѣ *m* (діам. $^1/_2''$) къ конусу *a* эксгаустъ-инжектора,

служитъ для привлеченія большаго количества мятаго пара, а также для того, чтобы инжекторъ начиналъ дѣйствовать моментально. Конусъ *в* подвижной и предназначается для регулированія притока воды изъ тендера. Движеніе этому

Черт. 200. Черт. 201.

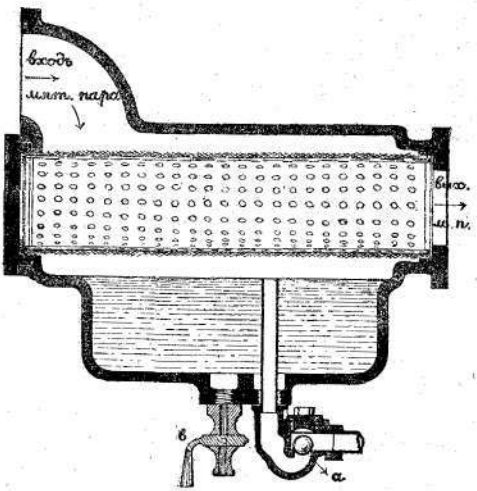


конусу сообщается поворачиваніемъ стержня *с* съ маховичкомъ *д* изъ будки машиниста. Обѣ инжектора снабжены шарнирными соплами, какъ у инжектора ристартингъ. Вѣстовое отверстіе эксгаустъ-инжектора представлено особо въ разрѣзѣ по AB. Вѣстовое же отверстіе добавочнаго инжектора, представленное въ разрѣзѣ по CD, снабжено автоматически дѣйствующимъ клапаномъ. Этотъ клапанъ состоитъ изъ резиноваго диска *g* и поршня *е* со стержнемъ, дѣйствующимъ непосредственно на клапанъ *к*. Какъ только инжекторъ начинаетъ забирать воду, часть ея подъ давле-

ніемъ отводится по трубкѣ *n*, давитъ на поршень *e* и такимъ образомъ держитъ клапанъ вѣстового отверстія закрытымъ. Резиновый дискъ, укрѣпленный между двумя фланцами, служитъ лишь для предупрежденія потери воды чрезъ отверстіе для поршневого стержня.

Эксгаустъ-инжекторъ долженъ быть установленъ по возможности ниже дна тендернаго бака; добавочный же инжекторъ можетъ быть соединенъ непосредственно съ нимъ или выше площадки паровоза, гдѣ окажется удобнымъ. Впереди эксгаустъ-инжектора, на нѣкоторомъ разстояніи, устанавливается на проводѣ (діам. 3—4″) мятаго пара трехъ-ходовой крыльчатый клапанъ, представленный подъ литер. A, служащій для впуска мятаго пара въ инжекторъ, а равно для подведенія свѣжаго пара чрезъ боковое отверстіе *o* при ѣздѣ съ закрытымъ регуляторомъ или во время стоянки паровоза. При работѣ однимъ свѣжимъ паромъ необходимо придать ему свойство мятаго, т. е. понизить его давленіе, что достигается слабымъ открытіемъ паровыпускного клапана или же полнымъ открытіемъ крыльчатаго клапана.

Черт. 202.



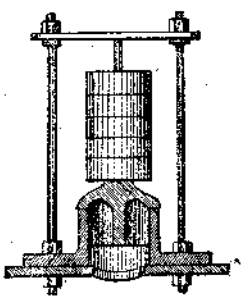
Для выдѣленія изъ мятаго пара смазочныхъ продуктовъ и осадковъ, увлекаемыхъ изъ цилиндровъ, устанавливается *салоотдѣлитель*, черт. 202, состоящій изъ чугунной коробки, внутри которой располагается сѣтчатая труба, покрытая холщевымъ рукавомъ. Автоматическій спускной клапанъ *a* выпускаетъ изъ коробки болѣе легкія тѣла смазки,

плавающей на поверхности конденсаціонной воды, накопившейся въ коробкѣ. Другой спускной кранъ *в* служитъ для спуска воды зимою.

Предохранительный клапанъ.

Приборъ этотъ служитъ для того, чтобы предупредить возможность повышенія упругости пара въ котлѣ выше установленныхъ предѣловъ. Для этой цѣли въ верхней части котла, обыкновенно на паровомъ куполѣ, дѣлается отверстіе и надъ нимъ помѣщается коробка, въ которой находится клапанъ, закрывающій отверстіе. Самый клапанъ имѣетъ видъ круглой, иногда конусообразной крышки, движеніе которой направляется особыми ребрами, расположенными внизу крестообразно, или подъ угломъ 120°, или же особымъ стержнемъ. Для прижатія клапана къ коробкѣ употребляется или непосредственная нагрузка на клапанъ, черт. 203, или давленіе спиральной пружины, при чемъ когда упругость пара превзойдетъ нормальное давленіе, то клапанъ приподнимается и излишекъ пара выходитъ изъ котла наружу.

Черт. 203.



Размѣръ клапана или внутренняго діаметра отверстія опредѣляется по особой формулѣ, *) предписываемой нашимъ закономъ, и зависитъ отъ величины поверхности нагрѣва котла и упругости въ немъ пара. На всякомъ котлѣ должно быть два предохранительныхъ клапана, размѣры которыхъ

*) а именно:

$$a = 0{,}316 \sqrt{\frac{S}{n - 0{,}412}}$$, гдѣ

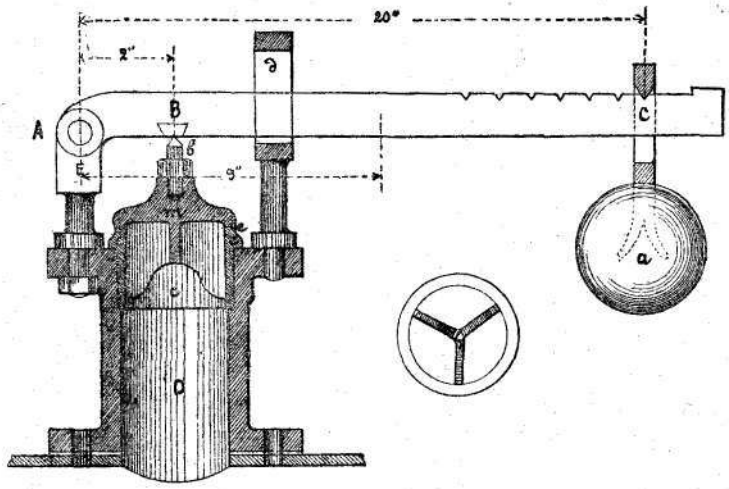
a—внутренній діаметръ клапана въ дюймахъ,
S—поверхность нагрѣва котла въ квадр. футахъ.
n—упругость пара въ котлѣ въ атмосферахъ.

достаточны для освобожденія полнаго количества пара, образующагося въ котлѣ, при остановкѣ дѣйствія машины. Обыкновенно въ паровозахъ діаметръ предохранительныхъ клапановъ измѣняется отъ 4 до 5 дюйм., а площадь сѣченія каждаго отъ $^1/_{1000}$ до $^1/_{10000}$ поверхности нагрѣва котла.

Для опредѣленія непосредственной нагрузки, нужно помножить давленіе пара въ котлѣ въ фунтахъ, за вычетомъ атмосфернаго давленія, на площадь клапана, выраженную въ дюймахъ. И такъ, при діаметрѣ клапана=$3^1/_2$ дюйм. и давленіи (относительномъ) пара въ котлѣ=4 атмосферамъ, вѣсъ груза будетъ 577 фунтовъ. Такъ какъ на практикѣ оказалось неудобною такая большая нагрузка, то впослѣдствіи начали примѣнять пружины надлежащей упругости, расположенныя одна надъ другою. Но такъ какъ эти пружины отъ времени слабѣли, а вывѣрять ихъ трудно, то предпочли давленіе на клапанъ производить помощью рычага при относительно маломъ грузѣ.

На черт. 204 представленъ общій видъ предохранитель-

Черт. 204.



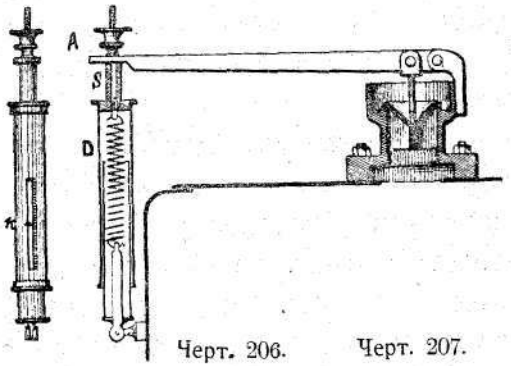
наго клапана для котловъ высокаго давленія. Клапанъ *m* бронзовый со стальнымъ стержнемъ *в*, на который нажимаетъ желѣзный рычагъ ABC съ грузомъ *a* на концѣ. Для надлежащаго направленія клапана, внизу его имѣются три ребра, длина которыхъ, а равно и высота сѣдалища не должна быть меньше діаметра клапана. Сѣдалище клапана *ссс* представляетъ бронзовое кольцо, запресованное въ чугунной коробкѣ D, укрѣпленной къ стѣнкамъ котла. Клапанъ и сѣдалище тщательно обтачиваются, полируются и въ кольцеобразной площадкѣ прикосновенія тщательно пришлифовываются. Для устраненія возможности прикипанія клапана къ сѣдалищу и для точности показанія клапана, ширина кольцеобразнаго сѣдалища *е* должна быть возможно малая, обыкновенно $e = {}^1/_{20} - {}^1/_{30}$ діаметра клапана. Колонка E служитъ точкою опоры для оси вращенія рычага. Вилка *d* ограничиваетъ высоту подъема клапана, которую нѣтъ цѣли дѣлать болѣе $^1/_4$ діаметра клапана, потому что въ этомъ случаѣ площадь кольцеобразнаго сѣченія будетъ равна площади сѣченія клапана. Грузъ *a* для даннаго клапана отливаютъ изъ чугуна съ нѣкоторымъ запасомъ, а затѣмъ, осторожнымъ стачиваніемъ и сострагиваніемъ избытка металла вѣсъ его доводятъ аккуратно до вычисленной величины *). При тщательномъ выполненіи, показаніе предохранительнаго клапана вполнѣ согласуется съ показаніемъ манометра. Всякая излишняя затѣмъ нагрузка предохранительнаго клапана воспрещается закономъ.

---

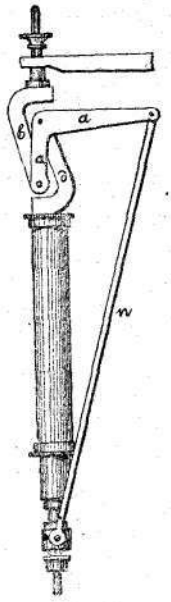
*) Для опредѣленія вѣса *a*, который необходимо подвѣсить къ концу рычага въ точкѣ C, чтобы уравновѣсить давленіе пара на клапанъ и на рычагъ въ точкѣ B, необходимо опредѣлить слѣдующія величины. Пусть діаметръ клапана=1,75 дюйма, откуда площадь его будетъ 2,4 квадр. дюйма. Если давленіе (абсолютное) пара въ котлѣ будетъ 4 атмосферы, то давленіе на клапанъ будетъ $2{,}4 \times 45 = 108$ фунт. Пусть вѣсъ самаго клапана будетъ 3 фунта; вѣсъ рычага 4 фунта; разстояніе центра тяжести рычага до точки A (опоры)=9 дюйм. а разстояніе точки B отъ A=2 дюйм., то давленіе вѣса рычага въ точкѣ B будетъ $4 \times {}^9/_2 = 18$ фунт., что вмѣстѣ съ вѣсомъ клапана составитъ $18+3=21$ фун.

При передвижныхъ машинахъ, въ которыхъ ось котла измѣняетъ свое положеніе и кромѣ того, вслѣдствіе качанія груза отъ сотрясеній (на ходу паровоза) дѣйствіе груза неодинаково, устраиваютъ предохранительные клапаны съ пружиною, которая дѣйствуетъ постоянно одинаковымъ образомъ. На черт. 205 представлено самое обыкновенное устройство пружиннаго рычажнаго клапана. Внутри мѣдной трубки D, прикрѣпленной неподвижно къ стержню, помѣщается спиральная пружина (иногда двойная), степень нажатія которой можно измѣнить по произволу, посредствомъ гайки A. Въ трубкѣ D имѣется продольная щель, чрезъ которую проходитъ шпенекъ стрѣлки κ, укрѣпленный къ неподвижной внутренней трубкѣ. Снаружи трубки D имѣются дѣленія, указывающія степень давленія пара въ котлѣ.

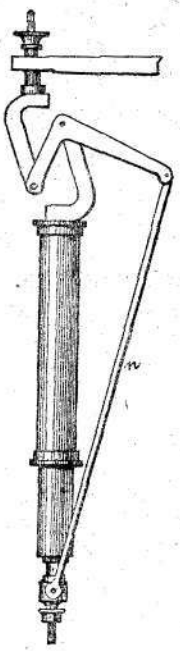
Черт. 205.



Черт. 206.



Черт. 207.



Если бы добавочный грузъ лежалъ непосредственно на самомъ клапанѣ, то очевидно былъ бы равенъ 108—21=87 фунт. Но такъ какъ онъ долженъ быть на концѣ рычага въ точкѣ C, то на основаніи равновѣсія силъ, дѣйствующихъ на рычагъ второго рода, грузъ a во столько разъ долженъ быть меньше 87 фунтовъ, во сколько разъ плечо AB<AC, и такъ если AC=20 дюйм., то $\frac{a}{87} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10}$ отсюда a=8,7 фунт.

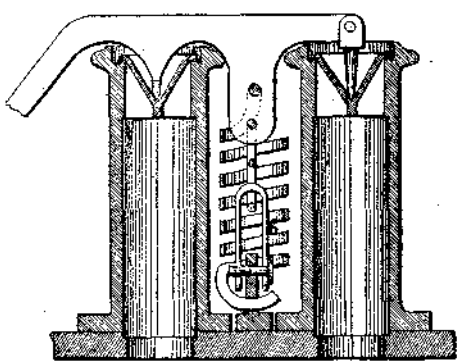
Для выпуска пара изъ котла стоитъ только отжать гайку A. Для устраненія же чрезмѣрнаго нажатія на клапанъ, подвинчиваніемъ гайки, располагаютъ между трубкою D и концомъ рычага особую контрольную трубочку S опредѣленной длины.

Недостатокъ вышеописаннаго прибора заключается въ томъ, что съ увеличеніемъ подъема клапана упругая сила пружины, вслѣдствіе растяженія ея, возрастаетъ, тогда какъ желательно скорѣе обратное дѣйствіе—для легкости открыванія клапана. При этомъ, вслѣдствіе дѣйствія пружины на длинное плечо рычага, растяженіе ея весьма значительно: обыкновенно въ 10 разъ болѣе, нежели поднятіе клапана.

Неудобство это устраняется употребленіемъ при вѣсахъ прибора Мегенгофена, черт. 206, состоящаго изъ колѣнчатаго рычага *аа*, двухъ вилокъ *в*, *д* и тяги *п*. Посредствомъ такого прибора дѣйствіе пружины, при поднятіи клапана, измѣняется весьма незначительно, ибо съ увеличеніемъ упругой силы пружины, уменьшается плечо, на которое она дѣйствуетъ. На черт. 207 представлено положеніе частей прибора при открытомъ клапанѣ.

Въ новѣйшее время на паровозахъ весьма часто употребляютъ клапаны *Рамсботома*, черт. 208, съ непосредственнымъ нажимомъ толстой стальной, спиральной пружины, помѣщаемой между двумя клапанами, при чемъ имѣется всего одинъ рычагъ. При открытіи клапановъ пружина вытягивается на самую незначительную величину, почему и не оказываетъ большого сопротивленія вылетающему пару. Въ случаѣ изло-

Черт. 208.

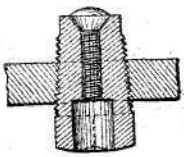


ма пружины, кольцо *а* и скоба *в* удерживаютъ рычагъ и клапаны на мѣстѣ.

Предохранительная пробка.

Для предупрежденія порчи паровоза въ томъ случаѣ, когда воды въ котлѣ недостаточно и топка его вверху обнажена, ввинчивается въ потолокъ топки мѣдная пробка, черт. 209, имѣющая внутри каналъ, заливаемый какимъ либо легкоплавкимъ металломъ: оловомъ, свинцомъ или сплавомъ, плавящимся при температурѣ нѣсколько высшей, чѣмъ температура воды и пара въ котлѣ. Коль скоро обнажится небо топки отъ воды, пробка расплавляется внутри и паръ, устремляясь изъ котла во внутрь топки, тушитъ огонь и тѣмъ прекращаетъ дальнѣйшее раскаливаніе неба ея. Обыкновенно температура воды въ котлѣ, при 9 атмосф. давленія около 176° Ц., олово же плавится при температурѣ 233°, а свинецъ при 330° Ц.

Черт. 209.

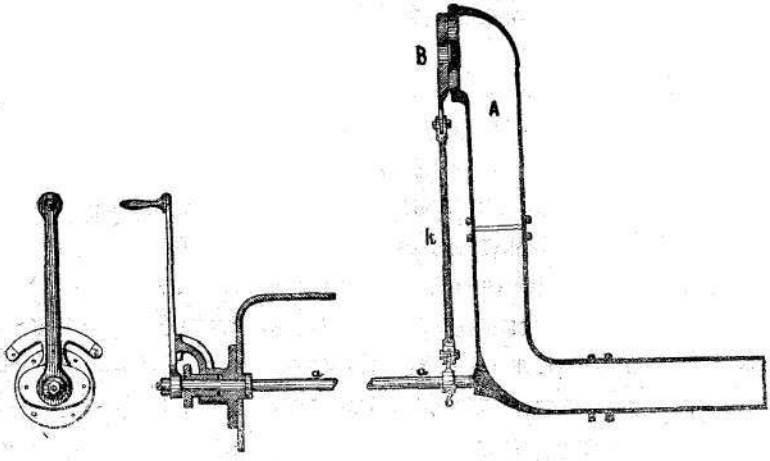


Регуляторъ.

Для проведенія пара изъ котла въ цилиндры имѣется паропроводная труба, начинающаяся въ верхней части парового колпака и направляющаяся сначала вертикально, а затѣмъ горизонтально къ передней или дымовой рѣшеткѣ, пройдя которую она раздѣляется на двѣ трубы, проводящія паръ въ оба цилиндра. Верхняя часть этой трубы А, черт. 210—212, называемая регуляторной головкой, имѣетъ на своей плоской поверхности два прямоугольныхъ отверстія, закрываемыхъ мѣдною поползушкою В, снабженною также отверстіемъ. Когда отверстіе поползушки при движеніи внизъ совпадаетъ съ такимъ же отверстіемъ регуляторной головки,

то паръ проходитъ въ трубу; если затѣмъ поползушку продвинуть на ширину отверстія вверхъ, то впуска пара тогда не

Черт. 210—212.

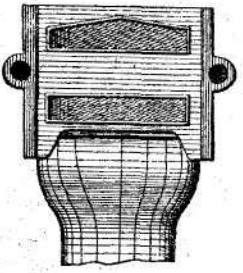


будетъ. Регуляторная головка и поползушка составляютъ вмѣстѣ взятыя такъ называемый регуляторъ; часть же паропроводящей трубы отъ головки до рѣшетки называется регуляторной трубой.

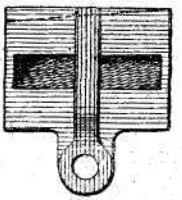
Движеніе регуляторной поползушки достигается помощью вала *aa*, который однимъ концомъ входитъ въ приливъ у регуляторной трубы, и колѣна *в*, насаженнаго прочно на валъ и соединеннаго посредствомъ тяги *к* съ поползушкою; другой же конецъ этого вала проходитъ сквозь заднюю стѣнку котла, чрезъ сальникъ, въ будку машиниста и оканчивается тамъ ручкою. Вращеніемъ этой ручки сообщается поползушкѣ движеніе внизъ и вверхъ, при чемъ, для надлежащаго направленія движенія поползушки, у регуляторной головки съ обѣихъ сторонъ имѣются направляющія ребра. Кромѣ того, для предупрежденія прохода пара подъ поползушку и плотнаго прилеганія ея, послѣдняя прижимается особою пружиною. У регуляторной ручки имѣется дуга съ закраинами *о*, *з*, которыя служатъ для ограниченія

поворота ручки, а слѣдовательно и хода поползушки или золотника регулятора. Площадь отверстій регуляторной головки дѣлается около $^1/_{20}$ площади поршня. Чтобы впускъ пара при открытіи регулятора начинался по возможности постепенно, а не вдругъ, верхнее ребро у верхняго отверстія головки выпиливаютъ иного входящимъ угломъ, черт. 213, или же верхнюю грань поползушки дѣлаютъ наклонною (скошенною), какъ это показано на черт. 214 пунктиромъ.

Черт. 213.



Черт. 214.



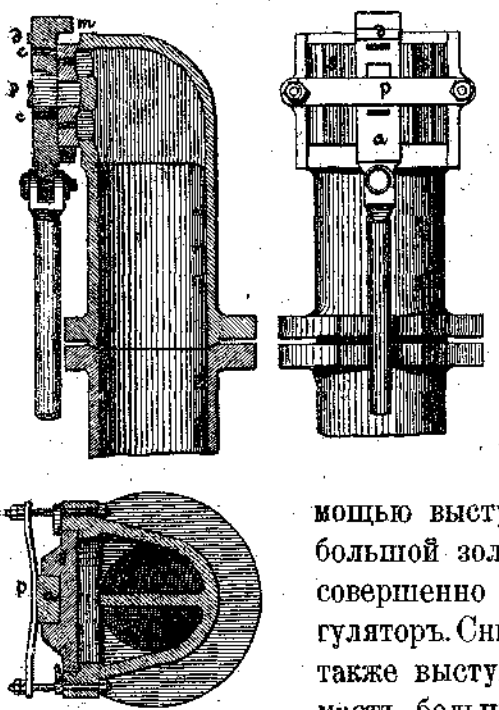
Обыкновенно дѣлаютъ въ регуляторной головкѣ два отверстія, иногда три; это съ тою цѣлью, чтобы ходъ поползушки былъ возможно меньше. Отверстія въ поползушкѣ располагаютъ такимъ образомъ, чтобы открытіе отверстій головки не было одновременно, а открывалось сначало одно, а затѣмъ уже другое. Для облегченія передвиженія поползушки и предупрежденія заѣданія ея, устанавливаютъ надъ нею въ паровомъ колпакѣ маслянку, откуда смазка проводится по трубочкѣ. Послѣднюю періодически слѣдуетъ продувать паромъ для прочистки ея.

Давленіе пара на поползушку такъ велико, что не смотря на большую регуляторную ручку требуется большое усиліе для передвиженія ея. Поэтому чаще всего устраиваютъ такъ называемый двойной регуляторъ, примѣненіемъ одновременно двухъ поползушекъ, т. е. прибавленіемъ къ прежней еще одной, сверху ея, гораздо меньшихъ размѣровъ.

Черт. 215—217 представляютъ двойной регуляторъ. Въ немъ на большомъ золотникѣ S помѣщается другой узкій золотникъ *ad*, который передвигается легко, такъ какъ при малыхъ его размѣрахъ не можетъ быть сильнаго тренія отъ

давленія на него пара. При открытіи регулятора, сначала передвигается узкій золотникъ, а именно до тѣхъ поръ, пока выступъ его *m* не дойдетъ до большаго золотника. Тогда небольшія отверстія *c*, *c*, находящіяся по два въ каждомъ золотникѣ, совпадаютъ, паръ входитъ въ регуляторную головку и своимъ противодѣйствіемъ ослабляетъ нажатіе главнаго золотника снаружи. При дальнѣйшемъ движеніи малаго золотника, послѣдній помощью выступа *m* увлекаетъ за собою большой золотникъ и такимъ образомъ совершенно легко открывается весь регуляторъ. Снизу малый золотникъ имѣетъ также выступъ *n*, которымъ онъ поднимаетъ большой золотникъ при обратномъ движеніи. Кромѣ того малый золотникъ имѣетъ еще выступъ *d*, которымъ онъ упирается въ пружину *p*, когда регуляторъ совершенно открытъ, такъ что пружина ограничиваетъ ходъ золотниковъ.

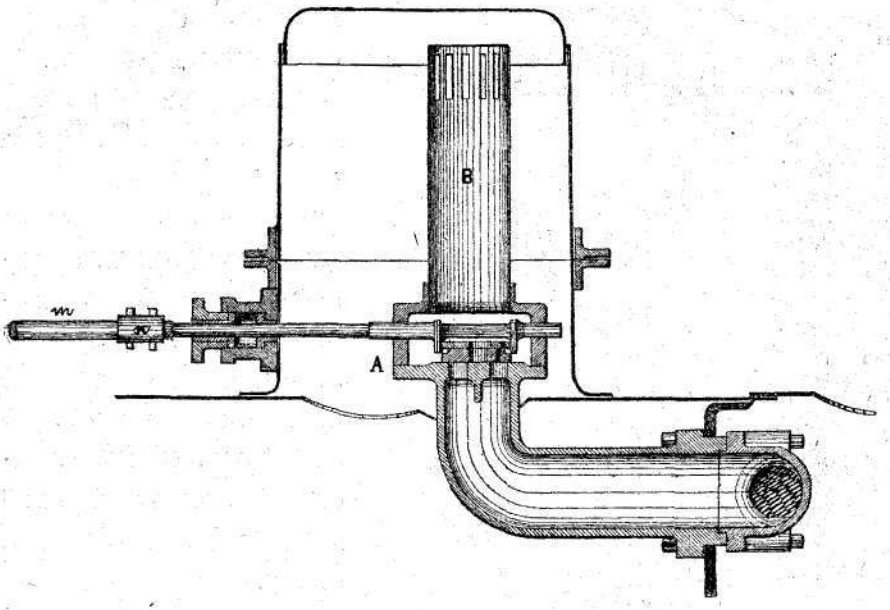
Черт. 215—217.



Выгода употребленія малой поползушки заключается не только въ легкомъ открытіи регулятора и постепенномъ впускѣ пара въ цилиндры, но также въ возможности, при слѣдованіи подъ уклонъ, впускать въ цилиндры такое количество пара, которое, не увеличивая скорости движенія машинъ, увлажняетъ однако поршни, цилиндры и золотники настолько, что, какъ бы смазывая ихъ, уменьшаетъ треніе, а слѣдовательно и срабатываніе ихъ.

Весьма часто регуляторъ располагаютъ также горизонтально, какъ это представлено на черт. 218. Онъ состоитъ изъ четыреугольнаго ящика A, образующаго регуляторную

Черт. 218.

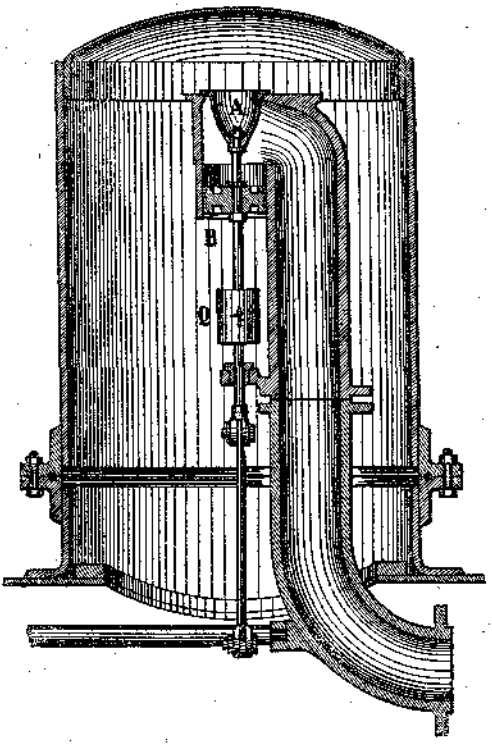


головку; къ ящику прикрѣпляется мѣдная труба B, сверху закрытая и имѣющая продолговатыя окна, чрезъ которыя паръ и поступаетъ въ трубу въ болѣе сухомъ видѣ. Въ ящикѣ A помѣщаются два золотника, большой и малый, обхватываемые рамкою; стержень послѣдней, пройдя чрезъ сальникъ, соединяется помощью муфты n и клиньевъ съ регуляторнымъ валомъ m, расположеннымъ снаружи котла.

Особое устройство регулятора съ такъ называемымъ уравновѣшеннымъ золотникомъ (сист. Клане) представлено на черт. 219. Въ немъ клапанъ A и поршень B насажены прочно на общій стержень, при чемъ паръ давитъ на клапанъ сверху, а на поршень снизу. Когда клапанъ и поршень имѣютъ одинаковые діаметры, то давленіе пара на нихъ

равное и для поднятія клапана, т. е. для открытія регулятора нужно только преодолѣть треніе поршня и треніе регуляторнаго вала въ его подшипникахъ. Дабы при закрытіи регулятора клапанъ болѣе плотно прижимался къ своему сѣдлу, на стержнѣ имѣется грузъ Q. Впрочемъ, если діаметръ клапана немного больше діаметра поршня, то такой грузъ является лишнимъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ давленіе на клапанъ больше, нежели на поршень, вслѣдствіе чего паръ придавливаетъ клапанъ къ сѣдлу.

Черт. 219.



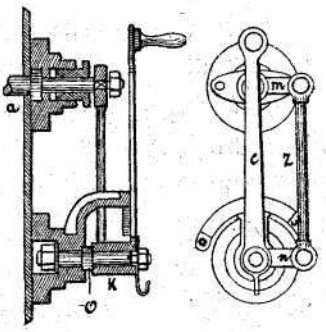
Недостатокъ такого регулятора заключается въ томъ, что во время дѣйствія контръ-пара воздухъ или паръ, всасываемый поршнями цилиндровъ, не можетъ проникать въ котелъ при закрытомъ регуляторѣ и при достиженіи извѣстнаго давленія можетъ разорвать регуляторную трубку.

Встрѣчаются еще регуляторы съ полукруглымъ золотникомъ, располагаемымъ въ самой крестовинѣ, въ дымовой коробкѣ; преимущество ихъ заключается въ простотѣ устройства и доступности во всякое время, не снимая пароваго колпака.

Если регуляторный валъ расположенъ высоко, то для удобства управленія регуляторною ручкою послѣдняя наса-

живается не на валъ непосредственно, а на короткую ось *o*, укрѣпленную въ особомъ гнѣздѣ неподвижно. Черт. 220 и 221. На втулкѣ *к* ручки имѣется кривошипъ *n*, который помощью тяги *z* соединенъ съ подобнымъ же кривошипомъ *m*, заклиненнымъ на регуляторномъ валѣ *a*. При поворачиваніи ручки *c* будетъ вращаться нижній кривошипъ и вмѣстѣ съ тѣмъ верхній, а слѣдовательно будетъ перемѣщаться и регуляторная поползушка.

Черт. 220 и 221.



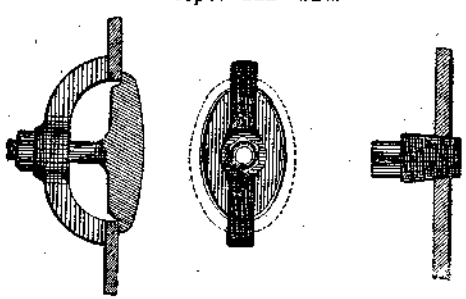
Регуляторная головка отливается изъ чугуна. Регуляторныя же трубы бываютъ мѣдныя, желѣзныя, а иногда также чугунныя; діаметръ ихъ равняется приблизительно одной трети діаметра цилиндра. Соединеніе частей трубы должно быть плотно и прочно, чтобы паръ не проходилъ напрасно въ цилиндры. Такъ какъ при контръ-парѣ, т. е. когда машины дѣйствуютъ въ направленіи обратномъ движенію паровоза, цилиндры, дѣйствуя какъ насосъ, накачиваютъ горячіе газы изъ дымовой коробки въ котелъ черезъ регуляторную трубу и регуляторъ, то необходимо, чтобы регуляторная поползушка имѣла возможность отходить немного для впуска этихъ газовъ въ котелъ; иначе, вслѣдствіе сильнаго сжатія ихъ въ регуляторной трубѣ, можетъ произойти поврежденіе ея.

Кромѣ вышеописанныхъ системъ регулятора имѣются разныя другія устройства его, но болѣе сложныя и менѣе распространенныя, чѣмъ вышеописанныя.

Промывательные люки и спускной кранъ.

Вода, употребляемая для питанія котла, никогда не бываетъ совершенно чиста, но содержитъ въ себѣ примѣсь землистыхъ и растительныхъ частицъ, а также въ растворѣ разныя соли, которыя по испареніи ея осаждаются больше всего въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ высшая температура и слѣдовательно, гдѣ вода быстрѣе испаряется. Эти осадки съ теченіемъ времени могутъ образовать не только толстый слой накипи, которая препятствуетъ передачѣ теплоты водѣ и уменьшаетъ паропроизводительность котла, но совершенно заполнить промежутокъ между стѣнками огневой коробки, которыя поэтому перегораютъ, выпучиваются и не выдерживаютъ нормальнаго давленія пара въ котлѣ. Для предупрежденія этого дѣлаютъ въ углахъ топки, въ нижней ея части и на уровнѣ неба, а также въ дымовой рѣшеткѣ подъ дымогарными трубами и въ другихъ мѣстахъ небольшія овальныя или круглыя отверстія (люки), закрываемыя желѣзною накладкою или мѣдною пробкою, какъ это представлено на черт. 222—224. Чрезъ эти отверстія, помощью желѣзныхъ крючьевъ и прутьевъ, промываютъ котелъ или холодною водою изъ водопровода, или же горячею—изъ другого паровоза помощью инжектора. Накладки ставятъ изнутри на плетенку, картонъ или листовой свинецъ и прижимаютъ болтомъ съ гайкою при помощи скобы. Употребленіе мѣдныхъ пробокъ съ винтовою нарѣзкою болѣе удобно, но невыгодно въ томъ отношеніи, что мелкая нарѣзка отверстія, вслѣдствіе небольшой толщины стѣнокъ

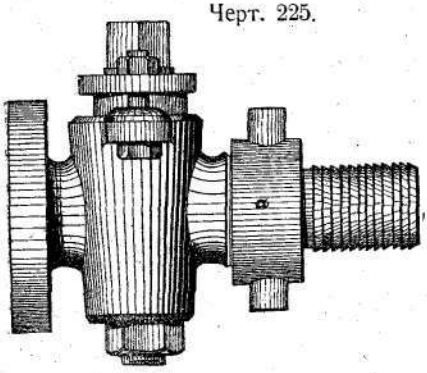
Черт. 222—224.



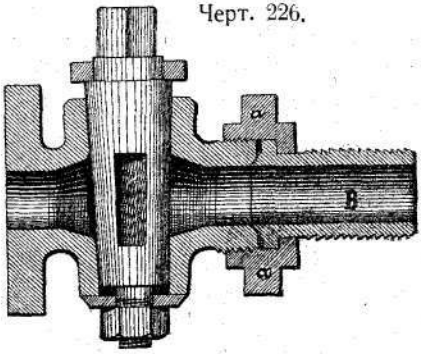
топки, скоро изнашивается отъ дѣйствія прута при промывкѣ, ее необходимо часто подрѣзать и тѣмъ увеличивать до значительныхъ размѣровъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда нѣтъ достаточно времени для промывки котла, требующей предварительнаго охлажденія его и спуска всей воды, то ограничиваются такъ называемою продувкою котла, помощью особаго крана, расположеннаго внизу топки. Кранъ этотъ называется поэтому спускнымъ и представленъ въ боковомъ видѣ на черт. 225 и въ разрѣзѣ на черт. 226. Передъ продувкою дополняютъ котелъ

Черт. 225.



Черт. 226.

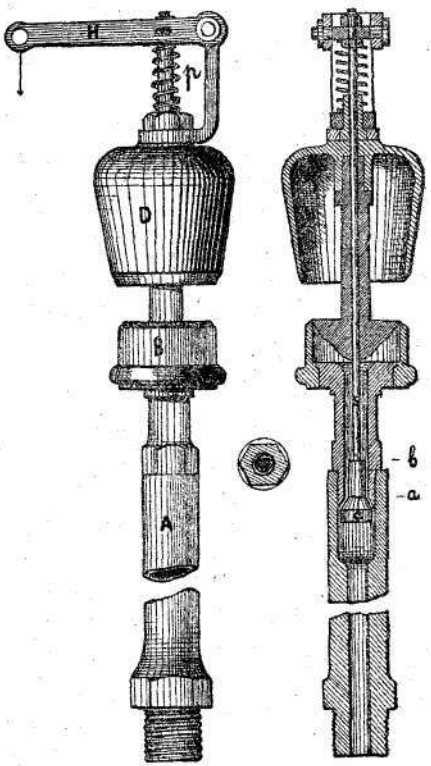


предварительно водою возможно болѣе, пока инжекторъ не перестанетъ дѣйствовать, а затѣмъ, при остающемся давленіи отъ $1^1/_2$ до 2-хъ атмосферъ, открываютъ постепенно спускной кранъ и выпускаютъ воду до тѣхъ поръ, пока уровень ея не понизится до 4 дюйм. надъ потолкомъ топки. Вода, истекая при этомъ съ большою скоростью, увлекаетъ съ собою накипь и грязь, находящіяся въ нижней части топки. Кранъ этотъ служитъ также и для наполненія котла водою послѣ промывки его, для чего прикрѣпляютъ къ нему, помощью гайки *aa*, наконечникъ B, на который прочно надѣтъ рукавъ отъ водопровода.

Свистокъ.

Для подачи съ паровоза сигналовъ при трогании его съ мѣста, во время движенія и при остановкѣ его, имѣется паровой свистокъ, устройство котораго видно изъ прилагаемыхъ черт. 227 и 228. Мѣдная трубка А, укрѣпленная однимъ концомъ въ верхней части котла, оканчивается вверху

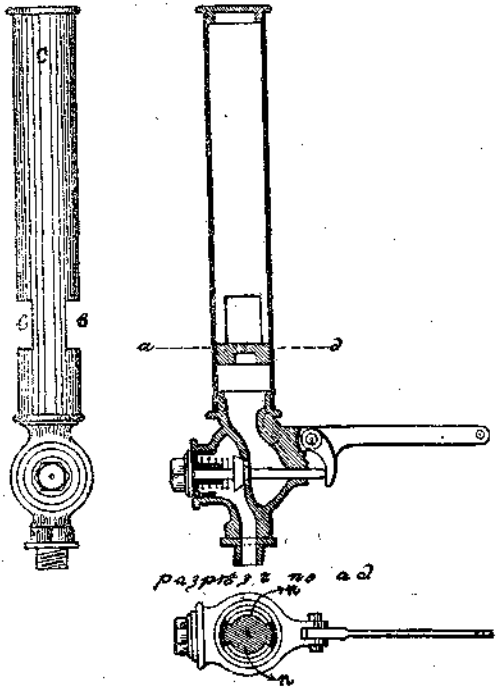
Черт. 227 и 228



уширеніемъ В въ видѣ чашки, въ которой располагается тарелочка такимъ образомъ, чтобы между нею и краями чашки образовалось узкое кольцевое отверстіе. Надъ чашкою въ опредѣленномъ разстояніи укрѣпляется бронзовый колпачекъ D. Впускъ пара въ чашку происходитъ или помощью обыкновеннаго крана, располагаемаго внизу трубки, или же чаще всего помощью коническаго клапана, какъ это представлено на прилагаемыхъ чертежахъ. Клапанъ *c* соединенъ со стержнемъ s, который проходитъ внутри трубки и соединенъ вверху съ рычагомъ Н. Спиральная пружина *p* постоянно нажимаетъ рычагъ, а слѣдовательно и клапанъ вверхъ. Стержень s имѣетъ треугольное поперечное сѣченіе отъ *a* до *в*, такъ что при опусканіи клапана паръ можетъ свободно проходитъ въ верхнюю часть трубки. Къ концу рычага Н прикрѣпляется тяга и имѣется особая рукоятка,

доступная дѣйствію машиниста и соединенная въ то же время съ сигнальною поѣздною веревкою. Если нажать рычагъ Н внизъ, то клапанъ *с*, удаляясь отъ своего сѣдла, пропускаетъ изъ котла паръ, который направляется по трубкѣ въ чашку, и оттуда чрезъ кольцевое отверстіе наружу, при чемъ, ударяя въ острые края колпачка, приводитъ его въ быстрое дрожаніе и такимъ образомъ производитъ звукъ.

Черт. 229 и 230.



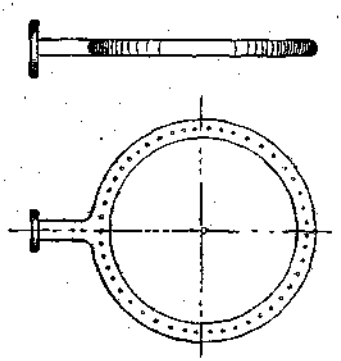
На черт. 229 и 230 изображенъ паровозный свистокъ (*ревунъ*), имѣющій видъ трубки съ двумя вырѣзками *вв* въ нижней части. Верхній конецъ трубки закрытъ, а нижній — открытый укрѣпляется на особой клапанной коробкѣ. На уровнѣ нижнихъ краевъ вырѣзовъ имѣется перегородка съ соотвѣтствующими щелями *mn*. При нажиманіи рычага А и открытіи такимъ образомъ клапана *к* паръ, устремляясь чрезъ щели *mn*, и вырѣзы *вв* въ атмосферу, производитъ звукъ.

Устройство и размѣръ паровыхъ свистковъ бываютъ весьма различны. На маневровыхъ паровозахъ устанавливаютъ иногда кромѣ свистка особый колоколъ, которымъ также подаютъ сигналы во время работы на станціяхъ. Свистокъ обыкновенно помѣщаютъ надъ будкою паровоза.

Сифонъ.

Для усиленія тяги во время работы паровоза служитъ конусъ; для возможности же увеличить тягу при стоянкѣ паровоза или же при движеніи его на уклонѣ съ закрытымъ регуляторомъ, употребляется сифонъ или форсированная трубка. Онъ состоитъ изъ небольшого крана, прикрѣпленнаго обыкновенно къ паровому колпаку или къ верхней части котла, вблизи дымовой коробки и мѣдной трубочки, которая направляется отъ него въ дымовую трубу, гдѣ загибается вверхъ. Ручка крана соединена съ тягою, идущею вдоль котла въ будку машиниста. Дѣйствіе сифона состоитъ въ томъ, что поступающій въ трубу паръ увлекаетъ съ собою газы изъ дымовой коробки, разрѣжая такимъ образомъ ихъ до 6—8 дюймовъ водяного столба, и тѣмъ усиливаетъ притокъ воздуха въ топку.

Черт. 231 и 232.

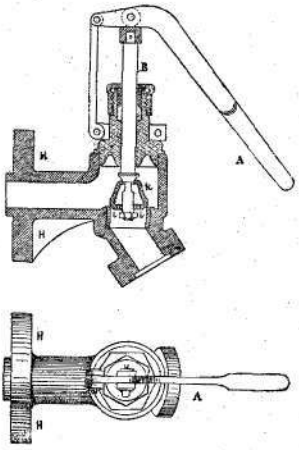


Болѣе усовершенствованный сифонъ, представленный на черт. 231 и 232, имѣетъ видъ трубчатаго кольца, расположеннаго надъ конусомъ въ разстояніи $1\frac{1}{4}$ дюйма и съ небольшими отверстіями съ верхней стороны. Діаметръ кольца 10--11 дюймовъ; діаметръ трубки $\frac{7}{8}$ дюйма и размѣръ отверстій $\frac{1}{8}$ дюйма. Этотъ кольцевой сифонъ расходуетъ несравненно больше пара, но за то дѣйствуетъ болѣе энергично.

Инжекторный паровой клапанъ.

Для впуска пара изъ котла въ инжекторъ служитъ особая коробка съ клапаномъ, устройство котораго бываетъ различное. Болѣе употребительный и совершенный клапанъ изображенъ на черт. 233 и 234. Помощью фланца НН коробка соединяется съ малымъ колпакомъ или съ особою стойкою съ фланцами. Паровой вентиль *к*, полый внутри, имѣетъ внизу четыре небольшихъ отверстія *ii*. При первоначальномъ небольшомъ поднятіи ручки А стержень В поднимается независимо отъ вентиля, который остается пока на мѣстѣ и паръ проходитъ подъ коническую заточку *п* этого стержня и черезъ отверстія *ii* въ инжекторъ. Затѣмъ, при подниманіи ручки А еще выше увлекается уже и самый вентиль, открывая большое сѣченіе. Преимущество этого клапана заключается въ томъ, что послѣ закрытія его онъ нажимается сверху паромъ во все время и потому плотно закрывается и не паритъ.

Черт. 233 и 234.

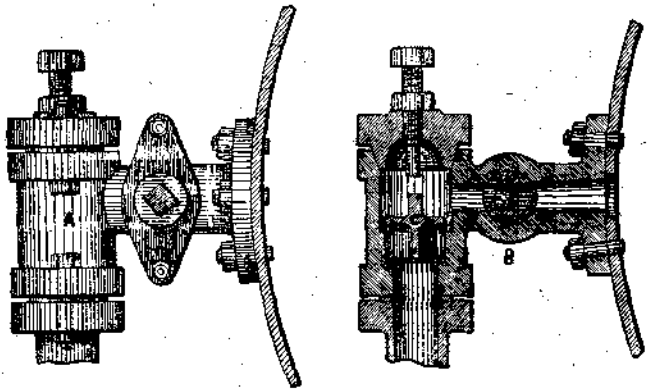


Питательная коробка.

Нагнетательная труба, идущая отъ инжектора или насоса, прикрѣпляется другимъ своимъ концомъ, посредствомъ фланца, къ особой коробкѣ А, называемой питательною коробкою, въ которой устроенъ клапанъ *с*, препятствующій проходу воды изъ котла назадъ въ трубу; черт. 235 и 236. Прикрѣпленіе питательной коробки къ котлу полезно дѣлать въ передней цилиндрической части котла, гдѣ температура

воды болѣе низка и слѣдовательно, вслѣдствіе меньшей разности температуръ воды въ котлѣ и вновь прибывающей,

Черт. 235 и 236.



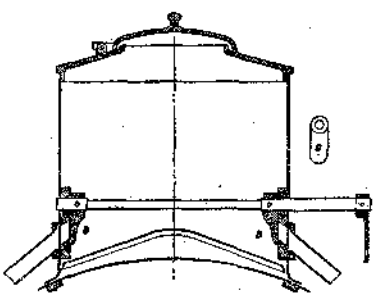
устраняется вредное вліяніе послѣдней, болѣе холодной воды на части котла; также предупреждается засореніе отверстія для притока воды накипью, которая осаждается тѣмъ скорѣе, чѣмъ больше разница температуръ воды въ котлѣ и прибывающей вновь. Въ нѣкоторыхъ паровозахъ питательныя трубы располагаются внутри котла и направляются отъ лобового листа къ передней части котла. Между питательною коробкою и котломъ устраивается еще кранъ B, посредствомъ котораго въ случаѣ надобности возможно разобщить котелъ и коробку. Накладка *n*, прижимающая пробку крана къ его мѣсту, удерживаетъ пробку и въ томъ случаѣ, когда конецъ ея отломается.

Питательная труба снабжается иногда особымъ отросткомъ, съ винтовой нарѣзкой, на которой навинчивается пожарный рукавъ; разобщая питательную коробку и котелъ посредствомъ крана, и пуская въ дѣйствіе инжекторъ, можно пользоваться этимъ приспособленіемъ для тушенія пожара въ поѣздѣ и на станціи, а равно для промывки горячей водой котловъ другихъ паровозовъ.

Песочная коробка.

Песочная коробка помѣщается или около площадки паровоза, или вверху котла у парового колпака и служитъ, какъ показываетъ самое названіе, для помѣщенія песка. Песокъ изъ нея проводится на рельсы подъ ведущія колеса, для увеличенія сцѣпленія ихъ съ рельсами, посредствомъ трубокъ и клапановъ, открываемыхъ изъ будки машиниста. Чтобы песокъ не задерживался въ трубахъ, онъ долженъ быть совершенно сухой и чистый (безъ камешковъ и глины), а чтобы онъ не отсырѣлъ въ дорогѣ, крышка песочной коробки должна плотно закрываться. На черт. 237 изображена песочная коробка самаго простого устройства. Вращеніемъ вала *cc* въ ту и другую сторону помощью колѣна A, клапаны BB, укрѣпленные неподвижно на валу, будутъ давать выходъ песку въ обѣ трубки.

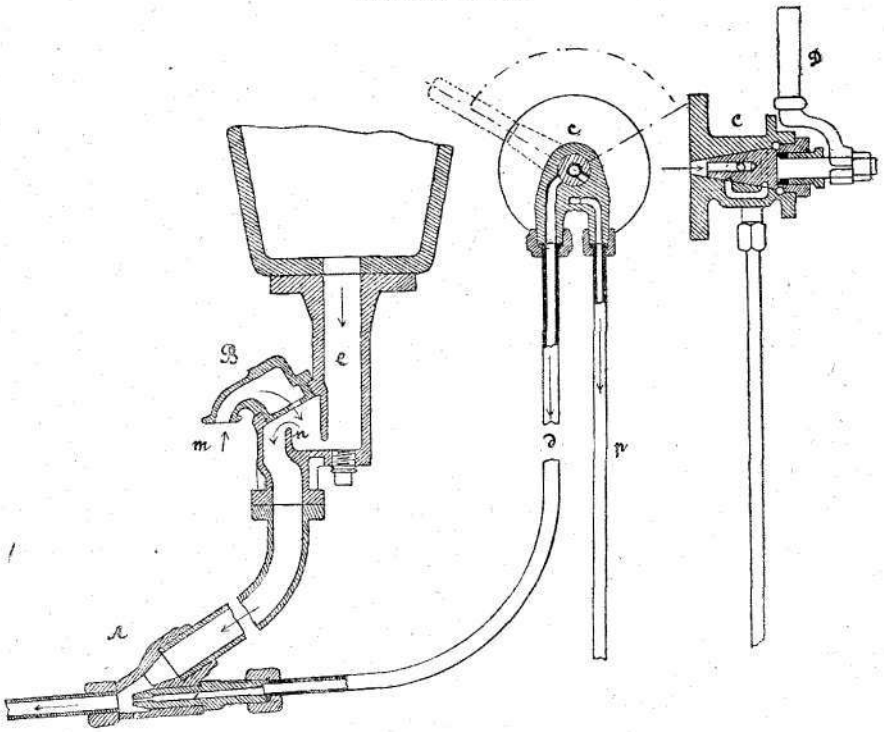
Черт. 237.



Въ послѣднее время на многихъ паровозахъ встрѣчаются паровыя песочницы (системы Грешама), которыя значительно увеличиваютъ силу тяги паровозовъ и дѣлаютъ ихъ независимыми отъ наружныхъ атмосферныхъ вліяній. Это усиленное дѣйствіе аппарата достигается тѣмъ, что песокъ не струится, какъ это происходитъ въ обыкновенныхъ песочницахъ, на рельсы впереди ведущаго колеса, а вдувается паровою струею между колесами и рельсами. Устройство аппарата изображено на черт. 238 и 239. Онъ состоитъ изъ эжектора A, клапана для пропуска песка B и парового клапана C съ рукояткой D, незначительнымъ передвиженіемъ которой аппаратъ приводится въ дѣйствіе. Эжекторъ обыкновенной конструкціи соединенъ какъ съ паровымъ кла-

паномъ, такъ и съ клапаномъ для пропуска песка. Его выдувное отверстіе удлинено $^1/_2{}''$ газовою трубкою, ось ко-

Черт. 238 и 239.



торой направлена къ точкѣ прикосновенія между колесомъ и рельсомъ. Клапанъ для пропуска песка укрѣпленъ въ нижней части песочнаго ящика; песокъ вслѣдствіе своей тяжести падаетъ по вертикальному каналу *e* и наполняетъ малый резервуаръ *n*. Отверстіе *m* служитъ для доступа наружнаго воздуха.

Паровой клапанъ устанавливается въ удобномъ мѣстѣ въ будкѣ машиниста и снабженъ системою каналовъ для отвода чрезъ спускную трубку *p* охлажденной воды, которая накопляется въ клапанѣ во время бездѣйствія аппарата. Для дѣйствія аппарата необходимо поворотомъ рукоятки D

открыть паровой клапанъ, при чемъ паръ, направляясь по трубкѣ *d* и производя разрѣженіе воздуха у шейки эжектора, образуетъ воздушный токъ, направляющійся по стрѣлкамъ чрезъ отверстіе *m* къ клапану и по трубкѣ къ эжектору. При этомъ песокъ выдувается изъ резервуара *n*, направляясь съ большою энергіею за паровой струей чрезъ выдувное отверстіе.

Для вполнѣ благонадежнаго дѣйствія аппарата должны быть употребляемы совершенно мелкій, чистый и сухой песокъ и сухой паръ. Преимущество аппарата заключается въ томъ, что при самомъ сильномъ вѣтрѣ и дурной погодѣ песокъ выдувается съ точностью и вѣрностью къ точкѣ прикосновенія ведущихъ колесъ съ рельсами, при чемъ расходъ песка незначителенъ.

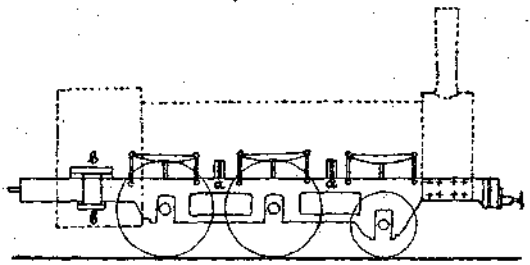
Экипажъ паровоза.

Сюда относятся: рама съ принадлежностями, оси съ колесами, буксы съ подшипниками и рессоры.

Рама, буфера и тяговой аппаратъ.

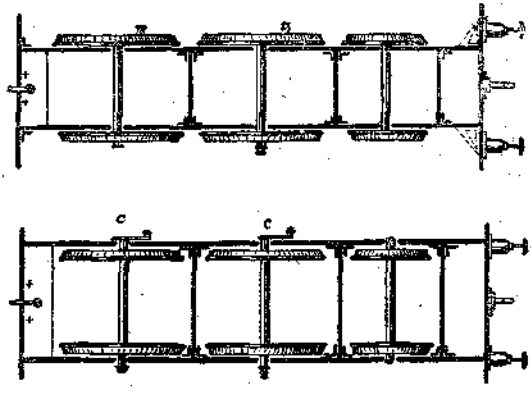
Паровозный котелъ лежитъ на рамѣ, состоящей изъ двухъ продольныхъ желѣзныхъ прокатныхъ листовъ, расположенныхъ по обѣимъ сторонамъ котла и прилегающихъ къ топкѣ и дымовой коробкѣ, и изъ нѣсколькихъ поперечныхъ листовъ, расположенныхъ подъ цилиндрическою частью котла, между двумя первыми листами. У дымовой коробки котелъ прочно соединяется съ рамою, помощью плотно припасованныхъ болтовъ, обозначенныхъ на чертежѣ крестами, а на поперечинахъ *а*, *а* и у огневой коробки, помощью приклепанныхъ къ послѣдней угольниковъ *в*, *в*, онъ лежитъ свободно, черт. 240. Такимъ образомъ котелъ, удлиняясь отъ теплоты можетъ свободно подаваться назадъ. По концамъ продольныхъ листовъ рамы имѣются еще: спереди поперечный брусъ, называемый *буфернымъ* и служащій для прикрѣпленія къ нему буферовъ и тягового крюка, а сзади—нѣсколько поперечныхъ желѣзныхъ листовъ, служащихъ для укрѣпленія чугунныхъ муфтъ, а иногда цѣлыхъ чугунныхъ коробокъ, удерживающихъ шкворни, за которые паровозъ

Черт. 240.

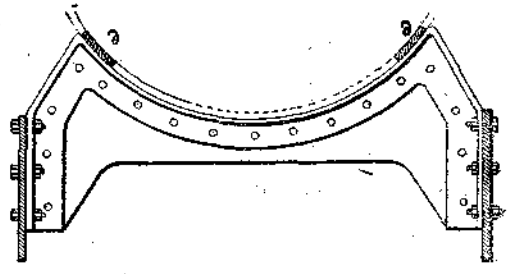


сцѣпляется съ тендеромъ. Толщина продольныхъ листовъ рамы бываетъ около $1^1/_4$—$1^3/_8$ дюйма; поперечные листы ея дѣлаются значительно тоньше, около $^1/_2$—$^3/_4$ дюйма. Паровозная рама бываетъ внутренняя, если продольные листы ея находятся внутри между колесами, какъ это видно на представленномъ черт. 241, и наружная, если эти листы снаружи колесъ, черт. 242. Въ первомъ случаѣ разстояніе между продольными листами очевидно меньше, почему прочное соединеніе ихъ между собою болѣе удобно, но невозможно для большей устойчивости опустить котелъ ниже; при этомъ расположеніе рессоръ надъ буксами не всегда удобно. При употребленіи же наружныхъ рамъ необходимо устройство на осяхъ особыхъ кривошиповъ *cc*, весьма дорогихъ и непрочныхъ, и къ тому же взаимное разстояніе между цилиндрами увеличивается, вслѣдствіе чего и вредныя колебанія паровоза значительнѣе. Въ продольныхъ листахъ рамы дѣлаются вырѣзы для помѣщенія въ нихъ осевыхъ буксъ и, кромѣ того, особо еще для облегченія вѣса ихъ и свободнаго доступа къ механизму. Въ мѣстахъ у топки противъ каждой связи просверливаютъ въ продольныхъ листахъ также отверстія для осмотра и ремонта этихъ связей. Равнымъ образомъ и въ

Черт. 241 и 242.



Черт. 243.



поперечныхъ листахъ рамы, если они сплошные и не имѣютъ надлежащаго очертанія, указаннаго на черт. 243, то дѣлаютъ въ нихъ также вырѣзы для золотниковыхъ, эксцентриковыхъ и другихъ тягъ.

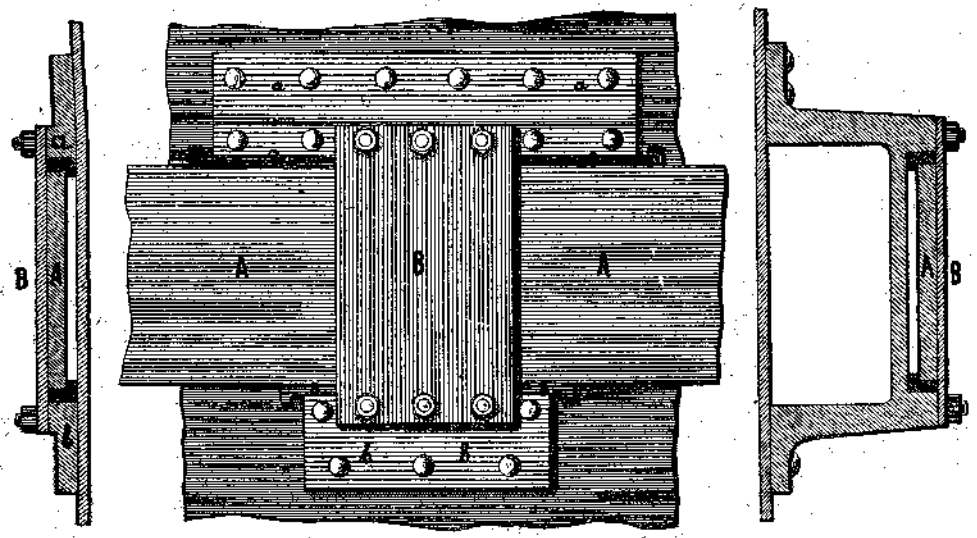
Для смягченія ударовъ и толчковъ, происходящихъ отъ неровности пути и стыковъ рельсовъ, дѣйствующихъ вредно на прочность паровоза, раму не кладутъ непосредственно на оси, а подвѣшиваютъ ее къ упругимъ стальнымъ рессорамъ, которыя посредствомъ шпинтоновъ упираются на осевыя буксы. Вокругъ котла надъ рамою на особыхъ кронштейнахъ устраивается площадка для осмотра паровоза во время движенія его. Сзади паровоза эта площадка болѣе значительныхъ размѣровъ и на ней устраиваютъ будку, служащую для помѣщенія въ ней паровозной прислуги и защиты ея отъ непогоды. Для входа на паровозъ у будки, съ обѣихъ сторонъ ея, имѣются ступеньки и поручни.

Поперечные листы рамы или просто поперечины располагаются между осями и устраиваются большею частью такимъ образомъ, какъ показано на вышепредставленномъ черт. 243, и въ такомъ случаѣ имѣются еще подъ ними прочныя поперечныя распорки изъ круглаго, квадратнаго или котельнаго желѣза, такъ какъ назначеніе поперечинъ не только поддерживать цилиндрическую часть котла, которая ложится на нихъ большею частью свободно, но также для удержанія продольныхъ листовъ рамы въ неизмѣнномъ положеніи и для предупрежденія выпучиванія ихъ въ стороны. Для облегченія скольженія котла на поперечинахъ, располагаютъ на послѣднихъ бронзовыя прокладки *д*.

Огневая коробка лежитъ на продольныхъ листахъ АА рамы помощью угольниковъ, прикрѣпленныхъ къ ней по бокамъ, при чемъ верхніе *аа*, черт. 244 и 245 гораздо длиннѣе, чѣмъ нижніе *вв*, ибо первые образуютъ главную опору котла, вторые же служатъ для предупрежденія поднятія котла отъ

сильныхъ толчковъ. Для уменьшенія тренія между угольниками и рамою во время удлиненія котла, а равно для

Черт. 244 и 245. Черт. 246.

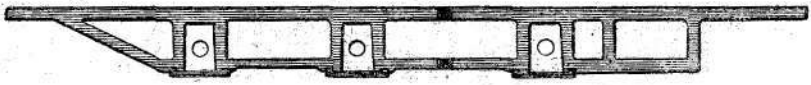


приведенія котла въ горизонтальное положеніе относительно рамы, располагаютъ еще бронзовыя прокладки d, d—надлежащей толщины. Съ каждой стороны топки прикрѣпляютъ къ угольникамъ на болтахъ по одной планкѣ B, которая, покрывая собою продольный листъ рамы, не дозволяетъ ему отдѣляться отъ котла и выпучиваться наружу. Такъ какъ при наружныхъ рамахъ топка удаляется на значительное разстояніе, то въ этихъ случаяхъ употребляютъ вмѣсто угольниковъ особыя прочныя коробки, представленныя на черт. 246.

Представленная раньше на черт. 240 паровозная рама изображаетъ собою лишь общій видъ, такъ какъ очертаніе, размѣры и взаимное расположеніе листовъ рамы бываютъ весьма различны и зависятъ отъ формы и размѣровъ самаго котла и отъ числа, размѣра и размѣщенія осей паровоза. Рама американскихъ паровозовъ, изображенная на черт. 247,

отличается тѣмъ, что продольныя и поперечныя части ея состоятъ не изъ прокатныхъ листовъ, а изъ кованныхъ,

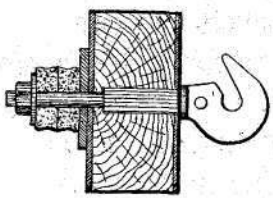
Черт. 247.



квадратныхъ брусковъ желѣза соотвѣтственной длины и размѣра поперечнаго сѣченія, частью сваренныхъ между собою, частью соединенныхъ болтами. Рама эта при большей относительно легкости и меньшей стоимости ея представляетъ большую прочность и свободный доступъ къ частямъ механизма.

Буферный брусъ дѣлаютъ частью изъ дуба (иногда изъ котельнаго желѣза) и обшиваютъ его для большей прочности желѣзомъ. Въ немъ по срединѣ укрѣпляется тяговой крюкъ съ винтовою стяжкою для сцѣпленія паровоза съ вагонами или другимъ паровозомъ. Крюкъ вставляется въ отверстіе буфернаго бруса, представленнаго на черт. 248

Черт. 248.

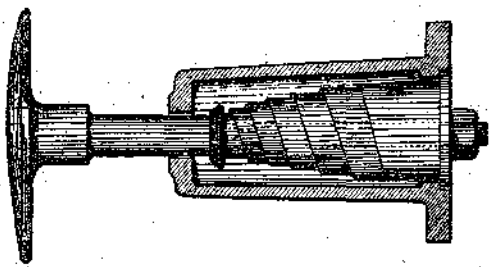


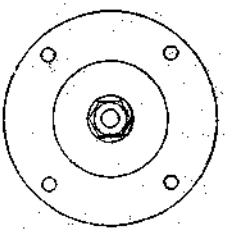
въ поперечномъ разрѣзѣ, и закрѣпляется съ внутренней стороны гайкой и шпилькой. Чтобы усиліе, дѣйствующее на крюкъ при взятіи поѣзда, не передавалось прямо брусу, а предварительно ослаблялось, подъ гайку подкладываютъ желѣзную шайбу и нѣсколько резиновыхъ колецъ. Для того, чтобы крюкъ не вращался и цѣпь, надѣтая на него, не свалилась, часть стержня, проходящая черезъ брусъ, дѣлается четырехгранною.

Буфера, прикрѣпленные къ брусу, служатъ для ослабленія удара при подходѣ паровоза къ вагонамъ. Они состоятъ изъ чугунной или желѣзной муфты (стакана), черт. 249 и 250, чрезъ которую проходитъ желѣзный стержень, оканчивающійся снаружи плоскою или выпуклою тарелкою. Внутри муфты располагается спиральная стальная пружина или же нѣсколько

резиновыхъ колецъ надлежащаго размѣра. Основаніе пружины упирается въ желѣзную шайбу, верхняя же часть—въ

Черт. 249 и 250.





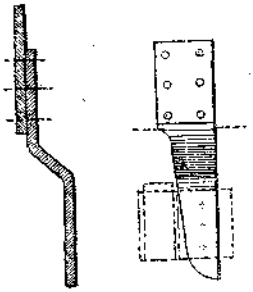
утолщеніе стержня или малую шайбу; при подходѣ къ вагонамъ паровозъ ударяется тарелками буферныхъ стержней, которыя, нажимая спиральную пружину, давятъ на шайбу, а чрезъ нее и на буферный брусъ, которому передается такимъ образомъ ударъ, уже ослабленный упругостью пружины. Чтобы стержень не могъ выпасть изъ муфты, конецъ его пропускается чрезъ шайбу и навинчивается на него гайка, закрѣпленная шпилькою. Около буферной тарелки стержень имѣетъ второе утолщеніе для ограниченія движенія его и предупрежденія поломки пружины.

Тарелки буферныхъ стержней дѣлаются всегда: правая выпуклою, а лѣвая плоскою. Это съ тою цѣлью, чтобы на закругленіяхъ пути, когда вагоны относительно тендера и между собою расположены не по прямой линіи, буферныя тарелки правильнѣе касались бы одна къ другой. Такъ какъ на закругленіяхъ буфера съ одной строны расходятся, а съ другой напротивъ сжимаются, поэтому если бы всѣ тарелки были плоскія, то касались бы только края тарелокъ, и могли бы сломаться. Если бы всѣ буферныя тарелки были выпуклыя, то на закругленіяхъ, буфера, принявшіе между собою косвенное направленіе, нажимались бы не центрами тарелокъ, а какою нибудь частью между центромъ и краемъ, почему нажимались бы по косому направленію относительно вагона

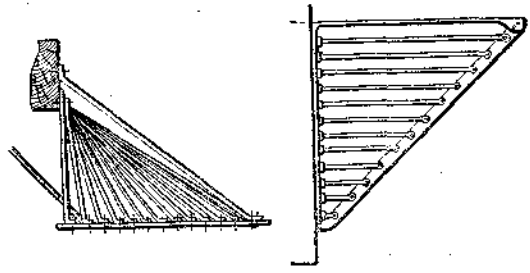
и пути и могли бы причинять сходъ его съ рельсовъ. Когда же выпуклая тарелка касается плоской, то на закругленіи она можетъ скользить по плоской тарелкѣ, смотря по положенію вагона и нажимать въ центръ. Размѣры буферовъ бываютъ различны; обыкновенная длина всего буфера около 2 фут.; разстояніе же между центрами буферовъ, расположенныхъ симметрично относительно тяговаго крюка, должно быть въ предѣлахъ отъ 1.772 мм. до 1.792 мм. Возвышеніе центровъ буферовъ надъ рельсами должно быть во всѣхъ паровозахъ отъ 970 мм. до 1.085 мм. и зависитъ отъ толщины осевыхъ подшипниковъ и бандажей паровоза.

Впереди паровоза къ продольнымъ листамъ рамы прикрѣпляютъ такъ называемые *метельники*, служащіе для отбрасыванія случайно попадающихъ на рельсы предметовъ и предупрежденія такимъ образомъ возможнаго схода паровоза. Метельники изготовляются изъ котельнаго желѣза, формы представленной на черт. 251 и 252. Нижніе

Черт. 251 и 252.



Черт. 253 и 254.



концы ихъ выгнуты настолько, чтобы они находились противъ колесъ. Возвышеніе метельниковъ надъ рельсами должно быть такое, чтобы во время движенія паровоза они не задѣвали за рельсы, почему это разстояніе не должно быть менѣе 2 дюймовъ. Къ концамъ метельниковъ прикрѣпляютъ иногда особыя втулки или скобы, въ которыя вставляются фашинныя

метлы. Для удаленія съ пути скота, попадающагося весьма часто, если таковой пасется вблизи безъ надлежащаго присмотра, болѣе дѣйствительно употребленіе желѣзнаго или деревяннаго *плуга*, представленнаго на черт. 253 и 254, въ боковомъ видѣ и въ планѣ, но устройство его болѣе сложно, причемъ нагрузка на переднюю ось при этомъ иногда значительно увеличивается. Плуги встрѣчаются весьма рѣдко и то на пассажирскихъ паровозахъ.

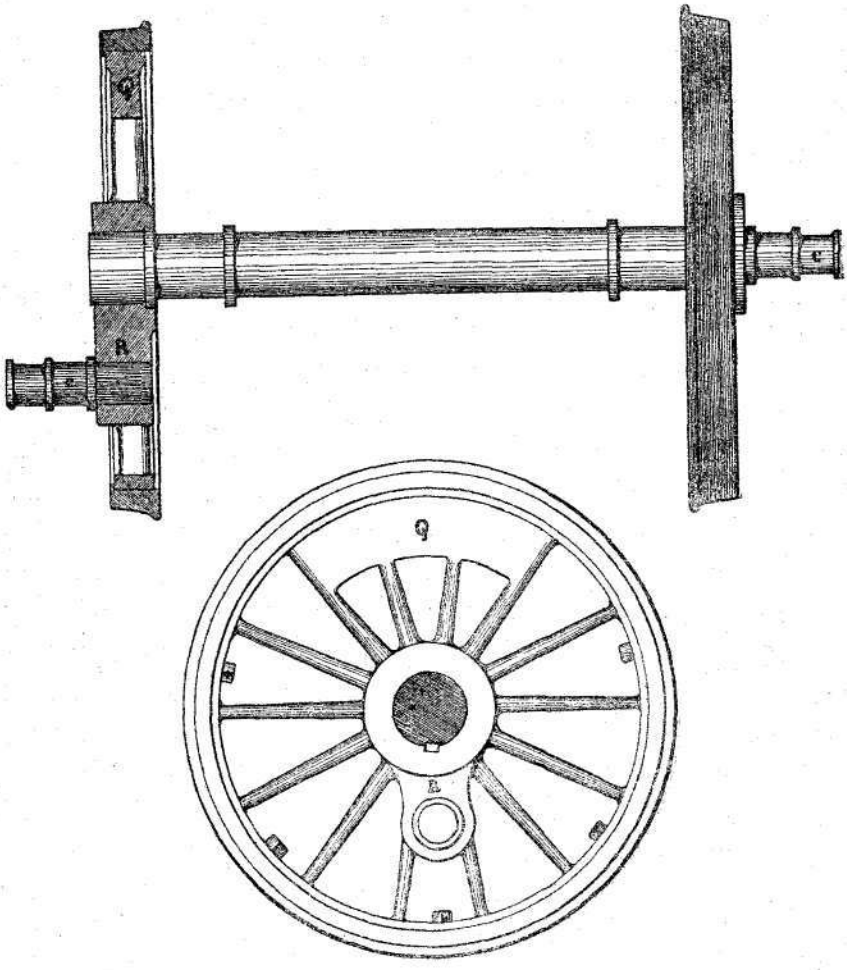
Колеса и оси.

Паровозныя колеса, а равно тендерныя и вагонныя, отличаются тѣмъ отъ обыкновенныхъ экипажныхъ, что, надѣтыя прочно на ось и составляя съ нею одно цѣлое, онѣ представляютъ большое сопротивленіе всѣмъ ударамъ въ пути и движутся равномѣрно, т. е. каждыя два колеса, надѣтыя на одну и ту же ось, дѣлаютъ одинаковое число оборотовъ въ одно и тоже время. Каждое колесо состоитъ изъ слѣдующихъ частей: ступицы, спицъ, обода и бандажа. Ступица обыкновенно бываетъ желѣзная, но подъ тендерами встрѣчаются иногда старыя колеса и съ чугунными ступицами. Спицы и ободъ дѣлаются обыкновенно желѣзныя, а бандажи—стальные. Если паровозъ съ внутренними рамами, то въ такомъ случаѣ ступицы ведущихъ и сдвоенныхъ колесъ имѣютъ нѣсколько видоизмѣненную форму, какъ это видно на черт. 255 и 256, образуя такимъ образомъ кривошипъ R, въ которомъ укрѣпляется цапфа или палецъ *c*. Бываютъ также цѣльныя колеса стальныя, литыя по образцу желѣзныхъ со спицами.

Части желѣзныхъ колесъ изготовляютъ отдѣльно, а затѣмъ, собравъ ихъ вмѣстѣ, сваривающъ въ одно цѣлое. Бандажъ надѣвается впослѣдствіи въ горячемъ состояніи и укрѣпляется еще болтами. Надѣваніе колесъ на ось про-

изводятъ гидравлическимъ прессомъ подъ давленіемъ отъ 75 до 110 тоннъ и, кромѣ того, ставятъ еще шпонки, предупреждающія возможность вращенія колесъ на оси.

Черт. 255 и 256.



Колеса въ паровозѣ различаютъ: 1) ведущія, которыя помощью кривошиповъ и ведущихъ шатуновъ соединяются съ поршневымъ штокомъ и такимъ образомъ непосредственно получаютъ движеніе отъ паровой машины; 2) сдвоенныя

или спаренныя, которыя посредствомъ кривошиповъ и сдваивающихъ шатуновъ (спарниковъ) соединяются съ кривошипами ведущихъ колесъ и служатъ также для движенія паровоза и, наконецъ, 3) поддерживающія, которыя служатъ лишь для поддержанія остающейся свободной части паровоза отъ нагрузки на ведущія и сдвоенныя колеса. Обыкновенно въ товарныхъ паровозахъ одна пара ведущихъ колесъ, а остальныя двѣ или три пары сдвоенныхъ; діаметръ всѣхъ колесъ въ этомъ случаѣ долженъ быть строго одинаковъ, принято его дѣлать около 4 фут. Въ товаро-пассажирскихъ паровозахъ стараго типа имѣется одна пара ведущихъ колесъ и одна пара сдвоенныхъ колесъ, совершенно одинаковаго діаметра, отъ 5 до 6 фут. и кромѣ того, одна пара поддерживающихъ колесъ—около $3^1/_2$ фут. діаметромъ, расположенная или впереди паровоза около цилиндровъ, или же сзади за топкою. Въ пассажирскихъ паровозахъ большой скорости новыхъ типовъ при двухъ или трехъ сдвоенныхъ осяхъ, діам. колесъ около 6 или больше фут., имѣется впереди или одна поддерживающая ось, или же двухосная телѣжка, соединенная съ паровозомъ помощью шкворня.

Оси паровозныхъ колесъ дѣлаются въ настоящее время исключительно изъ литой стали, также какъ и вагонныя и тендерныя. Діаметръ паровозныхъ осей бываетъ до 8 дюйм., а въ томъ мѣстѣ, гдѣ насаживается на него колесо, немного больше и имѣетъ уступъ, опредѣляющій собою предѣлъ, до котораго колесо должно доходить при насадкѣ его на ось. Шейка оси вращается въ подшипникѣ и отдѣляется заплечиками, чтобы букса съ подшипникомъ не двигалась вдоль оси. Средняя часть оси совершенно ровная и только въ вагонныхъ осяхъ къ срединѣ между колесами она бываетъ немного тоньше. Ведущія и сдвоенныя оси подвержены не только дѣйствію нагрузки на шейки ихъ, но также и скру-

чивающему усилію, происходящему отъ скольженія одного колеса оси въ то время, когда другое продолжаетъ катиться, и отъ дѣйствія на кривошипъ поршня паровой машины. Первое усиліе старается ось согнуть и дѣйствуетъ больше всего у ступицы, между тѣмъ какъ скручивающее усиліе дѣйствуетъ одинаково на всю длину оси между колесами, почему таковая и дѣлается совершенно ровною. Скручиваніе оси тѣмъ больше, чѣмъ больше діаметръ колеса и чѣмъ больше скорость вращенія его. Переходъ оси отъ большаго діаметра къ меньшему дѣлается постепенно посредствомъ закругленія, такъ какъ въ прямыхъ уступахъ она легко ломается.

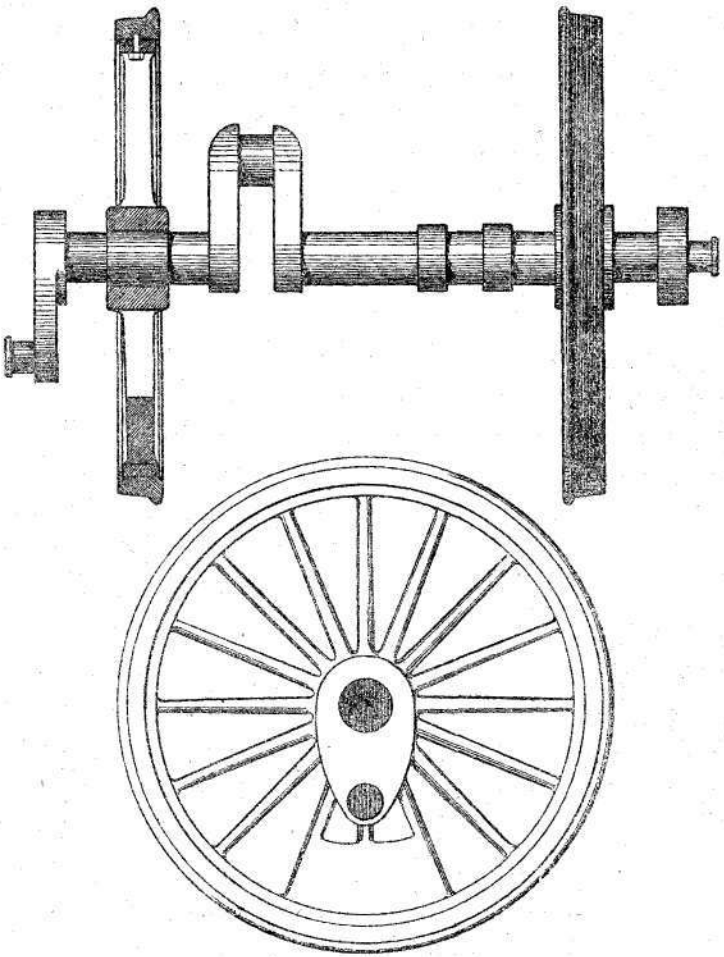
При наружной рамѣ паровоза, чтобы избѣжать большого разстоянія между цилиндрами, послѣднія помѣщаютъ иногда внутри рамы и въ такомъ случаѣ вмѣсто наружныхъ ведущихъ кривошиповъ устраиваютъ ведущую ось колѣнчатою, какъ это показано на черт. 257 и 258, при чемъ на концахъ оси насаживаютъ только сдваивающіе кривошипы съ цапфами. При наружной рамѣ длина оси очевидно больше и удлиняется на столько, чтобы можно было за колесомъ снаружи образовать на ней шейку для подшипника и укрѣпить кривошипъ.

Насадку колесъ на ось слѣдуетъ производить весьма осторожно, чтобы не повредить ступицы, которая отъ сильнаго нажатія можетъ лопнуть, и чтобы плоскость колесъ была перпендикулярна къ оси. Разстояніе между внутренними гранями бандажей одной оси должно быть почти на $3^1/_2$ дюйм. меньше разстоянія между внутренними гранями рельсовъ, такъ что зазоръ между ребордою и рельсомъ на прямомъ пути долженъ быть около $^1/_2$ дюйм.

При надѣваніи бандажа на колесо, предварительно обтачиваютъ ободъ и внутреннюю цилиндрическую поверхность бандажа, при чемъ внутренній діаметръ бандажа дѣ-

лаютъ меньше, приблизительно на $^1/_{1000}$ наружнаго діаметра обода, а затѣмъ уже нагрѣваютъ бандажъ до извѣстной температуры, вслѣдствіе чего онъ расширяется и свободно

Черт. 257 и 258.

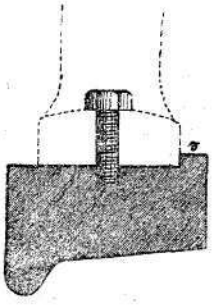


входитъ на ободъ; при остываніи же бандажъ сжимается и совершенно плотно обхватываетъ ободъ. Обыкновенный способъ нагрѣванія бандажей, это непосредственно огнемъ на особо устроенномъ для сего горнѣ, при чемъ вслѣдствіе неравномѣрнаго нагрѣванія всѣхъ частей бандажа, металлъ

его измѣняетъ свои качества и напряженія его неодинаковы по всей окружности бандажа, вслѣдствіе чего бываютъ иногда случаи лопанья ихъ. Нагрѣваніе бандажей производятъ также горячею водою, но такъ какъ вода въ открытомъ резервуарѣ нагрѣвается только до 100° Ц. и бандажъ при большой разности діаметровъ не всегда входитъ на ободъ, то взамѣнъ воды употребляютъ иногда масло, которое можно нагрѣть до 280° Ц. Разница діаметровъ бандажа и обода при насадкѣ, или такъ называемая *натяжка* бандажа, обусловливается качествомъ матеріала, изъ котораго сдѣланъ бандажъ, и во всякомъ случаѣ не превосходитъ $^{2}/_{1000}$, такъ какъ послѣдствіемъ большой натяжки можетъ быть или изгибъ спицъ колеса, если бандажъ очень проченъ, или, наконецъ, лопанье самаго бандажа, иногда при остываніи его, а въ особенности въ холодное время.

На внутренней поверхности бандажа имѣется по всей окружности его выступъ *e*, черт. 259, опредѣляющій собою предѣлъ, до котораго бандажъ долженъ входить при насадкѣ его на ободъ, и предупреждающій сходъ его во внутрь пути отъ сильныхъ боковыхъ ударовъ. Наружная поверхность бандажа, катящаяся по рельсу, обтачивается наклонно въ $^{1}/_{20}$ до $^{1}/_{12}$ и имѣетъ выступающее закругленное ребро, называемое *ребордою* или *гребнемъ*, предупреждающимъ сходъ колеса съ пути. Высота реборды дѣлается около $1^{1}/_{4}$ дюйм. и не должна быть болѣе, ибо при послѣдующемъ срабатываніи бандажа можетъ обрѣзать болты, скрѣпляющіе рельсы. Къ тому же реборда не должна быть остра, чтобы не врѣзалась въ рельсъ и не причинила схода колеса. Коничность бандажей необходима для болѣе свободнаго прохода по кривымъ частямъ пути, такъ какъ вслѣдствіе неизмѣннаго со-

Черт. 259.



единенія колесъ одной оси они вращаются съ одинаковою скоростью, а между тѣмъ на закругленіи наружное колесо должно пройти большее разстояніе, чѣмъ внутреннее. При такомъ устройствѣ бандажей, когда ось катится по закругленію пути, то вслѣдствіе центробѣжной силы одно колесо, прижимаясь ребордою бандажа къ наружному рельсу, будетъ катиться большимъ діаметромъ въ то время, какъ по внутреннему рельсу другое колесо будетъ катиться меньшимъ діаметромъ. Слѣдовательно колесо, катящееся по наружному рельсу, дѣлая одинаковое число оборотовъ, какъ и внутреннее, проходитъ въ то же время большій путь, чѣмъ внутреннее, и облегчаетъ такимъ образомъ поворотъ оси.

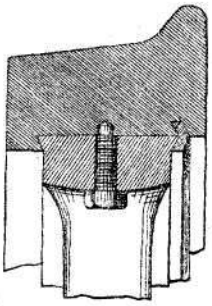
Иногда катящуюся поверхность бандажа обтачиваютъ на два конуса съ цѣлью продолжить срокъ службы бандажа до новой обточки его послѣ выбоины въ средней его части по кругу катанія, допускаемой до $^1/_4$ дюйма, но при этомъ разница діаметровъ при движеніи въ кривыхъ частяхъ пути весьма значительна и колеса сильно скользятъ; къ тому же и сама обточка такого бандажа болѣе сложна.

Укрѣпленіе бандажа на ободѣ дѣлается различными способами; но самый простой и обыкновенный это помощью болтовъ съ винтовой нарѣзкой, черт. 259, которые проходятъ чрезъ всю толщину обода съ внутренней стороны и частью углубляются въ бандажѣ. При ослабленіи бандажа болты обыкновенно срѣзываются, а при лопаніи его, они обрываются, такъ какъ не въ состояніи удержать бандажа на мѣстѣ, и послѣдній сваливается, причиняя иногда сходъ паровоза съ рельсовъ. Въ избѣжаніе подобныхъ случаевъ укрѣпляютъ бандажи другими способами.

Болѣе простой и надежный способъ укрѣпленія бандажей на колесахъ, какъ показалъ опытъ, это помощью нажимнаго кольца и выступовъ по бокамъ обода, какъ это представлено на черт. 260. Нажимное кольцо вкладываютъ

въ желобокъ бандажа, пока послѣдній не остылъ, а затѣмъ ударами кувалды закрѣпляютъ его совершенно прочно.

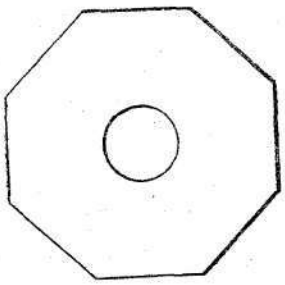
Черт. 260.



Ширина бандажа немного больше ширины обода и дѣлается обыкновенно около 5 и не больше 6 дюйм. Толщина же его по линіи катанія около $2^1/_2$ дюйм. и больше. Износъ его допускается до $^1/_4$ дюйм. Разстояніе между внутренними гранями бандажей одной оси должно быть— 4 фута $8^5/_8$ дюйм. (1440 мм.).

Что касается изготовленія бандажей, то таковые дѣлались раньше изъ кованнаго желѣза, которое вальцовали по извѣстному профилю, затѣмъ въ горячемъ состояніи отрѣзали лишніе концы, выгибали по кругу и, наконецъ, сваривали. Но бандажи эти оказались непрочны и обыкновенно лопались въ мѣстахъ сварки. Поэтому въ настоящее время изготовляютъ бандажи исключительно изъ литой стали, приготовленной по способу Бессемера, и изъ цѣльной болванки, которую предварительно проковываютъ, затѣмъ обрѣзаютъ лишній вѣсъ, придавая ей восьмигранную форму, и пробиваютъ отверстіе, какъ это показано на черт. 261. Затѣмъ отверстіе это раздаютъ помощью конической оправки подъ паровымъ молотомъ до тѣхъ поръ, пока не получится кольцо, которое разогрѣвая нѣсколько разъ въ печи и развальцовывая на соотвѣтственныхъ вальцахъ, получаетъ требуемый видъ бандажа.

Черт. 261.



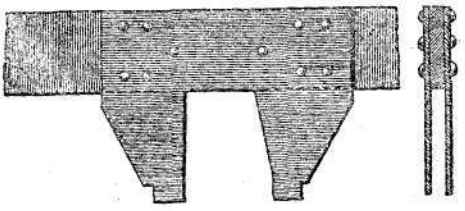
Необходимыя условія хорошаго бандажа, это однородность металла, мелкозернистое сложеніе въ изломѣ, безъ трещинъ, раковинъ и др. недостатковъ и, кромѣ того, боль-

шая твердость и въ то же время значительная тягучесть или вязкость. Первое условіе необходимо для лучшаго сопротивленія изнашиванію, второе же—для предупрежденія лопанія его отъ ударовъ на пути во время сильныхъ морозовъ. Но условія эти взаимно уравновѣшиваются, такъ какъ съ увеличеніемъ твердости матеріала, вязкость его уменьшается и наоборотъ. Съ этою цѣлью пробовали закаливать наружную поверхность бандажа, но результаты оказались неудачны, такъ какъ вслѣдствіе этого бандажи части лопались.

Букса, подшипникъ и лица.

Букса представляетъ собою металлическую коробку, обнимающую осевую шейку и передающую на нее посредствомъ подшипника тяжесть паровоза. Буксы помѣщаются въ соотвѣтственныхъ вырѣзкахъ рамы, называемыхъ направляющими или челюстями. При устройствѣ подобныхъ вырѣзовъ необходимо, чтобы продольные листы рамы, при значительной ихъ длинѣ, имѣли еще достаточную ширину; почему въ видахъ удешевленія устраивали раньше челюсти буксъ такимъ образомъ, какъ это показано на черт. 262 и 263, т. е. приклепываніемъ особыхъ направляющихъ съ обѣихъ сторонъ продольнаго листа рамы, который въ такомъ случаѣ представляетъ собою болѣе узкую желѣзную полосу.

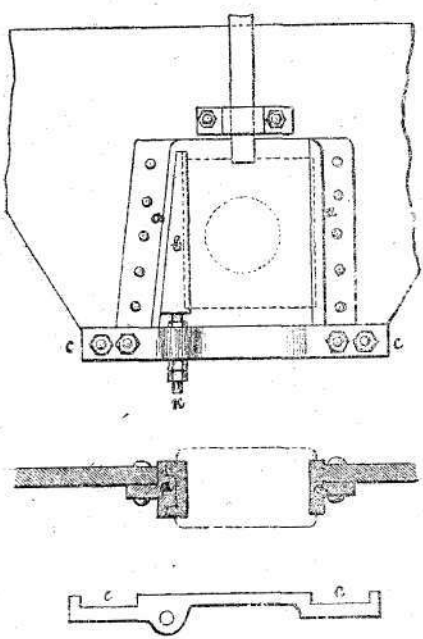
Черт. 262 и 263.



Дѣйствіе поршня паровой машины передается помощью кривошипа непосредственно на ведущую и сдвоенныя оси, прижимая ихъ вмѣстѣ съ буксами, то къ одной, то къ другой сторонѣ челюсти, почему для возможнаго ослабленія дѣй-

ствія этихъ ударовъ устраиваютъ такъ называемыя *щеки*, или *лица*, вслѣдствіе чего то же давленіе передается на большую площадь. Лица эти *а*, *а* изготовляются изъ желѣза или стали, имѣютъ въ поперечномъ сѣченіи большею частью видъ буквы Т и прикрѣпляются къ челюстямъ или болтами, или заклепками, какъ это показано на черт. 264—266. Такъ какъ кромѣ боковыхъ движеній осевыя буксы имѣютъ еще вертикальныя движенія, отъ неровностей пути и на стыкахъ рельсовъ, и всѣ эти движенія способствуютъ разработкѣ лицъ и самыхъ буксъ, вызывая съ теченіемъ времени сильные удары и даже поврежденіе ихъ, то челюсть съ прикрѣпленными къ ней лицами дѣлаютъ съ одной стороны по направленію движенія немного наклонною и вставляютъ по одному клину, *в*, который по мѣрѣ срабатыванія буксы поднимается къ верху и, прижимая буксу къ лицу, уменьшаетъ зазоръ между ними. Концы каждой челюсти соединяются между собою неизмѣнно помощью планки *сс*, называемой *распоркою* или *лапою*, черт. 266, сквозь которую проходитъ стержень *к* клина, имѣющій винтовую нарѣзку и гайки, служащія для поднятія и опусканія его на требуемую высоту и закрѣпленія его на мѣстѣ.

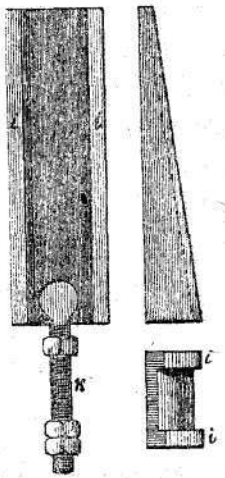
Черт. 264—266.



Клинъ по ширинѣ равенъ лицу и имѣетъ одну сторону скошенную на столько, на сколько косо стоитъ лицо. Черт. 267 и 268. Для направленія клина и предупрежденія боко-

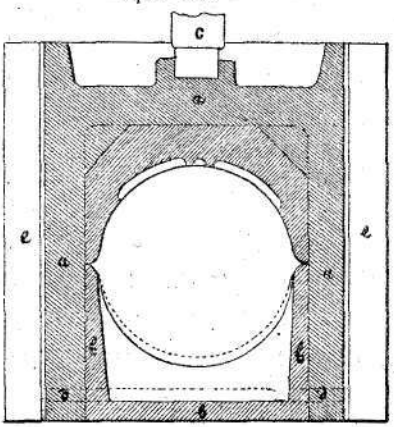
вого движенія его, на скошенной его сторонѣ, которою онъ прилегаетъ къ лицу, находятся выступающія ребра *ii*, входящія при постановкѣ клина въ соотвѣтственныя впадины въ лицѣ. Клинья у всѣхъ буксъ расположены съ одной стороны и поднятіе ихъ съ каждой стороны паровоза слѣдуетъ производить на одну и ту же величину, чтобы не измѣнить разстоянія между центрами осей. Закрѣпленіе клиньевъ вообще не должно быть очень туго, такъ какъ иначе буксы не будутъ имѣть движенія вверхъ и внизъ и тѣмъ уничтожится цѣль употребленія рессоръ.

Черт. 267 и 268.

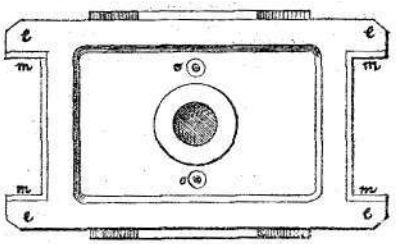


Паровозная букса состоитъ изъ двухъ частей: верхней, изготовляемой изъ кованнаго желѣза или стали, и нижней—смазочной коробки—преимущественно чугунной. Верхняя часть буксы *ааа* обнимаетъ подшипникъ и продолжается внизъ до соединенія со смазочною коробкою, имѣя такимъ образомъ форму П, какъ это показано на черт. 269 и 270. Вверху буксы имѣется

Черт. 269.



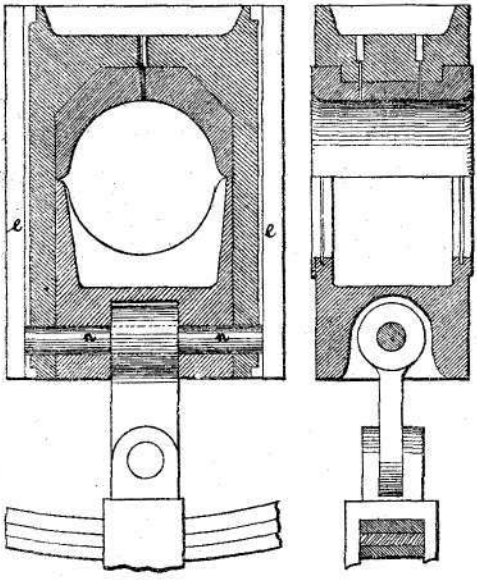
Черт. 270.



углубленіе для помѣщенія тамъ смазки, откуда послѣяя приводится къ шейкѣ оси

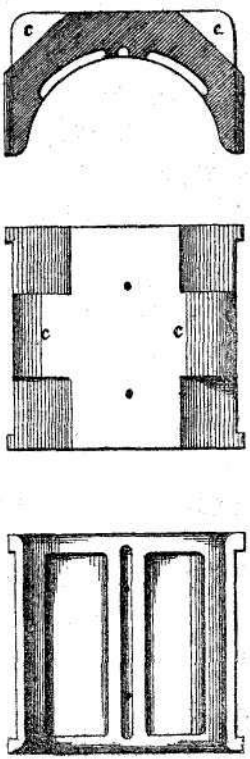
фитилемъ по мѣднымъ трубкамъ *о*, *о*, вставленнымъ въ отверстія буксы. Смазочная коробка *ввв* вставляется въ буксу снизу и скрѣпляется съ нею двумя желѣзными шпильками *д*, *д*. Нижняя коробка служитъ для предохраненія осевой шейки отъ пыли, для собиранія масла, стекающаго по шейкѣ внизъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ для смазыванія шейки снизу. Если рессоры располагаются надъ рамою, то для опоры стержней ихъ *с* вверху буксы имѣются соотвѣтственныя углубленія. При устройствѣ же рессоръ внизу рамы удлиняютъ самую буксу вмѣстѣ съ направляющими лицами и соединяютъ буксу съ смазочною коробкою помощью особаго прочнаго валка *пп*, къ которому подвѣшиваютъ рессорную серьгу, какъ это представлено на черт. 271 и 272. Углубленіе въ верхней части буксы для рессорнаго стержня должно быть по срединѣ, чтобы давленіе на боковыя стѣнки распредѣлялось равномѣрно и таковыя одинаково работали. Такъ какъ эта часть буксы современемъ вырабатывается, то толщину ея въ этомъ мѣстѣ дѣлаютъ значительнѣе. Для предупрежденія бокового движенія буксы, имѣются съ боковъ ея ребра *ее*, которыми она обнимаетъ лица; для облегченія же вертикальнаго движенія, а равно для сохраненія самой буксы, плоскости соприкасанія ея съ лицами имѣютъ мѣдные *наличники тт*, прикрѣпляемые шурупами, которые при срабатываніи замѣняются новыми.

Черт. 271 и 272.



Паровозный подшипникъ дѣлается исключительно мѣдный, латунный или бронзовый и заливается внутри бабитомъ: форма его видна на черт. 273—275. Снаружи подшипникъ ограниченъ плоскостями съ тою цѣлью, чтобы не вращался въ буксѣ, къ которой онъ плотно прижатъ, а для того, чтобы онъ не имѣлъ продольнаго движенія, устраиваютъ на поверхности его выступы *cc*, а въ буксѣ соотвѣтственныя углубленія. Внутренняя поверхность подшипниковъ должна плотно прилегать къ осевой шейкѣ и только нижніе края его отстаютъ немного, чтобы не снимать съ оси смазки. Для предупрежденія срабатыванія буксы отъ тренія, съ одной стороны о ступицу, а съ другой—о заплечикъ оси, дѣлаютъ подшипникъ на столько длиннымъ, чтобы онъ выступалъ съ обѣихъ сторонъ буксы на $^3/_8$ или $^1/_2$ дюйм.

Черт. 273—275.



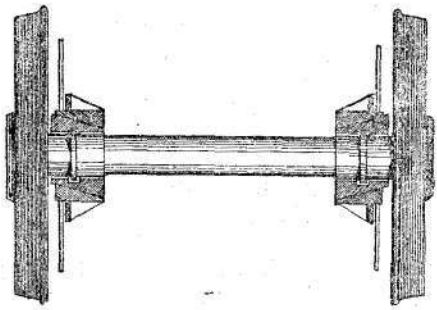
Уменьшеніе тренія оси въ подшипникѣ достигается заливкою послѣдняго особымъ сплавомъ, называемымъ *бабитомъ*, состоящемъ изъ 75 ч. олова, 10 ч. мѣди и 15 ч. антимонія (3-хъ сѣрнистой сюрьмы). Для этого на внутренней поверхности подшипника имѣются углубленія, черт. 275, при чемъ края и средина его надлежащей высоты; эти углубленія предварительно вылуживаютъ, а затѣмъ заливаютъ бабитомъ. Бабитъ, употребляемый для этой цѣли, не долженъ быть слишкомъ мягокъ, иначе онъ выдавливается и закрываетъ собою смазочныя отверстія и канавки. Равнымъ образомъ не долженъ быть очень твердъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ будетъ истираться шейка оси, а не подшипникъ. При

нагрѣваніи оси и расплавленіи бабита, подшипникъ удерживается на оси своею срединою и выступающими краями.

Для облегченія прохода паровоза въ кривыхъ частяхъ пути малаго радіуса, въ тѣхъ случаяхъ, когда разстояніе между крайними осями паровоза значительно, устраиваютъ одну изъ осей его такимъ образомъ, дабы она могла имѣть боковое движеніе (поперекъ пути). Самый простой способъ бокового передвиженія оси состоитъ въ томъ, что или осевыя шейки имѣютъ игру въ буксахъ, или же осевыя буксы—въ челюстяхъ паровозной рамы. Такое передвиженіе сообщается обыкновенно поддерживающей оси и при отсутствіи ея—одной изъ сдвоенныхъ осей, но ни въ какомъ случаѣ ведущей оси, такъ какъ для движущаго механизма паровоза необходимо вполнѣ неизмѣнное положеніе ведущей оси. Впрочемъ, для болѣе свободнаго прохода въ кривыхъ, пользуются иногда и ведущею осью, стачивая ея гребни болѣе другихъ или же оставляя ее совершенно безъ гребней, если ведущая ось располагается между двумя другими осями.

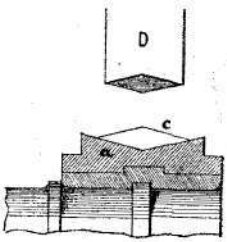
Кромѣ того имѣются еще спеціальныя приспособленія для бокового передвиженія осей паровоза; изъ нихъ мы разсмотримъ одно (сист. Адамса), представленное на черт. 276 въ горизонтальномъ разрѣзѣ. Направляющія лица и самыя буксы имѣютъ косыя грани, расположенныя такимъ образомъ, что при малѣйшемъ боковомъ передвиженіи оси, въ кривой части пути, положеніе послѣдней изъ перпендикулярнаго къ оси паровоза дѣлается наклоннымъ. Имѣющіяся на срединѣ осевыхъ шеекъ выступающія кольца служатъ для постояннаго неизмѣннаго соединенія ихъ съ подшипниками

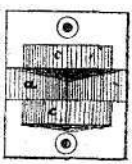
Черт. 276.



и буксами при передвиженіи оси въ ту или другую сторону. Сверху буксы располагаются наклонныя плоскости, представленныя на черт. 277 въ разрѣзѣ и на черт. 278 въ планѣ, на которыя и передается грузъ паровоза помощью стержня D съ соотвѣтственнымъ очертаніемъ его нижняго конца. При передвиженіи оси, напримѣръ влѣво, скольженіе стержня D происходитъ вправо по наклоннымъ плоскостямъ *a* и *c*, *c*, при чемъ стержень поднимается и этимъ увеличиваетъ на ось нагрузку, которая впослѣдствіи, по миновaніи кривой пути, заставляетъ ось снова занять первоначальное среднее положеніе.

Черт. 277 и 278.



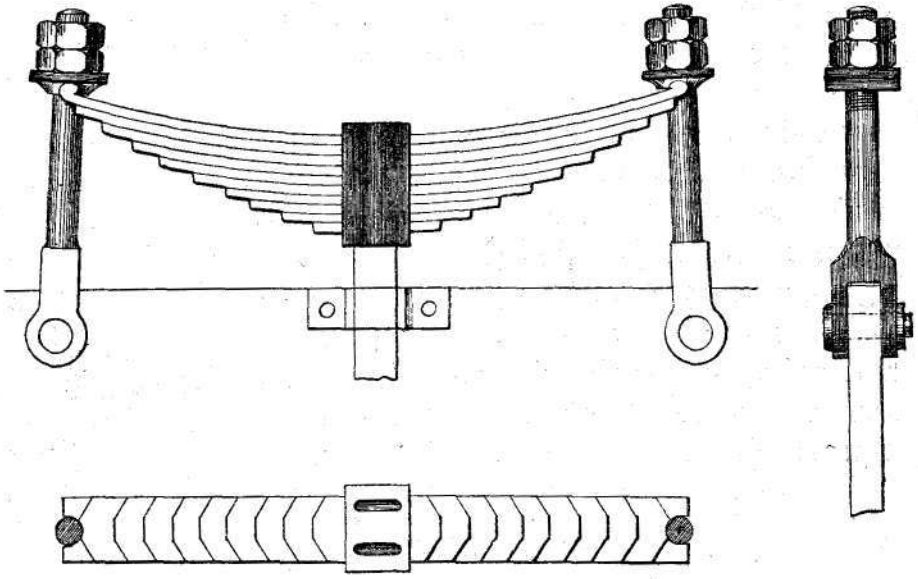


Рессоры и балансиры.

Рессоры дѣлаютъ изъ стальныхъ листовъ, толщиною 1/2 или 3/8 дюйм. и шириною отъ 3 до 4 дюйм. Число и длина отдѣльныхъ листовъ, составляющихъ рессору, бываютъ различны; они должны какъ можно лучше прилегать одинъ къ другому и скрѣпляются по срединѣ желѣзнымъ хомутомъ, надѣваемымъ въ горячемъ состояніи. Длина рессоръ бываетъ около 3 до 4 футъ; полезно дѣлать ихъ возможно длиннѣе, такъ какъ гибкость ихъ въ такомъ случаѣ больше, а слѣдовательно и вредныя сотрясенія паровоза меньше. Рама съ котломъ подвѣшивается къ рессорамъ помощью рессорныхъ подвѣсокъ, черт. 279—281, имѣющихъ съ одного конца вилку, соединяющуюся съ рамою болтомъ, другой же конецъ ихъ входитъ въ отверстіе или вырѣзъ рессоры, сверхъ которой надѣвается шайба съ выпуклостями, соотвѣтствующими окончанію верхняго листа рессоры, и завинчиваются

гайки. Рессора упирается въ буксу помощью особаго стержня, который однимъ концомъ входитъ въ углубленіе рессорнаго

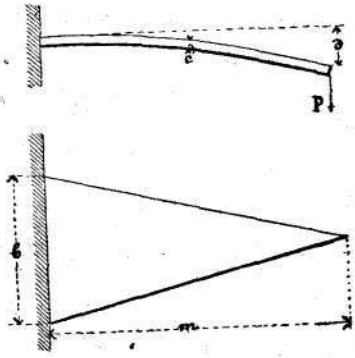
Черт. 279—281.



хомута, а другимъ въ углубленіе буксы. Для направленія этихъ стержней прикрѣпляются къ рамѣ особыя скобы, обхватывающія ихъ.

Предположимъ, что стальной листъ треугольной формы

Черт. 282 и 283.

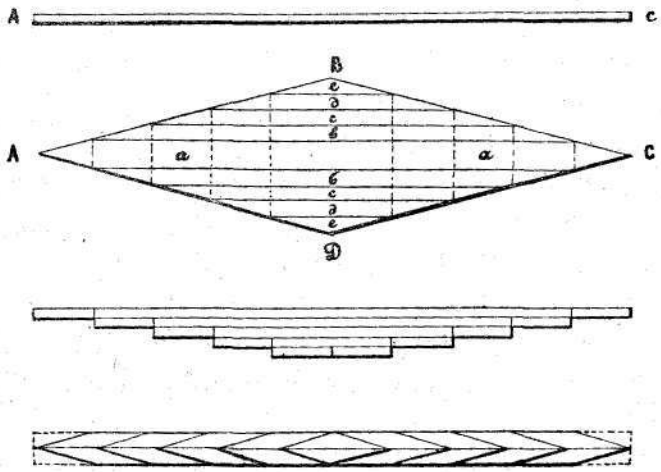


и одинаковой во всѣхъ частяхъ толщины c, закрѣпленъ основаніемъ своимъ въ стѣну, а къ вершинѣ его привѣшенъ грузъ P, черт. 282 и 283; тогда листъ этотъ изгибается по кривой, а величина стрѣлы прогиба его δ зависитъ отъ толщины листа c, ширины основанія b, длины m и еще отъ матеріала, изъ котораго сдѣланъ самый листъ. Стрѣ-

ла прогиба $д$ увеличивается съ увеличеніемъ груза P и уменьшается съ увеличеніемъ ширины $в$. Если нужно сдѣлать листъ прочнѣе, напр. чтобы онъ выдержалъ грузъ въ два раза большій чѣмъ P, то лучше всего уширить вдвое листъ, т. е. величину $в$, оставивъ ту же толщину $с$ и длину m, при чемъ стрѣла прогиба остается та же $д$. Если же измѣнить длину листа m на половину, то стрѣла прогиба при томъ же грузѣ P уменьшится въ 4 раза, такъ какъ стрѣла прогиба увеличивается или уменьшается пропорціонально квадрату увеличенія или уменьшенія длины листа. Чтобы при половинѣ первоначальной длины, т. е. при $m/2$, получить ту же самую стрѣлу прогиба $д$, необходимо подвѣсить грузъ въ 4 раза большій, т. е. 4 P. Тотъ же результатъ получается утолщеніемъ листа, а именно, увеличивъ его толщину до $2\,с$, прочность листа будетъ въ 4 раза больше, но за то стрѣла прогиба уменьшится до $^1/_4\,д$.

Представленный на черт. 284 и 285 стальной листъ

Черт. 284—287.



ABCD вполнѣ удовлетворялъ бы назначенію рессоры, если бы значительная ширина не мѣшала постановкѣ его на

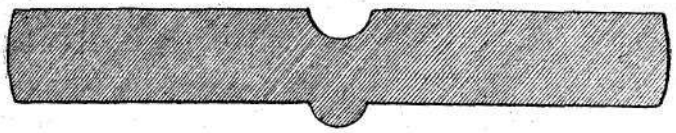
паровозѣ; неудобство это устраняется раздѣленіемъ его на пояса *вв*, *сс*, *дд*, *ее*, половинной ширины сравнительно съ среднимъ поясомъ *аа*, которые соединяютъ попарно, а затѣмъ укладываютъ въ послѣдовательномъ порядкѣ одинъ на другомъ, образуя такимъ образомъ обыкновенно употребляемую рессору; черт. 286 и 287. Гибкость и прочность такой рессоры почти тѣ же, какъ и неразрѣзаннаго листа. Это теоретическое указаніе образованія рессоры исполняютъ на практикѣ не складываніемъ каждаго листа изъ двухъ отдѣльныхъ поясовъ, а изъ одного листа требуемой ширины. Для удобнѣйшаго прикрѣпленія подвѣсокъ концы верхняго листа обрѣзаютъ обыкновенно подъ прямымъ угломъ, какъ это показано пунктиромъ.

Такъ какъ рессора при дѣйствіи на нее груза выгибается по кругу, то хорошо придавать листамъ ея при сборкѣ нѣсколько выгнутую форму, дабы впослѣдствіи при нажатіи ея она выпрямлялась. Впрочемъ, не слѣдуетъ выгибать ихъ слишкомъ много, такъ какъ вслѣдствіе этого вызываются особыя усилія, изламывающія рессору. Встрѣчаются также въ послѣднее время и совершенно прямыя рессоры.

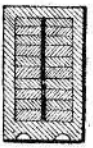
Съ увеличеніемъ длины рессоры вдвое, стрѣла прогиба ея увеличивается пропорціонально квадрату увеличенія т. е. въ 4 раза. Уменьшеніе же прогиба достигается или увеличеніемъ числа рессорныхъ листовъ, или же уширеніемъ ихъ. Увеличивая для прочности рессоры ширину образующихъ ее листовъ, возможно уменьшить въ томъ же отношеніи число ихъ. Употребленіе иногда болѣе толстаго верхняго листа рессоры—нераціонально, такъ какъ чѣмъ толще листъ, тѣмъ онъ прочнѣе, но за то гибкость его значительно меньше противъ другихъ листовъ и, не будучи въ состояніи изгибаться на ту же величину, какъ ниже его лежащіе листы, онъ скорѣе ломается.

Изъ представленнаго на черт. 288 самаго обыкновеннаго поперечнаго сѣченія рессорнаго листа видно, что въ немъ имѣется по длинѣ его съ одной стороны углубленіе

Черт. 288.



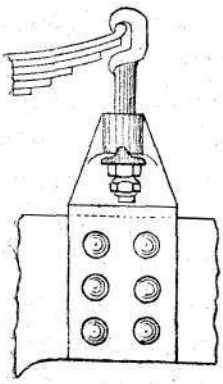
Черт. 289.



(каналъ), а съ другой—соотвѣтственное возвышеніе, которыя при складываніи листовъ, входя одно въ другое, препятствуютъ боковому передвиженію отдѣльныхъ листовъ рессоры. Для предупрежденія же продольнаго движенія рессорныхъ листовъ, скрѣпляютъ ихъ иногда (кромѣ скобы) тонкою сквозною заклепкою или стержнемъ (около $^3/_8''$ толщ.), проходящимъ чрезъ средину ихъ, какъ это видно на черт. 289, или же прострагиваютъ всѣ рессорные листы съ одного бока по срединѣ на $^1/_8''$, чтобы рессорная скоба нѣсколько углублялась одною стороною, при чемъ съ другой стороны ея закладываютъ соотвѣтственной толщины желѣзную прокладку.

Соединеніе рессоръ съ подвѣсками бываетъ весьма различно, между прочимъ употребляютъ также подвѣски, оканчивающіяся крюкомъ, какъ это представлено на черт. 290. Въ такомъ случаѣ для натяженія рессоры имѣются гайки на другомъ концѣ подвѣски. Иногда же этихъ гаекъ не бываетъ, а соединеніе съ рамою дѣлается просто болтомъ.

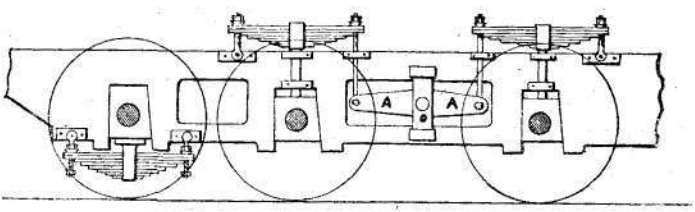
Черт. 290.



Для возможно покойнаго движенія паровоза необходимо, чтобы вся тяжесть его распредѣлялась только на три точки опоры; условіе это выполняется употреб-

леніемъ такъ называемаго *балансира*. Если надъ каждою буксою будетъ находиться рессора, соединенная отдѣльно съ рамою, то очевидно паровозъ будетъ имѣть столько опоръ, сколько буксъ и потому трехосный паровозъ будетъ лежать на шести точкахъ. Всякій ударъ колеса о рельсы передается посредствомъ оси и буксы на рессору, которая должна быть очень прочна, чтобы выдержать наибольшее сотрясеніе. Къ тому же на неровностяхъ пути или во время особыхъ колебаній паровоза, нѣкоторыя рессоры освобождаются отъ части нагрузки на нихъ, другія же за то еще больше нагружаются. При соединеніи же подвѣсокъ двухъ смежныхъ рессоръ помощью балансира АА, вращающагося на болтѣ *о*, черт. 291, каждый ударъ колеса, нажимая свою рессору, дѣйствуетъ одновременно на балансиръ и часть этого удара передается смежной рессорѣ.

Черт. 291.

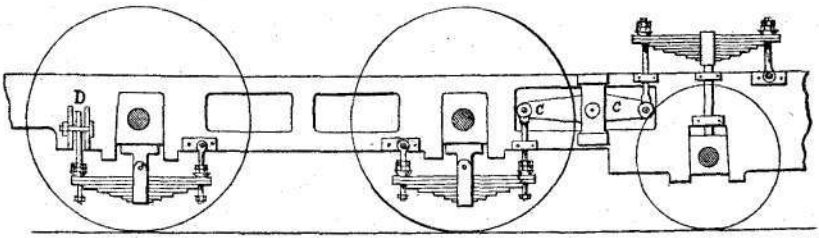


Точно также если почему либо напряженіе одной рессоры уменьшается, то помощью балансира смежная рессора передаетъ тотчасъ на нее часть груза своей нагрузки. Употребленіемъ балансировъ достигается болѣе равномѣрное распредѣленіе какъ самаго груза паровоза на осяхъ, такъ равно и всѣхъ ударовъ и толчковъ пути, почему рессоры могутъ быть слабѣе и болѣе гибкія.

На черт. 292 представлено соединеніе балансиромъ СС двухъ рессоръ, изъ которыхъ одна передняя расположена надъ поддерживающею осью, а другая средняя—внизу оси. Кромѣ того обѣ заднія оси паровоза соединены между собою

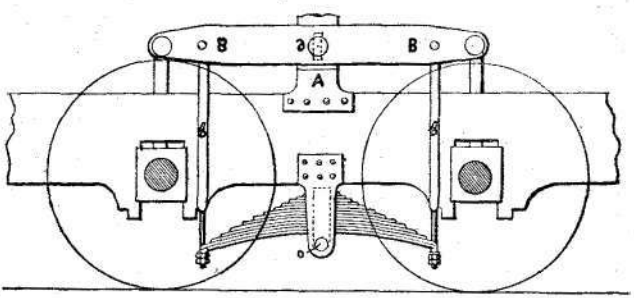
(задними концами) поперечнымъ балансиромъ D, представленнымъ въ поперечномъ разрѣзѣ.

Черт. 292.



Вмѣсто двухъ рессоръ, соединенныхъ между собою однимъ балансиромъ, употребляютъ иногда два балансира, по одному надъ каждою буксою, или одинъ общій балансиръ BB, какъ это представлено на черт. 293; идущія отъ него смеж-

Черт. 293.

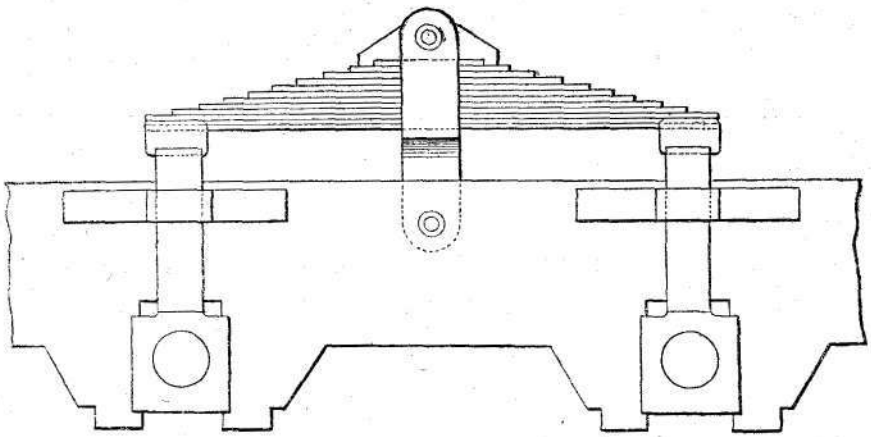


ныя подвѣски *вв* соединяются внизу съ одной рессорой, которая можетъ вращаться на болтѣ *о*. Стойка A служитъ для направленія балансира, при чемъ для свободнаге перемѣщенія послѣдняго вверхъ и внизъ имѣется въ стойкѣ прорѣзъ, показанный пунктиромъ, въ которомъ движется болтъ *д* съ камнемъ.

Для избѣжанія устройства балансира въ послѣднемъ случаѣ, употребляютъ иногда одну болѣе длинную рессору, располагаемую такимъ образомъ, дабы концы ея упирались непосредственно на стержни надъ буксами, а среднею частью

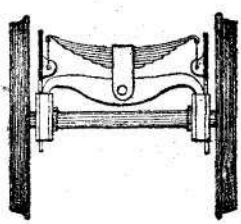
соединялась болтомъ съ рамою паровоза, какъ это представлено на черт. 294. Во всякомъ случаѣ примѣненіе одной рессоры для двухъ буксъ невыгодно въ томъ отношеніи, что она должна быть вдвое прочнѣе и слѣдовательно менѣе гибка, нежели двѣ отдѣльныя рессоры.

Черт. 294.



Иногда уравновѣшиваютъ напряженіе двухъ рессоръ одной и той же оси, употребляя для этого поперечный балансиръ, расположенный подъ котломъ такимъ образомъ, что концами своими онъ упирается въ обѣ боковыя рессоры, а помощью особыхъ стержней давитъ на осевыя буксы. Или же располагаютъ одну рессору поперекъ при одновременномъ устройствѣ балансира, упирающагося концами на осевыя буксы и соединяющагося по срединѣ съ рессорою помощью болта, какъ это показано на черт. 295.

Чер. 295.

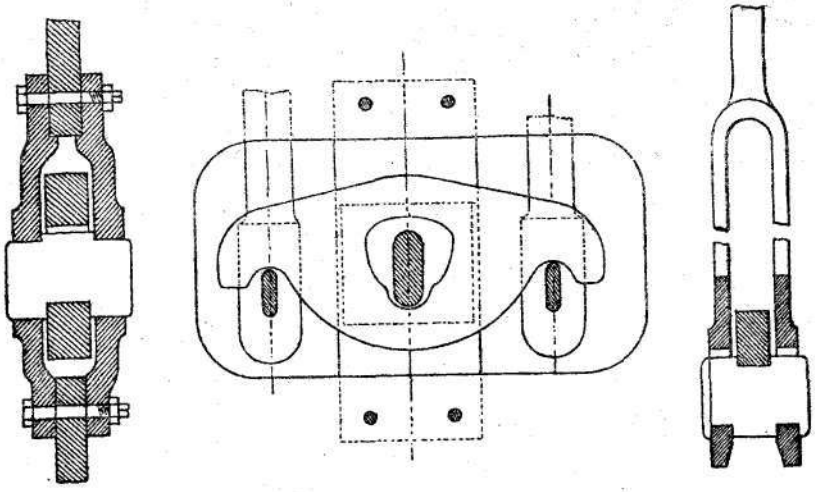


Имѣется много способовъ устройства балансировъ, что зависитъ отъ конструкціи паровоза, размѣра и расположенія его колесъ. Главное условіе правильнаго дѣйствія балансира состоитъ въ томъ, чтобы точка вращенія его и

точки прикрѣпленія подвѣсокъ находились на одной прямой линіи, такъ какъ въ этомъ случаѣ, при вращеніи, плечи его остаются въ одинаковомъ отношеніи и распредѣленіе груза на обѣ рессоры не мѣняется. Если рессоры, соединенныя балансиромъ, должны выдерживать неодинаковую нагрузку, то для сохраненія равновѣсія необходимо, чтобы плечи балансира были также неравной длины, а именно: плечо, болѣе нагруженное, должно быть короче другого плеча, менѣе нагруженнаго, на столько, чтобы произведенія изъ силъ (нагрузки) на плечи были равны между собою.

Взамѣнъ болтовъ, около которыхъ вращаются балансиры, а равно соединяющихъ рессорныя подвѣски съ балансиромъ или рамою, употребляются чеки, устройство которыхъ представлено на черт. 296—298. Преимущество упо-

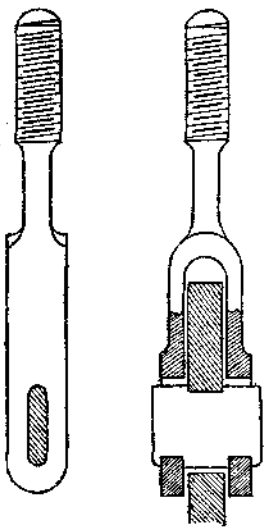
Черт. 296—298.



требленія чекъ заключается въ томъ, что радіусъ закругленія цилиндрической поверхности чеки, по которой происходитъ соприкосновеніе ея съ балансиромъ или рамою, значительно меньше радіуса закругленія вырѣза въ балансирѣ или рамѣ, поэтому при колебаніяхъ балансира малый цилиндръ чеки

катится извнутри по большему цилиндру вырѣза и такимъ образомъ скользящее треніе замѣняется катящимся треніемъ.

Черт. 299 и 300.



Только при рѣдкихъ особенно большихъ отклоненіяхъ балансира замѣчается скользящее треніе. Вслѣдствіе этого износъ чеки сравнительно съ болтомъ весьма незначителенъ. Вырѣзы, имѣющіеся въ чекахъ, служатъ для удержанія на опредѣленномъ мѣстѣ какъ самихъ чекъ, такъ балансировъ и рессорныхъ подвѣсокъ.

На черт. 299 и 300 представлено соединеніе рессорной подвѣски съ рамою паровоза. Для возможности свободнаго поворота чеки въ вырѣзѣ рамы, при выпрямленіи рессоры, этотъ вырѣзъ дѣлается внизу нѣсколько шире, какъ это показано пунктиромъ.

Паровая машина.

Каждая паровая машина состоитъ изъ цилиндра съ золотниковою коробкою, чрезъ которую поступаетъ въ цилиндръ паръ, и поршня, на который паръ дѣйствуетъ то съ одной стороны, то съ другой, почему поршень получаетъ движеніе то въ одну, то въ другую сторону. Для передачи движенія поршня колесамъ, къ поршню прикрѣпленъ стержень, а къ стержню посредствомъ крейцкопфа—шатунъ, который другимъ своимъ концомъ надѣтъ на цапфу кривошипа колеса; такимъ образомъ движеніе поршня передается посредствомъ шатуна кривошипу и сообщаетъ оси вращательное движеніе. Впускъ пара въ цилиндръ то съ одной стороны, то съ другой, производится посредствомъ золотника, получающаго движеніе отъ эксцентриковъ. Для измѣненія величины впуска пара, а равно для измѣненія хода паровой машины употребляется кулиса.

Цилиндръ и поршень.

Въ каждомъ паровозѣ имѣются обыкновенно двѣ паровыя машины совершенно одинаковаго размѣра, кривошипы которыхъ располагаются подъ прямымъ угломъ одинъ къ другому. Такое устройство необходимо для перехода мертвыхъ точекъ и для болѣе равномѣрнаго движенія паровоза. Большею частью оба паровые цилиндры располагаютъ горизонтально въ передней части паровозной рамы, снаружи ея (паровозъ съ наружными цилиндрами), или же внутри рамы, подъ дымовою коробкою (паровозъ съ внутренними цилиндрами). Встрѣчается также расположеніе паровыхъ ци-

линдровъ ближе къ средней части паровоза и нѣсколько наклонное, а равно примѣненіе двухъ и болѣе цилиндровъ различныхъ діаметровъ. Въ паровозахъ съ наружными цилиндрами, послѣдніе располагаютъ большею частью горизонтально и только въ пассажирскихъ паровозахъ, когда передняя поддерживающая ось замѣнена вращающеюся тележкою, оси цилиндровъ имѣютъ наклонное положеніе. Внутренніе цилиндры располагаютъ также наклонно въ тѣхъ случаяхъ, когда всѣ оси паровоза сдвоены и слѣдовательно необходимо избѣжать совпаденія поршневыхъ стержней съ переднею осью.

Преимущества паровоза съ внутренними цилиндрами заключаются:

1) въ болѣе покойномъ ходѣ его при большой скорости движенія и

2) въ удобнѣйшемъ распредѣленіи его груза на осяхъ.

Недостатки же такой конструкціи состоятъ:

1) въ большей стоимости колѣнчатыхъ осей паровоза,

2) въ большей недоступности цилиндровъ и золотниковыхъ коробокъ и

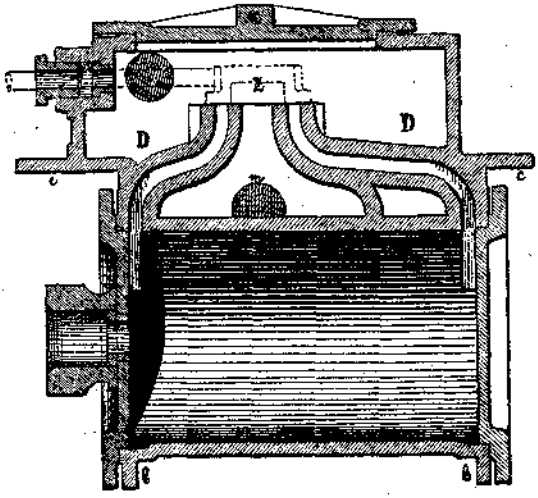
3) въ болѣе высокомъ положеніи котла.

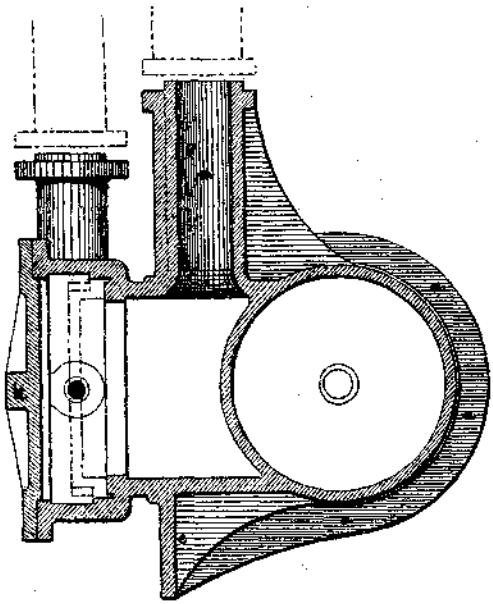
На черт. 301 представленъ продольный разрѣзъ парового цилиндра и золотниковой коробки, а на черт. 302— вертикальный поперечный разрѣзъ.

Паровой цилиндръ отливается изъ чугуна, твердаго и плотнаго сложенія, обладающаго въ извѣстной степени эластичностью; длина его около 2 или 2½ фут., а діаметръ около 1½ фут. или болѣе; толщина стѣнокъ цилиндра дѣлается около 1 дюйма. Внутри поверхность цилиндра растачивается какъ можно ровнѣе и глаже для болѣе свободнаго движенія въ немъ поршня. По концамъ своимъ цилиндръ имѣетъ нѣсколько увеличенный діаметръ или такъ называемую расточку, служащую для болѣе удобной постановки поршня на мѣсто,

при чемъ переходъ отъ большаго діаметра къ меньшему не долженъ быть уступомъ, а постепенный. Расточка эта нужна также и въ томъ случаѣ, когда внутренняя поверхность цилиндра сработается неправильно и его необходимо снова расточить по прежней оси. Снаружи цилиндра имѣются ребра или утолщенія *ааа*, служащія какъ для большей прочности его, такъ равно и для прикрѣпленія обшивки, предохраняющей цилиндръ отъ охлажденія. Особые фланцы *сс* служатъ для прикрѣпленія его къ рамѣ паровоза. По концамъ цилиндра имѣются также фланцы *вв* — для прикрѣпленія къ нему крышекъ помощью болтовъ или шпилекъ.

Черт. 301—302.





Золотниковая коробка DD отливается большею частью какъ одно цѣлое съ цилиндромъ и служитъ для распредѣленія паровъ въ цилиндрѣ помощью

золотника. Въ стѣнкѣ, отдѣляющей ее отъ цилиндра, имѣются три канала, два для проведенія пара въ разныя стороны цилиндра и одинъ средній—для выпуска отработаннаго пара изъ цилиндра чрезъ особую трубу *m* наружу. Мѣсто, гдѣ имѣются паровыя окна и по которому движется золотникъ z, называется золотниковымъ столомъ или зеркаломъ и всегда немного выступаетъ, чтобы въ случаѣ неправильнаго изнашиванія его не спиливать всей стѣнки золотниковой коробки, а только то мѣсто, по которому движется золотникъ. Со стороны противоположной цилиндру золотниковая коробка открыта, что необходимо для постановки золотника на мѣсто и провѣрки его движенія. Съ этой стороны она закрывается чугунною или желѣзною крышкою *к*. Стѣнка золотниковой коробки, чрезъ которую проходитъ золотниковый стержень, снабжена особымъ сальникомъ.

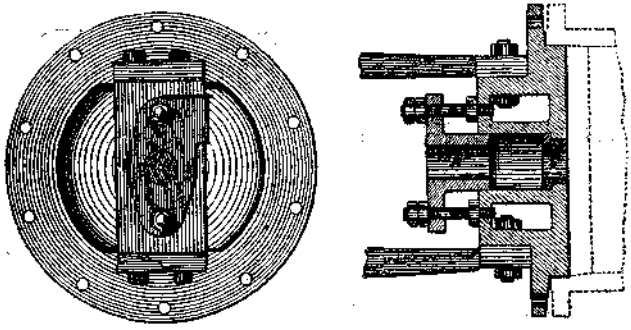
Положеніе золотниковой коробки обусловливается положеніемъ цилиндра и парораспредѣлительнаго механизма. Если паровой цилиндръ располагается снаружи и парораспредѣлительный механизмъ находится внутри рамы, то и золотниковая коробка, пройдя черезъ соотвѣтственный вырѣзъ продольнаго листа рамы, находится внутри ея, какъ это представлено на черт. 302; при этомъ золотниковый столъ имѣетъ вертикальное положеніе. Если же при томъ же расположеніи цилиндра парораспредѣлительный механизмъ находится снаружи рамы, то и золотниковая коробка располагается надъ цилиндромъ, при чемъ золотниковый столъ имѣетъ нѣсколько наклонное положеніе.

Соединеніе цилиндра съ рамою должно быть на столько прочно, чтобы онъ не имѣлъ никакого движенія относительно рамы. Это достигается помощью приточенныхъ болтовъ, забиваемыхъ крѣпко въ соотвѣтственныя отверстія рамы и фланцевъ цилиндра и завинчиваемыхъ гайками. Оба цилиндра располагаются такимъ образомъ, чтобы они были: 1) парал-

лельны между собою, 2) въ равномъ разстояніи отъ оси паровоза и 3) чтобы оси ихъ проходили чрезъ линію, соединяющую центра ведущихъ колесъ. Для выпуска изъ цилиндра и золотниковой коробки воды, образующейся отъ охлажденія пара въ началѣ его дѣйствія, устанавливаютъ въ нижнихъ частяхъ ихъ такъ называемые продувательные краны. Для смазки же трущихся поверхностей золотника и поршня имѣются маслянки.

Цилиндровыя крышки, представленныя на черт. 303 (видъ спереди) и 304 (въ разрѣзѣ), отливаютъ изъ чугуна

Черт. 303 и 304.

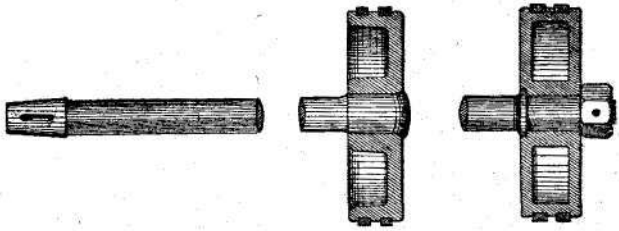


съ выступающею среднею частью, которая входитъ во внутрь цилиндра, такъ какъ поршень движется только между паровыми окнами и вредное пространство между крышкою и поршнемъ, т. е. разстояніе между ними, не должно быть велико, обыкновенно около $^3/_8$ дюйма. На цилиндровой крышкѣ полезно дѣлать круговую заточку съ тою цѣлью, чтобы въ случаѣ если поршень встрѣтитъ какое либо препятствіе для своего хода, то скорѣе всего сломалась бы крышка и тѣмъ сохранила бы въ цѣлости самый цилиндръ. Задняя крышка, а иногда и передняя, имѣютъ особый приливъ съ отверстіемъ для прохода поршневого штока и устройства сальника, состоящаго изъ двухъ частей: наружной А—собственно сальника и внутренней *в*, малой крон-

буксы, между которыми, послѣ постановки поршня со штокомъ на мѣстѣ, помѣщается пеньковая или тальковая набивка. Нажатіе набивки происходитъ подвинчиваніемъ гаекъ на шпилькахъ *a, a*. Для смазки штока имѣется въ сальникѣ маслянка *e*. При употребленіи тальковой набивки для сальниковъ кладутъ по концамъ или еще въ промежуткахъ пеньковыя кольца.

Поршень изготовляется изъ стали или изъ кованнаго желѣза, черт. 305; но встрѣчаются также и чугунные пустотѣлые поршни, черт. 306; толщина его около 5 дюйм.

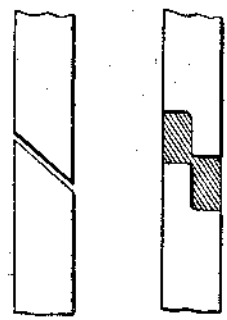
Черт. 305 и 306.



Для облегченія вѣса поршня онъ штампуется большею частью изъ стали и въ этомъ случаѣ одна изъ цилиндровыхъ крышекъ отливается съ кольцевымъ выступомъ, соотвѣтствующимъ такой же впадинѣ поршня. Обыкновенно задняя цилиндровая крышка дѣлается фасонною, такъ какъ она рѣже всего отнимается. Впрочемъ, во избѣжаніе такихъ тяжелыхъ крышекъ, кольцевую впадину поршня закрываютъ плотно кольцомъ изъ $^3/_8''$ котельнаго желѣза и въ такомъ случаѣ поршень имѣетъ видъ пустотѣлаго. Діаметръ поршня дѣлаютъ немного меньше діаметра цилиндра, чтобы онъ своимъ тѣломъ не работалъ непосредственно по цилиндру; для того же, чтобы между поршнемъ и цилиндромъ не проходилъ паръ, вытачиваютъ на поршнѣ двѣ или три круговыя канавки, въ которыя вставляютъ упругія кольца, преимущественно чугунныя. Для изготовленія колецъ отливаютъ

предварительно барабанъ изъ мягкаго, плотнаго чугуна, діаметромъ нѣсколько больше (на 1/2 дюйма) діаметра цилиндра и длиною около 1 1/2—2 футъ, который послѣ обточки разрѣзаютъ на токарномъ станкѣ на отдѣльныя кольца, шириною равною ширинѣ канавки поршня (около 1 1/4 дюйма). Затѣмъ эти кольца разрѣзаютъ въ одномъ мѣстѣ или на искосокъ, черт. 307, или какъ представлено на черт. 308 (заштрихованная часть) и опиливаютъ концы ихъ настолько, чтобы по сведеніи ихъ діаметръ кольца былъ нѣсколько больше діаметра цилиндра. Такъ какъ при этомъ кольцо немного овально, то его спаиваютъ и обтачиваютъ на станкѣ вновь снаружи и внутри настолько, чтобы наружный діаметръ кольца соотвѣтствовалъ вполнѣ діаметру цилиндра, а внутренній діаметръ кольца діаметру канавки поршня. Послѣ чего концы распаиваютъ, надѣваютъ кольца на поршень и вставляютъ послѣдній въ цилиндръ. При постановкѣ необходимо наблюдать, чтобы стыки колецъ были въ разныхъ мѣстахъ и, кромѣ того, въ верхней части цилиндра. Вслѣдствіе постояннаго нажатія поршня на нижнюю часть кольца, послѣдняя скорѣе истирается, почему иногда это мѣсто кольца дѣлается немного толще. Чтобы кольцо не вращалось на поршнѣ, вставляютъ иногда небольшія шпильки въ канавкахъ, въ мѣстахъ стыка колецъ.

Черт. 307 и 308.



Штокъ поршня дѣлается исключительно изъ стали, толщиною до 3 дюйм.; его или ввинчиваютъ въ поршень, или вставляютъ въ него слабымъ конусомъ на притирку и закрѣпляютъ гайкою; иногда же надѣваютъ поршень на штокъ въ горячемъ состояніи или гидравлическимъ давленіемъ и затѣмъ конецъ штока расклепываютъ; при этомъ необходимо, чтобы отверстіе поршня съ другой стороны

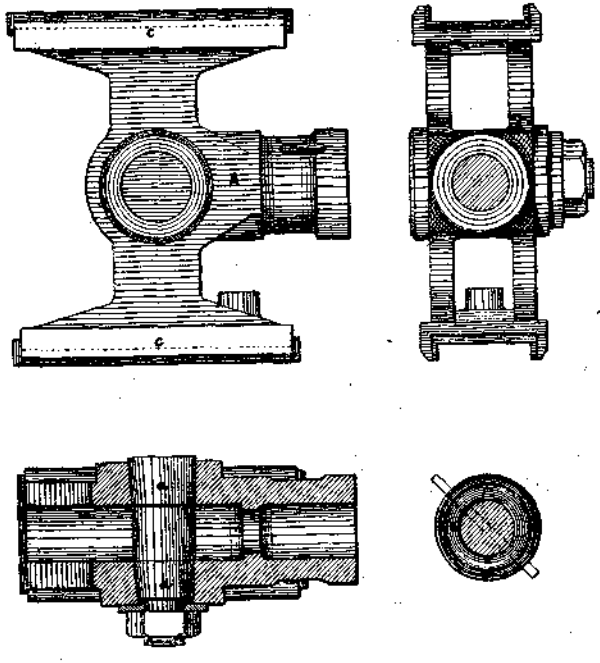
имѣло обратный конусъ Скрѣпленіе штока съ поршнемъ должно быть какъ можно прочнѣе, чтобы послѣдній не сошелъ и не повредилъ крышки. Другой конецъ штока *к* (*головка*) имѣетъ отверстіе для скрѣпленія его съ крейцкопфомъ помощью клина. Иногда поршневой штокъ удлиняется настолько, что проходитъ черезъ переднюю цилиндровую крышку, гдѣ имѣется для этого особый сальникъ. Это дѣлается съ тою цѣлью, чтобы уравнять давленіе пара на обѣ стороны поршня и въ тоже время для поддержанія тяжелаго поршня, чѣмъ предупреждается значительное срабатываніе нижней части цилиндра. Штокъ долженъ быть такъ укрѣпленъ въ поршнѣ, чтобы онъ былъ перпендикуляренъ къ площади поршня и ось его совпадала съ осью цилиндра.

Крейцкопфъ и параллели.

Соединеніе поршневого штока съ движущимъ шатуномъ достигается помощью такъ называемаго крейцкопфа, представленнаго на черт. 309 и 310 въ боковыхъ видахъ и на чет. 311 въ горизонтальномъ разрѣзѣ. Онъ состоитъ большею частью изъ средней части А, стальной или изъ кованнаго желѣза, и двухъ поползушекъ *сс* преимущественно чугунныхъ съ мѣдными вкладышами или залитыхъ бабитомъ. Бываютъ еще крейцкопфы цѣльные изъ кованнаго желѣза, съ мѣдными вкладышами, укрѣпленными шурупами. Соединеніе крейцкопфа съ поршневымъ штокомъ дѣлается возможно прочнѣе помощью клина, проходящаго чрезъ цилиндрическую часть крейцкопфа и головку штока, черт. 312, которую предварительно притачиваютъ по мѣсту и придаютъ ей слабый конусъ. Для предупрежденія выпаденія клина, внизу его имѣется чека или шплинтъ. Соединеніе же крейцкопфа съ головкою ведущаго шатуна дѣлаютъ такимъ образомъ, чтобы шатунъ могъ вращаться. Для этого въ крейцкопфѣ имѣется

отверстіе, ось котораго должна быть горизонтальна и на одной высотѣ съ осью поршневого штока; конецъ шатуна съ подшипникомъ вставляютъ въ крейцкопфъ сбоку, въ имѣющійся для этого промежутокъ и закрѣпляютъ болтомъ *aa*, называемымъ крейцкопфнымъ, размѣры и очертаніе котораго представлены на черт. 311. Крейцкопфный болтъ вставляется со стороны колеса, плотно притягивается снаружи гайкой и закрѣпляется шпилькой. Для предупрежденія вращенія болта въ немъ имѣется шпонка. Иногда, для укрѣпленія крейцкопфнаго болта на мѣстѣ, употребляютъ взамѣнъ гайки особую желѣзную накладку, располагаемую съ наружной стороны и прикрѣпляемую двумя болтами. При этомъ крейцкопфный болтъ вставляется также съ наружной стороны. Для болѣе плотнаго соединенія съ крейцкопфомъ болтъ имѣетъ въ мѣстахъ прикасанія коническую поверхность, соотвѣтствующую коничности отверстія въ крейцкопфѣ.

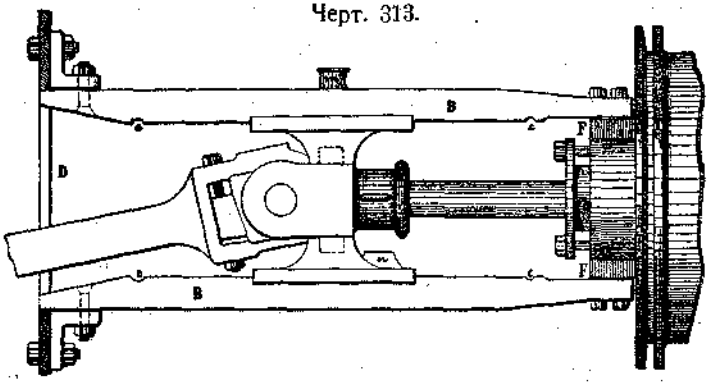
Черт. 309—312.



Для направленія крейцкопфа служатъ параллели ВВ, представленныя на черт. 313 и состоящія изъ стальныхъ или желѣзныхъ полосъ, прикрѣпленныхъ болтами съ одной стороны къ задней цилиндровой крышкѣ, имѣющей для этого

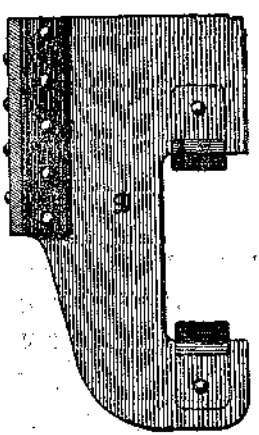
соотвѣственные приливы FF ,а съ другой стороны—къ особой рамѣ D (*суппорту*), прикрѣпленной къ рамѣ паровоза. На

Черт. 313.



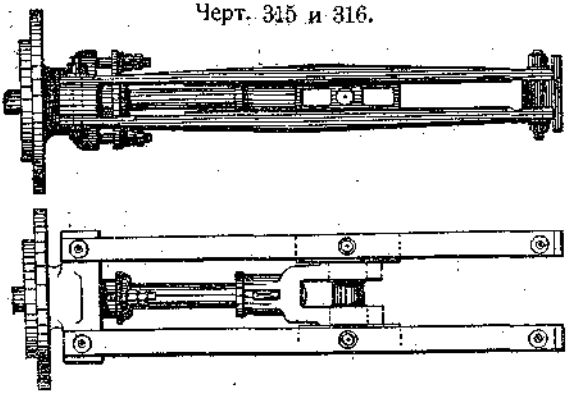
черт. 314 представлена параллельная рама въ боковомъ видѣ. Параллели прикрѣпляются такимъ образомъ, чтобы легко можно было установить ихъ совершенно параллельно къ оси цилиндра и чтобы удобно было сближать ихъ при срабатываніи поползушекъ. Для этого въ мѣстахъ прикрѣпленія параллелей, между ними и мѣстомъ прикрѣпленія, кладутъ желѣзныя прокладки, которыя убавляются по мѣрѣ надобности. При постановкѣ параллелей необходимо наблюдать, чтобы онѣ не нажимали слишкомъ поползушекъ и чтобы касались одинаково по всей своей ширинѣ. По концамъ параллелей въ тѣхъ мѣстахъ, куда доходятъ поползушки крейцкопфа, имѣются незначительныя углубленія *cc* или уступы, предупреждающіе образованіе выступовъ при срабатываніи со временемъ параллелей. Для смазки трущихся поверхностей устраиваютъ надъ верхнею параллелью маслянку *m*; для нижней же параллели устраиваютъ маслянку *n* на самой поползушкѣ.

Черт. 314.



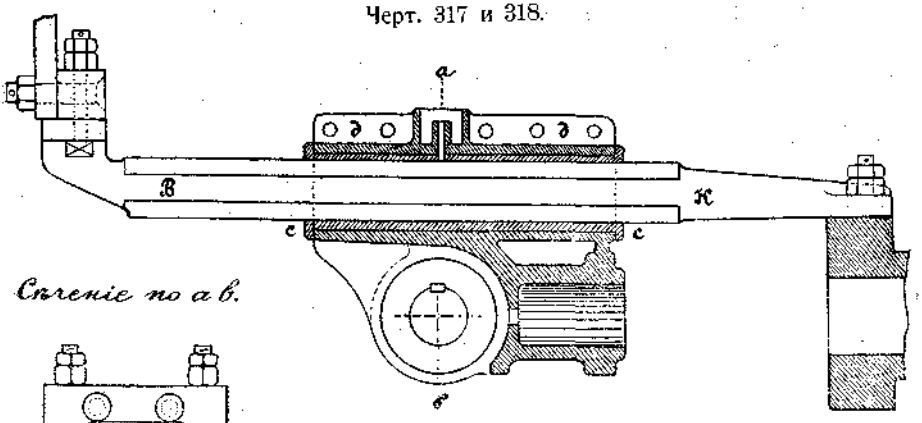
Въ паровозахъ съ внутренними цилиндрами крейцкопфъ имѣетъ нѣсколько отличное устройство и направляется четырьмя параллелями, а не двумя, какъ это имѣетъ мѣсто при наружныхъ цилиндрахъ. Такое устройство, представленное на черт. 315 и 316, объясняется недостаточностью помѣщенія подъ котломъ въ вертикальномъ направленіи.

Черт. 315 и 316.

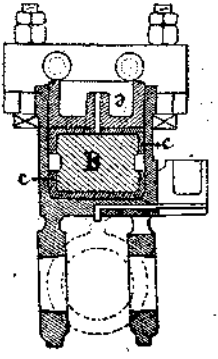


Встрѣчаются еще параллели, состоящія изъ одно

Черт. 317 и 318.



Сѣченіе по ав.



только верхней балки. Особое устройство въ этомъ случаѣ крейцкопфа представлено на черт. 317 и 318. Крейцкопфъ обнимаетъ параллель посредствомъ двухъ бронзовыхъ вкладышей *сс* и скрѣпляется съ нею помощію корытообразной накладки *дд* на болтахъ. По мѣрѣ срабатыванія вкладышей подкладываютъ подъ нихъ кровельное желѣзо.

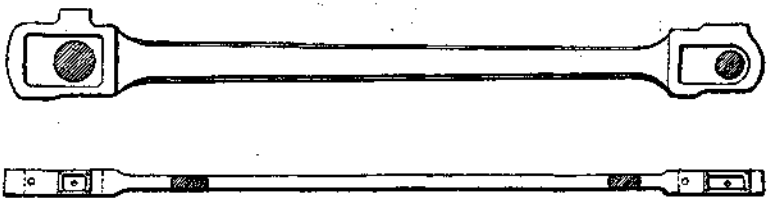
Шатуны.

Для преобразованія прямолинейнаго движенія поршня во вращательное движеніе колесъ паровоза служитъ движущій шатунъ, соединяющійся однимъ концомъ (головкою) съ крейцкопфомъ, а другимъ—съ цапфою кривошипа ведущаго колеса. Размѣры движущаго шатуна имѣютъ большое вліяніе на ходъ паровоза: чѣмъ короче шатунъ, тѣмъ больше давленіе крейцкопфа на параллель. Съ другой стороны большой вѣсъ шатуна увеличиваетъ неправильныя движенія паровоза. Поэтому длина движущаго шатуна должна быть возможно больше, а вѣсъ его возможно меньше. Съ этою цѣлью изготовляютъ шатуны преимущественно изъ литой стали. Средняя часть шатуна между головками его представляетъ въ поперечномъ сѣченіи иногда круглую или I образную форму, но большею частью прямоугольную форму, при чемъ высота сѣченія вдвое больше толщины. Размѣры сѣченія шатуна должны быть такіе, чтобы онъ выдерживалъ не только дѣйствіе на него поршня (растяженіе и сжатіе), но также и изгибающее дѣйствіе собственнаго вѣса, которое особенно значительно при большой скорости движенія паровоза. Обыкновенно высота сѣченія движущаго шатуна у головокъ равняется приблизительно толщинѣ цапфъ.

Головки шатуновъ служатъ для помѣщенія въ нихъ подшипниковъ, которые закрѣпляются такимъ образомъ, дабы разстояніе центровъ ихъ оставалось неизмѣннымъ. Для избѣжанія разрыва (излома) головки, углы ея должны быть закруглены. Головки шатуновъ бываютъ цѣльныя и составныя; послѣднія необходимы въ тѣхъ случаяхъ, когда головку нельзя надѣть на цапфу снаружи, какъ это бываетъ при колѣнчатыхъ осяхъ и при наружномъ парораспредѣлительномъ механизмѣ.

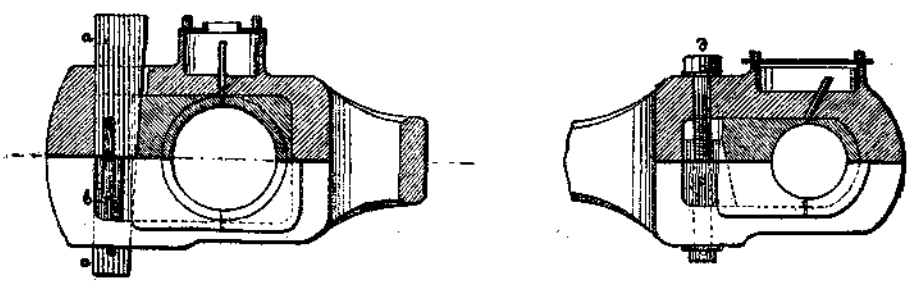
На черт. 319 и 320 представленъ движущій шатунъ (поршневое дышло) съ цапфами, но безъ подшипниковъ. На

Чеут. 319 и 320.



черт. 321 и 322 представлены въ увеличенномъ видѣ цѣльныя головки съ закрѣпленными въ нихъ подшипниками—поршневымъ и крейцкопфнымъ.

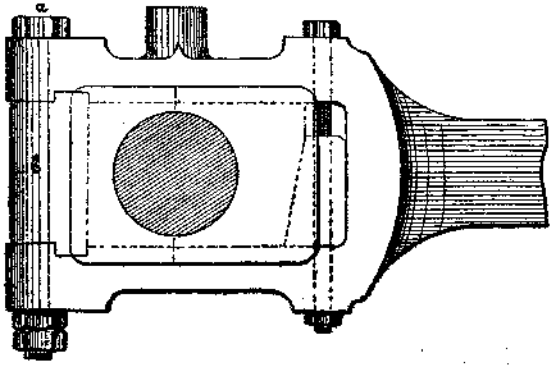
Черт. 321 и 322.



Каждый подшипникъ состоитъ изъ двухъ половинокъ, вставляемыхъ въ головку шатуна сбоку и удерживаемыхъ на мѣстѣ съ одной стороны заплечиками подшипника, а съ другой—клиномъ, который въ тоже время прижимаетъ плотно обѣ половинки другъ къ другу. Клинъ *аа*, черт. 321, сквозной, вставляется въ головку сверху и укрѣпляется затѣмъ помощью пряжки *в*, плотно вставляемой въ головку сбоку, и одного или двухъ нажимныхъ болтовъ, которые прочно соединяютъ эту пряжку съ клиномъ. Представленное на черт. 322 другое укрѣпленіе подшипника также весьма распространено и отличается тѣмъ, что клинъ *с* вставляется въ головку сбоку вмѣстѣ съ подшипникомъ, а затѣмъ по-

мощью болта *d*, при вращеніи его, поднимается вверхъ и прижимаетъ такимъ образомъ обѣ половинки подшипника.

Черт. 323.



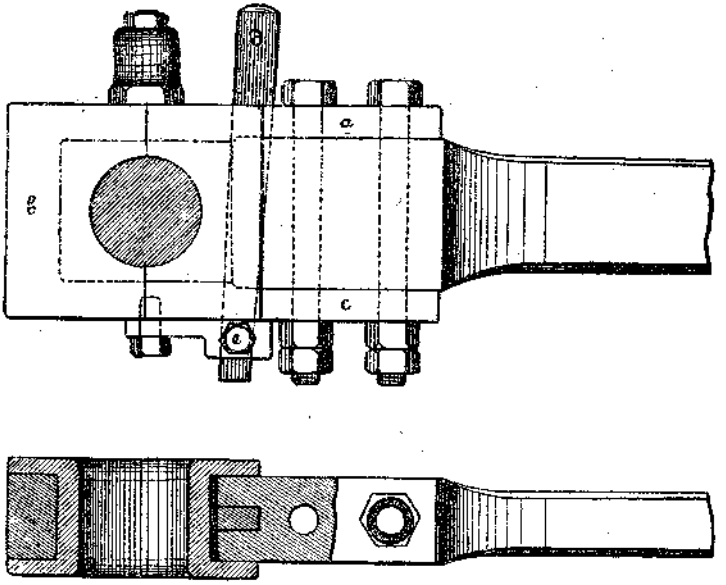
Для возможности надѣть головку шатуна на колѣнчатую ось, замѣняющую собою ведущій кривошипъ съ цапфою, необходимо дѣлать головку не цѣльною, а составною, какъ это показано на черт. 323. гдѣ часть *в* задвигается впослѣдствіи послѣ постановки на мѣсто шатуна съ подшипникомъ и закрѣпляется прочно сквознымъ болтомъ *а*.

Составныя головки шатуновъ употребляются также и при обыкновенныхъ наружныхъ цапфахъ. Представленная на черт. 324 и 325 составная головка американскаго типа состоитъ изъ скобы *авс* прямоугольнаго сѣченія и соединяется съ концомъ шатуна помощью двухъ болтовъ. Прочное закрѣпленіе клина *д* на мѣстѣ достигается нажимнымъ болтомъ *е*, расположеннымъ внизу головки. При такомъ устройствѣ головки возможно обѣ половинки подшипника снабжать большими заплечиками, предупреждающими выпаденіе подшипника въ случаѣ утери или излома клина. Преимущество такой конструкціи головки заключается въ легкости замѣны ея при поврежденіи.

Для увеличенія силы тяги товарныхъ и товаропассажирскихъ паровозовъ необходимо соединить еще нѣсколько паръ колесъ его съ ведущею парою, что достигается помощью сдваивающихъ шатуновъ или спарниковъ, по конструкціи мало отличающихся отъ движущихъ шатуновъ. При этомъ цапфы ведущихъ колесъ дѣлаются длиннѣе и прочнѣе,

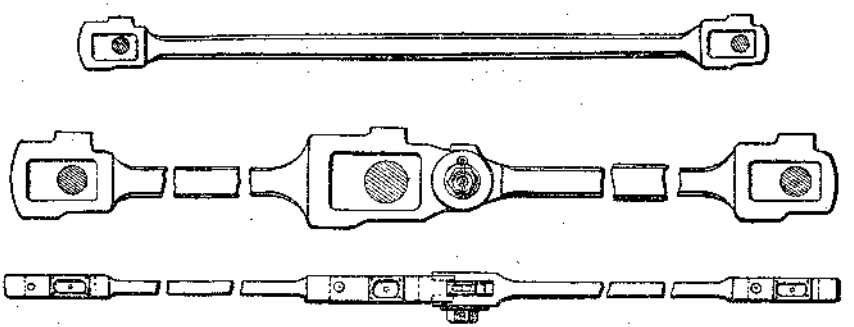
чѣмъ сдвоенныя цапфы другихъ колесъ, такъ какъ первыя получаютъ непосредственно все давленіе поршня и распре-

Черт. 324 и 325.



дѣляютъ его на 2 или 3 цапфы, смотря по числу сдвоенныхъ колесъ. На черт. 326 представленъ обыкновенный видъ шатуна, сдваивающаго двѣ оси товаропассажирскаго паровоза. Въ средней части шатуна имѣется незначительное утолщеніе (около $^3/_8$ дюйма), по концамъ же размѣры сдваи-

Черт. 326—328.

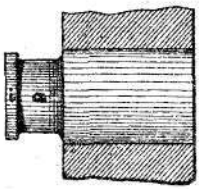


вающаго шатуна одинаковы и на $^1/_{10}$ менѣе, нежели размѣръ движущаго шатуна въ самомъ слабомъ сѣченіи его. Если сдваивающій шатунъ небольшой длины, то онъ ограничивается сверху и снизу параллельными плоскостями, а не коническими. Видъ шатуна, сдваивающаго три оси товарнаго паровоза, представленъ на черт. 327 и 328. Онъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ частей, соединенныхъ въ точкѣ *o* валкомъ съ цѣлью предупредить поломку его, такъ какъ во время движенія паровоза, отъ толчковъ и неровностей пути, не всегда всѣ три цапфы лежатъ на одной прямой линіи. Сдваивающій шатунъ по той же причинѣ, какъ и цапфы, дѣлается много легче, чѣмъ движущій.

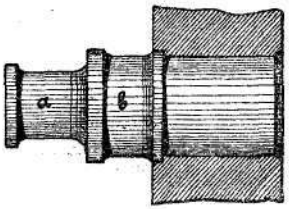
Цапфы кривошиповъ.

Устройство цапфъ бываетъ различно и зависитъ главнымъ образомъ отъ расположенія цилиндровъ и числа сдвоенныхъ паръ колесъ. Если въ паровозѣ наружные цилиндры при внутренней рамѣ и только одна пара ведущихъ колесъ, то видъ такой цапфы представленъ на черт. 329, гдѣ шейка *a* обнимается движущимъ шатуномъ, а заплечикъ *i* предупреждаетъ сходъ его съ цапфы. При двухъ парахъ сдвоенныхъ колесъ цапфа имѣетъ видъ, представленный на черт. 330; у нея двѣ шейки, изъ которыхъ *a* для движущаго шатуна, а шейка *в* для сдваивающаго. При трехъ и болѣе сдвоенныхъ парахъ колесъ, шейку *a* обнимаетъ движущій шатунъ, а шейку *в* сдваивающій.

Черт. 329.



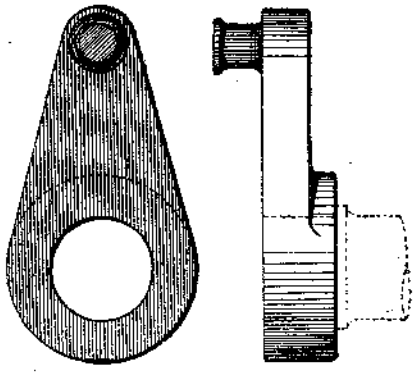
Черт. 330.



Если въ паровозѣ наружная рама, то очевидно цапфы не могутъ быть укрѣплены непосредственно въ колесахъ, но

въ особыхъ кривошипахъ, какъ это представлено на черт. 331 и 332. Подобные кривошипы насаживаютъ на ось гидравлическимъ давленіемъ или же въ горячемъ состояніи и ставятъ шпонку, чтобы не сбить ихъ съ мѣста. При этомъ кривошипъ и цапфу изготовляютъ большею частью изъ одного цѣльнаго куска стали или кованнаго желѣза и въ послѣднемъ случаѣ закаливаютъ. Иногда для сближенія цилиндровъ, дѣлаютъ эти кривошипы такой формы, чтобы нижняя часть ихъ, насаживаемая на ось, образовала собою шейку для осевого подшипника, но при этомъ букса бываетъ весьма большая и тяжелая.

Черт. 331 и 332.



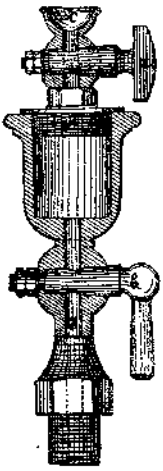
Смазочные приборы.

Уменьшеніе тренія движущихся частей паровоза достигается смазкою ихъ саломъ или масломъ помощью особыхъ смазочныхъ приборовъ, называемыхъ маслянками. Нѣкоторые изъ этихъ приборовъ, устраиваемые въ буксахъ осей, головкахъ шатуновъ и др. частяхъ, описаны были раньше и здѣсь необходимо еще пояснить о смазкѣ цилиндровъ и золотниковъ.

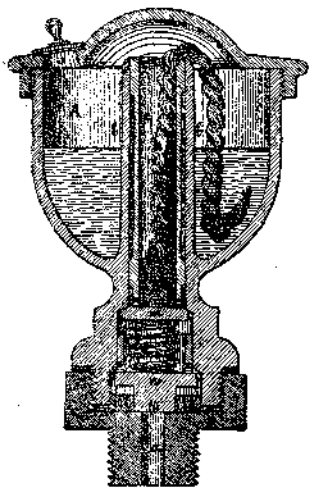
Вообще, при работѣ паровоза паромъ, нѣтъ надобности въ смазкѣ цилиндра, такъ какъ стѣнки его всегда холоднѣе притекающаго пара, а потому онѣ всегда покрыты, хотя въ незначительной степени, сыростью, происходящею отъ конденсаціи небольшой части пара. При прекращеніи же впуска пара въ цилиндръ сырость, находящаяся на его стѣн-

кахъ, исчезаетъ и поверхность послѣднихъ дѣлается сухою. Тогда слѣдовательно наступаетъ моментъ, когда должна производиться смазка цилиндра, во избѣжаніе заѣданія и скораго изнашиванія его стѣнокъ. На черт. 333 представлена обыкновенная весьма употребительная маслянка съ двумя кранами, устанавливаемая сверху цилиндра. Верхняя чашечка *c* служитъ для наливанія растопленнаго сала, служащаго наилучшимъ смазочнымъ матеріаломъ для частей машины, работающихъ въ нагрѣтомъ состояніи. Когда сало налито, закрываютъ верхній кранъ *a*, чтобы въ маслянку не попало песку и другихъ постороннихъ предметовъ, при этомъ и нижній край *в* долженъ быть также закрытъ. При наступленіи момента смазки цилиндра, т. е. по закрытіи регулятора, открываютъ нижній кранъ и тогда сало проходитъ черезъ каналъ *d* въ цилиндръ. Обыкновенно надъ каждымъ цилиндромъ имѣются двѣ маслянки, изъ которыхъ вторая служитъ для смазки золотниковаго лица.

Черт. 333.



Черт. 334.



Описанная маслянка служитъ иногда причиною несчастнаго случая съ паровозною прислугою, такъ какъ для закрытія и открытія кранокъ маслянокъ нужно на ходу паровоза ходить на переднюю площадку паровоза, откуда при малѣйшей неосторожности можно упасть. Во избѣжаніе этого стали употреблять самодѣйствующія маслянки, изъ которыхъ одна (сист. Кеслера) представлена на черт. 334.

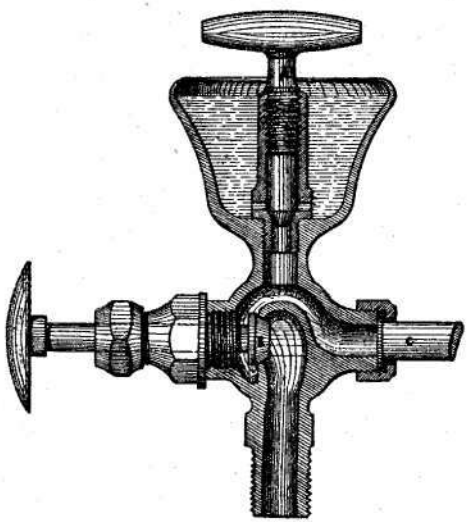
Эта маслянка дѣйствуетъ только тогда, когда паровозъ работаетъ безъ пара, и перестаетъ дѣйствовать, когда паровозъ или стоитъ, или работаетъ съ паромъ. Устройство этой маслянки слѣдующее: *a* — каналъ, чрезъ который масло или растопленное сало проникаетъ въ цилиндръ или золотниковую коробку. Масло вливается въ резервуаръ A, откуда оно всасывается посредствомъ фителя въ трубку *c*; послѣдняя можетъ скользить по трубкѣ *b* вверхъ и внизъ. Дно трубки *c* образуетъ клапанъ *m*; въ нижней части трубки *c* находится проволочная сѣтка D, служащая для защиты клапана *m* отъ втягиванія подъ него нитокъ фитиля. Подъ клапаномъ *m* находится другой клапанъ *n*, а между ними спиральная пружина. Подъ клапаномъ *n* находится кольцо *k*, служащее для возможности регулировать количество смазки, поступающей въ цилиндръ. Крышка маслянки имѣетъ отверстіе *o* для наливки растопленнаго сала.

Дѣйствіе этого аппарата слѣдующее: когда паровозъ стоитъ, то клапанъ *n* отжатъ пружиною, но одновременно этою послѣднею прижатъ клапанъ *m*, такъ что доступъ смазки въ каналъ *a*, т. е. въ цилиндръ, закрытъ. При работѣ же паровоза паромъ, послѣдній своимъ давленіемъ прижимаетъ клапанъ *n* къ своему сѣдлу, а клапанъ *m* еще сильнѣе прижимается пружиною. Такимъ образомъ смазка въ обоихъ случаяхъ не можетъ проникнуть въ каналъ *a*; кромѣ того и паръ не можетъ попасть въ маслянку, вслѣдствіе чего избѣгается образованіе въ ней конденсаціонной воды. Когда же паровозъ работаетъ безъ пара, то вслѣдствіе образующагося въ цилиндрѣ разрѣженнаго пространства, при каждомъ ходѣ поршня, открывается верхній клапанъ *m*, нижній же клапанъ *n* открытъ давленіемъ пружины и смазка проходитъ въ каналъ *a*, т. е. въ цилиндръ. Эта работа клапана продолжается все время пока паровозъ ра-

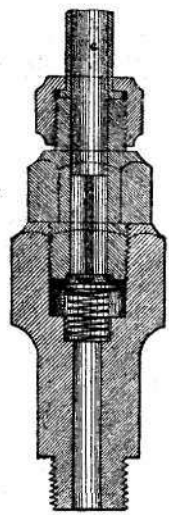
ботаетъ безъ пара и прекращается въ моментъ открытія регулятора или остановки паровоза.

Въ послѣднее время особенно большое примѣненіе получила такъ называемая *американская маслянка*, состоящая: 1) изъ собственно маслянки, располагаемой непосредственно на самомъ паровозномъ котлѣ, въ будкѣ машиниста, черт. 335; 2) штуцера съ клапаномъ, укрѣпляемаго надъ самымъ цилиндромъ, черт. 336, и 3) мѣдной трубки 15 мм.

Черт. 335.



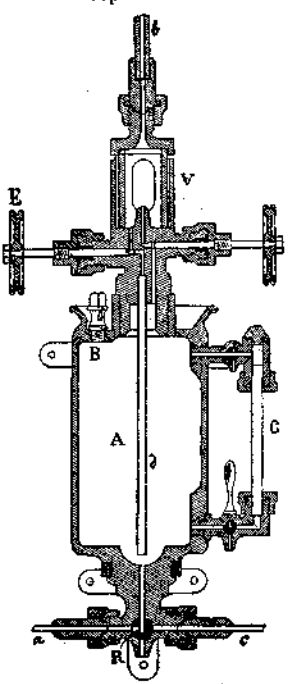
Черт. 336.



въ діаметрѣ, проводящей смазку изъ маслянки въ штуцеръ. Для смазки цилиндра, когда паровозъ слѣдуетъ по уклону, безъ пара, отвинчиваютъ верхнюю пробку А маслянки и наливаютъ смазки въ воронку. Вслѣдствіе разрѣженія воздуха въ цилиндрѣ, клапанъ *m* опускается, въ трубкѣ *c* также образуется разрѣженіе воздуха и смазка изъ воронки, подъ давленіемъ наружнаго воздуха, направляется быстро въ цилиндръ. Боковой клапанъ В маслянки сообщаетъ по временамъ маслянку съ паровымъ пространствомъ; его употребляютъ для продувки трубки паромъ, а также для смазки

цилиндра во время дѣйствія его паромъ, при чемъ послѣ наполненія маслянки смазкою чрезъ пробку A, послѣдняя должна быть закрыта, а затѣмъ уже открываютъ клапанъ B. Направляющая клапана *m* имѣетъ крестообразное поперечное сѣченіе, дабы былъ проходъ смазкѣ. Внизу клапана располагается спиральная пружинка, прижимающая клапанъ къ верху. При работѣ цилиндра паромъ, клапанъ *m* еще сильнѣе прижимается къ своему сѣдалищу. Проводящія смазку трубки располагаютъ или подъ обшивкою котла, для предупрежденія замерзанія ихъ зимою, или сверху обшивки; въ послѣднемъ случаѣ покрываютъ ихъ особою обшивкою. Порча трубокъ происходитъ отъ замерзанія въ нихъ воды, образующейся отъ конденсаціи пара, проникающаго чрезъ паровой клапанъ B, или же чрезъ клапанъ *m* изъ цилиндра.

Черт. 337.



Встрѣчаются еще на паровозахъ автоматическія маслянки (*лубрикаторы*) съ видимою каплею масла. Исправное дѣйствіе такой маслянки наблюдается по движенію масла, капля за каплей, что совершается на виду при какомъ угодно давленіи пара внутри парового цилиндра. Одна такая маслянка, снабжена двумя спускными трубками, можетъ служить для смазки обоихъ цилиндровъ или же для каждаго цилиндра ставится особая маслянка. Эти маслянки особенно пригодны для минеральныхъ маслъ, при чемъ расходъ масла можетъ быть регулированъ по произволу, сообразно потребности.

Представленный на черт. 337 лубрикаторъ для смазки одного толь-

ко цилиндра состоитъ изъ бронзоваго цилиндра А, заключающаго въ нижней части воду, а въ верхней—масло. Чрезъ отверстіе В, закрываемое винтовою пробкою, лубрикаторъ наполняется водою и масломъ. Стеклянная трубка С служитъ для указанія количества масла. Имѣющіеся при трубкѣ краны служатъ для продувки ея. Помощью крана R можно сообщать сосудъ А съ напорной трубкою *a*, идущею отъ котла, или съ трубкою *c*, служащею для выпуска излишней воды. Е—рукоятка стержневого клапана, посредствомъ котораго можно наполнять водою стеклянную трубку V, изъ нижней части сосуда А, помощью трубки *d*, доходящей почти до дна его. Н—рукоятка другого стержневого клапана, служащаго для регулированія притока масла изъ сосуда А въ стеклянную трубку V,а оттуда въ цилиндръ. Паръ для дѣйствія лубрикатора берется изъ котла при чемъ онъ предварительно поднимается по трубкѣ вверхъ, а затѣмъ внизъ, гдѣ онъ конденсируется, такъ что трубка *a* возлѣ сосуда будетъ наполнена водою. Если въ нижнюю часть сосуда А, наполненнаго водою и масломъ, заставить подъ напоромъ проникнуть каплю воды изъ трубки *a*, то равный ей объемъ масла будетъ вытѣсненъ изъ сосуда А, въ трубку V, наполненную водою. Такъ какъ плотность масла меньше, нежели воды, то капля въ трубкѣ V поднимается къ верху, при чемъ она будетъ видима, и затѣмъ направляется уже по трубѣ *e* къ цилиндру.

Маслопроводная трубка должна имѣть уклонъ отъ топки къ цилиндру и вблизи послѣдняго развѣтвляется двумя отростками, изъ которыхъ одинъ входитъ непосредственно въ золотниковую коробку, а другой въ цилиндръ.

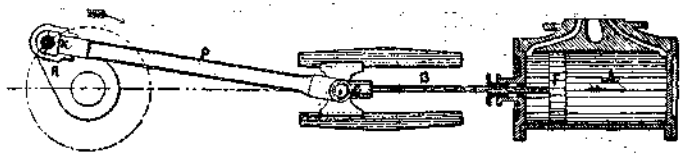
Для правильнаго дѣйствія лубрикатора необходимо продувать его паромъ чрезъ каждые 14 дней, при чемъ всѣ клапаны должны быть открыты.

Парораспредѣленіе.

Движеніе поршня и кривошипа.

Назначеніе пара, приводить въ движеніе машину, достигается слѣдующимъ образомъ. Въ паровомъ цилиндрѣ A находится поршень F, плотно прилегающій къ его стѣнкамъ и прочно соединенный со штокомъ B. Помощью крейцкопфа C поршневой штокъ соединяется посредствомъ болта съ шатуномъ P, котораго другой конецъ обхватываетъ цапфу *к* кривошипа R, черт. 338. Когда поршень подъ давленіемъ

Черт. 338.

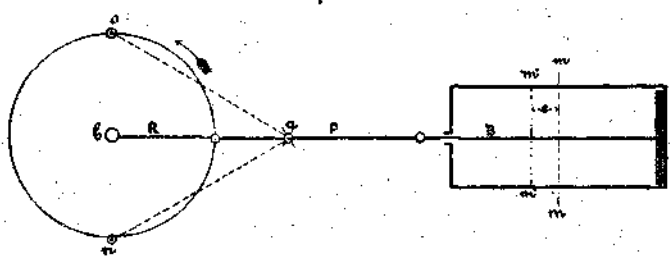


на него пара движется по направленію стрѣлки, т. е. отъ лѣвой руки къ правой, то тянетъ за собою въ томъ же направленіи штокъ B, шатунъ P и кривошипъ, вращая его въ томъ же направленіи. Колеса паровоза, насаженныя на ту же ось, какъ и кривошипъ, вращаются въ томъ же направленіи, сообщая паровозу движеніе впередъ. Если, по прибытіи поршня въ крайнее положеніе съ правой стороны, паръ изъ котла будетъ входить въ цилиндръ черезъ правое окно, а лѣвымъ окномъ отработанный паръ будетъ одновременно выходить наружу, то паровозъ будетъ двигаться дальше въ томъ же направленіи до тѣхъ поръ, пока паръ будетъ попеременно входить въ цилиндръ то правымъ, то лѣвымъ окномъ (каналомъ).

Если при томъ же положеніи кривошипа, какъ указано на чертежѣ, начать впускъ пара правымъ окномъ, а затѣмъ уже лѣвымъ и такъ дальше, то, вслѣдствіе обратнаго движенія поршня, штока, шатуна и кривошипа, паровозъ будетъ двигаться въ обратную сторону. Крайнія положенія поршня, впереди и сзади, называются *мертвыми точками* - переднею и заднею или правою и лѣвою. Обѣимъ этимъ точкамъ соотвѣтствуютъ положенія поршневого штока и шатуна на одной прямой линіи съ кривошипомъ. Путь, пройденный поршнемъ отъ одной мертвой точки до другой, называется *ходомъ поршня* и равняется двойному радіусу кривошипа или діаметру круга, описаннаго центромъ его цапфы. Положеніе кривошипа совершенно отвѣсное вверхъ и внизъ называется *наивысшимъ* или *наинизшимъ* положеніемъ кривошипа.

На представленномъ черт. 339 поршень находится въ передней мертвой точкѣ, при этомъ штокъ его B и шатунъ

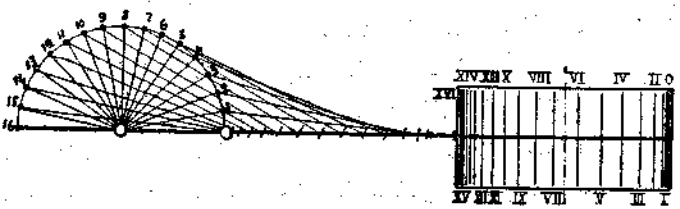
Черт. 339.



P, вмѣстѣ съ кривошипомъ R, находятся на одной прямой линіи. Средина цилиндра пусть будетъ въ *mm*. Если цапфу кривошипа помѣстить мысленно въ центрѣ круга, описываемаго ею, т. е. въ точкѣ *c*, то очевидно, что этому положенію цапфы будетъ соотвѣтствовать среднее положеніе поршня по линіи *mm* цилиндра. Если же затѣмъ перенести эту цапфу, связанную съ шатуномъ и штокомъ поршня, въ наивысшее или наинизшее положеніе, т. е. въ точку *o* или

n, то очевидно, что и поршень передвинется влѣво отъ линіи mm на нѣкоторую величину, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ шатунъ приметъ наклонное положеніе и слѣдовательно разстояніе точки o отъ центра $в$ уменьшится. Чтобы найти положеніе поршня, соотвѣтствующее наивысшему и наинизшему положеніямъ кривошипа, слѣдуетъ изъ точекъ o и n описать дуги радіусомъ, равнымъ длинѣ шатуна P, и отъ точки a, пересѣченія ихъ съ линіею RB, отложить длину поршневого штока. Такимъ образомъ найдемъ, что поршень будетъ находиться въ $m'm'$, т. е. съ лѣвой стороны средней линіи mm въ нѣкоторомъ разстояніи e. Отсюда слѣдуетъ, что когда кривошипъ приходитъ въ наивысшее положеніе при вращеніи своемъ, которое указано на чертежѣ стрѣлкою, то поршень уже прошелъ средину цилиндра, такъ что въ передней его части поршень движется быстрѣе, нежели въ задней, ибо въ тоже время проходитъ большій путь. Раздѣливъ полуокружность ABC, соотвѣтствующую одному ходу поршня, на 16 равныхъ частей и опредѣливъ вышесказаннымъ образомъ положенія поршня I, II, III. . , .XVI, соотвѣтствующія положеніямъ кривошипа 1, 2, 3. . . .16, черт. 340, замѣтимъ, что равнымъ путямъ кривошипа соотвѣтствуютъ неодинаковые пути поршня и что, начиная отъ мертвой точки, пути поршня увеличиваются постепенно къ срединѣ, а такъ какъ каждый такой путь поршень проходитъ въ одинаковое время, слѣдовательно скорость поршня начиная отъ мертвыхъ точекъ,

Черт. 340.

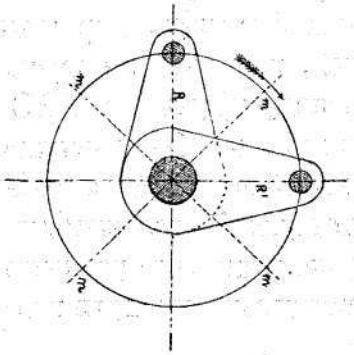


увеличивается къ срединѣ и наибольшая—при наивысшемъ положеніи кривошипа.

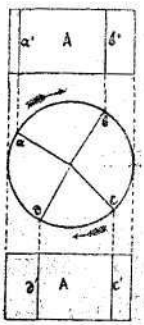
Если при томъ же кривошипѣ взять болѣе длинный шатунъ и найти положеніе поршня, соотвѣтствующее наивысшему или наинизшему положенію кривошипа, то замѣтимъ, что оно будетъ теперь ближе къ срединѣ *mm* цилиндра и чѣмъ длиннѣе будетъ шатунъ относительно кривошипа, тѣмъ величина *e* будетъ меньше и слѣдовательно неправильность хода поршня и различіе скоростей въ передней и задней половинѣ его будетъ меньше. Отношеніе длины шатуна къ кривошипу дѣлаютъ равнымъ 4—6, но полезно, если возможно, дѣлать больше.

Обыкновенно въ паровозахъ бываетъ два паровыхъ цилиндра, которыхъ соотвѣтственные кривошипы стоятъ подъ прямымъ угломъ одинъ къ другому, черт. 341, такимъ образомъ, что когда лѣвый кривошипъ R находится въ задней мертвой точкѣ, то правый кривошипъ R′ занимаетъ наивысшее положеніе и слѣдовательно, во время движенія паровоза впередъ, правый кривошипъ опережаетъ лѣвый на 90°. Вслѣдствіе такой постановки кривошиповъ, если разсматривать одновременно движеніе обоихъ поршней, то наибольшей скорости одного изъ нихъ соотвѣтствуетъ наименьшая скорость другого и наоборотъ. Въ четырехъ точкахъ *m* подъ угломъ въ 45° къ мертвымъ положеніямъ скорости движенія обоихъ поршней будутъ равны.

Черт. 341.



Черт. 342.



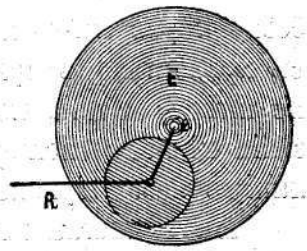
Для опредѣленія положенія поршня, соотвѣтствующаго какому либо положенію криво-

шипа, опишемъ кругъ радіусомъ кривошипа, при чемъ діаметръ этого круга будетъ представлять величину хода поршня, черт. 342. Изобразивъ надъ кругомъ и подъ нимъ цилиндръ А и опуская затѣмъ перпендикуляры изъ точекъ *а*, *в*, *с*, *д* положенія кривошипа, найдемъ соотвѣтственныя положенія поршня *а'*, *в'*, *с'*, *д'* при движеніи его впередъ и назадъ. При этомъ лишь среднее положеніе поршня не соотвѣтствуетъ точно наивысшему или наинизшему положенію кривошипа, но вслѣдствіе незначительной разницы этимъ можно пренебречь.

Распредѣленіе пара помощью золотника.

Паръ для движенія машины поступаетъ не прямо изъ котла въ цилиндръ, но по паропроводящей трубѣ направляется сначала въ золотниковую коробку, а оттуда уже каналами поперемѣнно на обѣ стороны поршня. При этомъ, въ концѣ каждаго хода поршня, отработанный паръ начинаетъ выходить однимъ каналомъ въ атмосферу, между тѣмъ какъ по другому каналу и съ другой стороны поршня начинаетъ поступать свѣжій паръ. Такое распредѣленіе пара достигается помощью такъ называемаго *золотника*, который чаще всего имѣетъ форму коробки и потому называется *коробчатымъ* золотникомъ. Движеніе золотника впередъ и назадъ для поперемѣннаго открытія и закрытія каналовъ производитъ эксцентрикъ, черт. 343, представляющій собою чугунный дискъ Е, насаженный наглухо на ведущую ось такимъ образомъ, что центръ его *е* не совпадаетъ съ центромъ оси *о*. Разстояніе этихъ центровъ *ое* называется *эксцентриситетомъ* и опредѣляетъ величину отклоненія зо-

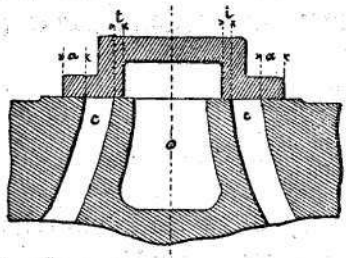
Черт. 343.

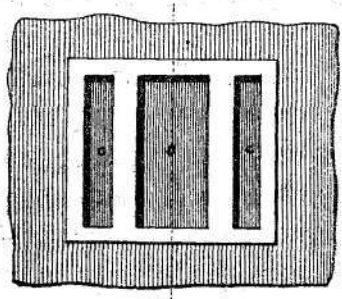


лотника отъ средняго положенія то въ одну, то въ другую сторону. Линія эксцентриситета *oe* образуетъ съ кривошипомъ R уголъ немного болѣе прямого. Эксцентрикъ обхватывается хомутомъ, къ которому прикрѣпляется эксцентриковая тяга, соединенная шарниромъ съ золотниковою тягою.

Представленный на прилагаемыхъ черт. 344 и 345 коробчатый золотникъ, въ среднемъ положеніи надъ паровыми окнами, закрываетъ совершенно оба канала *cc*, при чемъ части фланцевъ его продолжаются по обѣимъ сторонамъ каждаго окна на нѣкоторыя величины *a* и *i*. Эти уширенія или напуски золотника называются *перекрышами*; первыя изъ нихъ *a* называются *наружными*, а вторыя *i*—*внутренними* перекрышами золотника. Отъ величины перекрышъ, эксцентриситета и угла, образуемаго линіею эксцентриситета съ кривошипомъ, зависитъ распредѣленіе пара.

Черт. 344 и 345.



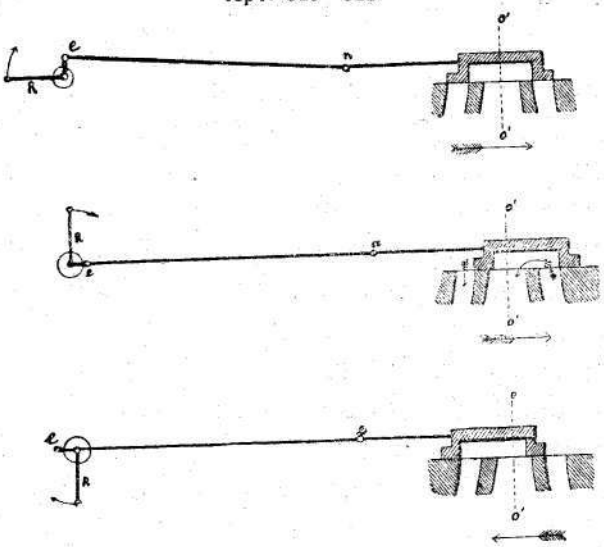


Разсмотримъ относительныя движенія золотника и поршня, принявъ для упрощенія, что золотникъ безъ перекрышъ и что линія эксцентриситета образуетъ съ кривошипомъ прямой уголъ. Случай этотъ на практикѣ не имѣетъ мѣста, но разсмотрѣніе его необходимо для указанія цѣли и пользы перекрышъ и тупого угла между линіею эксцентриситета и кривошипомъ.

На прилагаемомъ черт. 346, кривошипъ R, а слѣдовательно и поршень находятся въ задней мертвой точкѣ, линія же эксцентриситета стоитъ вертикально—въ наивысшемъ положеніи, при этомъ золотникъ занимаетъ среднее положе-

ніе, закрывая оба канала. Легко замѣтить, что для одинаковаго впуска пара съ обѣихъ сторонъ цилиндра необходимо, чтобы золотникъ отклонялся вправо и влѣво отъ средняго положенія o' o' на одинаковую величину. Такъ какъ величина оконъ опредѣляется всегда въ зависимости отъ поперечнаго сѣченія цилиндра, составляя отъ $^1/_{16}$ до $^1/_{12}$ площади поршня, а толщина перегородокъ (стѣнокъ) опредѣляется практически, то длина золотника равняется удвоенной ширинѣ паровпускного окна и перегородки, увеличенной на ширину паровыпускного окна C.

Черт. 346—348.



Если эксцентрикъ, вращаясь отъ лѣвой руки къ правой, приближается къ передней мертвой точкѣ, то для совершеннаго открытія лѣваго окна необходимо, чтобы золотникъ отошелъ направо на величину этого окна, черт. 347. Когда эксцентрикъ, пройдя мертвую точку, движется дальше, то золотникъ движется влѣво и, пройдя ширину окна, занимаетъ опять среднее положеніе. Пройдя еще разъ такое же разстояніе, т. е. ширину окна, золотникъ открываетъ совершенно правое окно, при чемъ эксцентрикъ находится въ задней мертвой точкѣ, черт. 348. Отсюда слѣдуетъ, что ходъ золотника долженъ равняться по меньшей мѣрѣ двойной ширинѣ впускного окна, но такъ какъ онъ рав-

няется двойной длинѣ эксцентриситета, то поэтому длина эксцентриситета должна равняться, по меньшей мѣрѣ, ширинѣ паровпускного окна.

Когда эксцентрикъ занимаетъ свое наивысшее положеніе, черт. 346, то кривошипъ, а слѣдовательно и поршень находятся въ задней мертвой точкѣ. Если вращать кривошипъ отъ лѣвой руки къ правой, то эксцентрикъ вращается въ томъ же направленіи и сообщаетъ золотнику наибольшую скорость. Окно быстро открывается и паръ въ началѣ движенія поршня быстро наполняетъ цилиндръ. Одновременно открывается также окно для выпуска мятаго пара подъ золотникъ наружу, для уменьшенія его противодѣйствія. Когда затѣмъ кривошипъ приближается къ наивысшей точкѣ, то эксцентрикъ съ уменьшающейся скоростью приближается къ мертвой точкѣ, такъ что въ это время золотникъ болѣе всего удаленъ отъ средняго положенія и лѣвое окно совершенно открыто. При дальнѣйшемъ движеніи кривошипа, за наивысшимъ положеніемъ его, когда поршень проходитъ средину цилиндра, черт. 347, золотникъ возвращается сначала медленно, такъ какъ эксцентрикъ находится около мертвой точки, а затѣмъ все быстрѣе и быстрѣе и когда поршень дойдетъ до передней мертвой точки, то эксцентрикъ проходитъ чрезъ свое наинизшее положеніе, при чемъ золотникъ съ наибольшею скоростью передвигается отъ правой руки къ лѣвой, открывая впускъ правому окну и выпускъ лѣвому.

Разсматривая относительныя положенія и движенія золотника и поршня, находимъ, что когда поршень находится въ мертвой точкѣ, то паровпускное окно закрыто, а когда поршень находится на срединѣ своего хода и слѣдовательно имѣетъ наибольшую скорость, то паровпускное окно совершенно открыто. Оба эти обстоятельства весьма невыгодны, во первыхъ, потому, что въ мертвой точкѣ, гдѣ из-

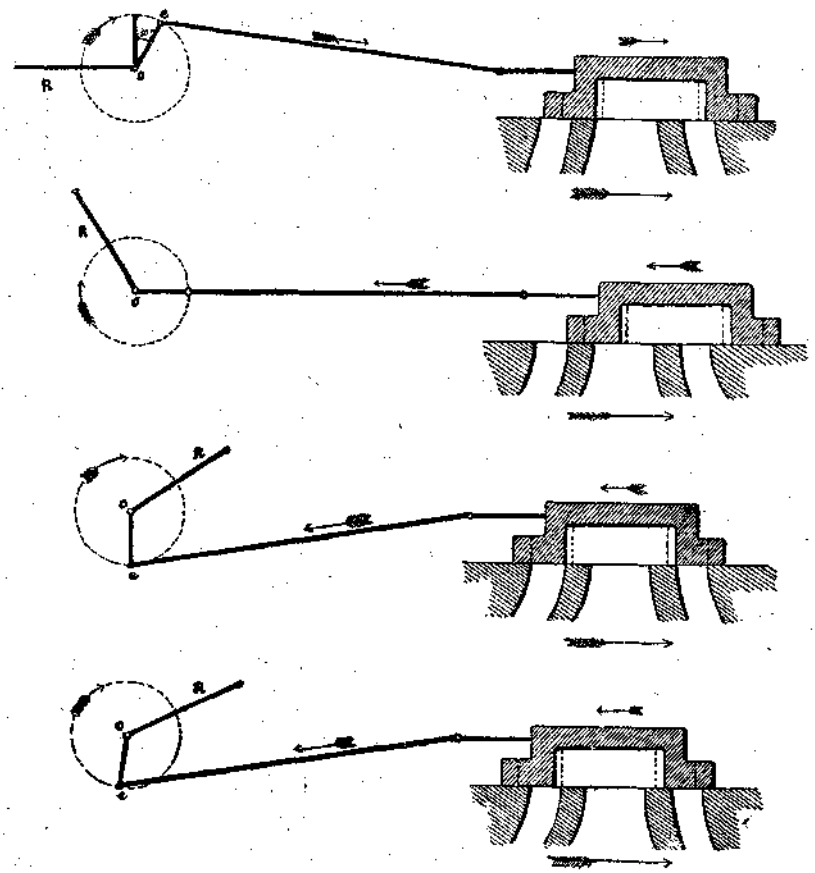
мѣняется направленіе поршня, послѣдній долженъ какъ будто бы выжидать притока пара, во вторыхъ потому, что въ среднемъ своемъ положеніи, когда поршень имѣетъ наибольшую скорость, притокъ пара самый обильный. Кромѣ того усматривается еще, что притокъ пара имѣетъ мѣсто въ продолженіи всего хода поршня, такъ что расширенія пара не существуетъ, а потому нѣтъ сбереженія въ топливѣ. Для устраненія этихъ недостатковъ устанавливаютъ эксцентрикъ не подъ прямымъ угломъ къ кривошипу, а подъ тупымъ, т. е. отклоняютъ линію эксцентриситета въ сторону движенія кривошипа на нѣкоторый уголъ, называемый *угломъ опереженія*, отъ нормальнаго ея положенія. При этомъ измѣненіи, когда поршень находится въ мертвой точкѣ, то паровпускное окно уже немного открыто, такъ какъ золотникъ уже отстоитъ отъ средняго своего положенія на нѣкоторое разстояніе, называемое *линейнымъ опереженіемъ* или *предваренiемъ*. Такимъ образомъ на поршень, прежде нежели онъ достигнетъ крайняго положенія, начинаетъ дѣйствовать свѣжій паръ.

Когда эксцентрикъ находится въ мертвой точкѣ и открытіе окна наибольшее, тогда поршень не достигаетъ средины цилиндра, такъ какъ кривошипъ не находится въ наивысшей точкѣ, но передъ нею на величину угла опереженія и потому не имѣетъ наибольшей скорости движенія. Для возможнаго же дѣйствія пара расширеніемъ употребляютъ кромѣ того золотники съ перекрышами, дѣйствіе которыхъ объясняется ниже.

Когда кривошипъ находится въ лѣвой мертвой точкѣ, черт. 349, то вслѣдствіе угла опереженія золотникъ долженъ уже открывать немного окно; при этомъ необходимо условіе, чтобы линейное опереженіе было немного больше наружной перекрышки. Затѣмъ, при дальнѣйшемъ вращеніи кривошипа отъ лѣвой руки къ правой, окно будетъ открываться все

больше и когда эксцентрикъ достигнетъ правой мертвой точки, то открытіе окна будетъ наибольшее, черт. 350. При

Черт. 349—352.



этомъ, для полнаго открытія окна необходимо, чтобы ходъ золотника равнялся по меньшей мѣрѣ удвоенной ширинѣ впускного окна, увеличенной на двойную ширину наружной перекрыши. Затѣмъ, когда золотникъ движется обратно, то начинается закрытіе лѣваго окна и полное закрытіе этого окна будетъ очевидно тѣмъ раньше, чѣмъ больше наружная перекрыша, черт. 351. Когда притокъ свѣжаго пара пре-

кращается, онъ начинаетъ дѣйствовать на поршень расширеніемъ, а потому, чѣмъ больше наружная перекрыша, тѣмъ раньше начинается расширеніе пара.

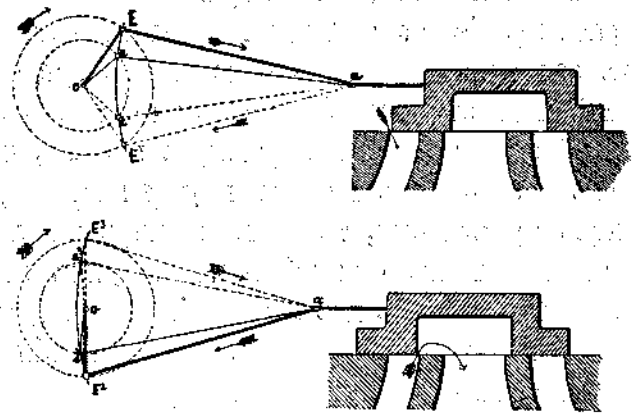
Это расширеніе пара будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока золотникъ не дойдетъ до своего средняго положенія, послѣ чего это же (лѣвое) окно открывается для выпуска пара подъ золотникъ, а оттуда наружу, черт. 352. Но коль скоро золотникъ имѣетъ внутреннюю перекрышу, обозначенную пунктиромъ, то выпускъ пара наружу замедляется и тѣмъ больше, чѣмъ больше ширина этой перекрыши, а слѣдовательно и расширеніе пара будетъ продолжаться; а потому продолжительность расширенія пара въ цилиндрѣ зависитъ отъ внутренней перекрыши и чѣмъ она больше, тѣмъ продолжительность расширенія пара больше.

Что касается отработаннаго пара, то выходъ его въ атмосферу, при золотникѣ безъ перекрышъ, прекращается въ тотъ моментъ, когда золотникъ достигаетъ своего средняго положенія; въ настоящемъ же случаѣ, при существованіи внутренней перекрыши, выпускъ отработаннаго пара прекращается раньше, на величину внутренней перекрыши, послѣ чего, конечно, наступаетъ сжатіе его за поршнемъ; чѣмъ больше внутренняя перекрыша, тѣмъ раньше прекращается выпускъ пара, а слѣдовательно, тѣмъ больше сжатіе его. Если бы наружная и внутренняя перекрыши были одинаковы, то одновременно съ началомъ расширенія пара начиналось бы и сжатіе за поршнемъ. Поэтому внутреннюю перекрышу обыкновенно дѣлаютъ значительно менѣе наружной, а именно: величина наружной перекрыши бываетъ около 1 дюйма и болѣе, внутренняя же—около $^1/_8$ и не больше $^1/_4$ дюйма.

Вліяніе величины эксцентриситета на пораспредѣленіе можно видѣть изъ слѣдующаго черт. 353. Когда кри-

вошипъ вращается отъ лѣвой руки къ правой, притокъ пара съ лѣвой стороны начинается тогда, когда золотникъ

Черт. 353 и 354.



передвинется на право немного болѣе величины наружной перекрыши. Соотвѣтственное положеніе эксцентриситетовъ найдемъ, описывая изъ точки a, окончанія золотниковой тяги, дугу длиною равною эксцентриковой тягѣ. Пересѣченіе этой дуги въ точкѣ E и e съ окружностями эксцентриситетовъ даетъ направленіе и положеніе послѣднихъ, соотвѣтствующихъ положенію золотника. При этомъ большій эксцентриситетъ проходитъ меньшій уголъ и конечно въ меньшій промежутокъ времени, такъ какъ движеніе обоихъ эксцентриковъ равномѣрно, а потому впускъ пара при большемъ эксцентриситетѣ начинается раньше; малый же эксцентриситетъ, чтобы сообщить золотнику такое же положеніе, долженъ пройти еще нѣкоторый уголъ, а потому начало открытія имъ окна для впуска пара будетъ позже. Мертвой точкѣ эксцентриситетовъ соотвѣтствуетъ наибольшее открытіе золотника, при чемъ обоимъ эксцентрикамъ отвѣчаетъ одно и то же положеніе кривошипа.

При обратномъ движеніи золотника впускъ пара прекращается тогда, когда золотникъ не доходитъ еще до своего

средняго положенія на величину наружной перекрышки. При этомъ соотвѣтственное положеніе эксцентриситетовъ будетъ E^1 и e^1, откуда видно, что большій эксцентриситетъ проходитъ большій уголъ и слѣдовательно въ большій промежутокъ времени, а потому впускъ пара при большемъ эксцентриситетѣ продолжается дольше и расширеніе начинается позже, чѣмъ при маломъ.

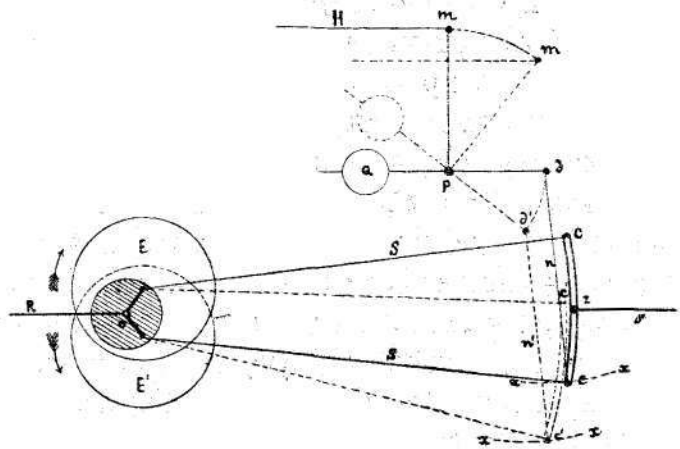
Расширеніе пара прекращается тогда, когда внутренній край золотника начинаетъ открывать окно для выхода пара наружу, что имѣетъ мѣсто при положеніи эксцентриситетовъ въ точкахъ E^2 и e^2, черт. 354; при этомъ большій эксцентриситетъ проходитъ меньшій уголъ, а потому продолжительность расширенія при большемъ эксцентриситетѣ меньше, чѣмъ при маломъ. Когда эксцентриситеты проходятъ черезъ мертвую точку (лѣвую) и золотникъ возвращается, закрывая лѣвое окно, то положеніе эксцентриситетовъ въ E^3 и e^3 соотвѣтствуетъ началу сжатія пара; такъ какъ большему эксцентриситету соотвѣтствуетъ большій уголъ, слѣдовательно окно закрывается позже, а потому и сжатіе пара при большемъ эксцентриситетѣ будетъ меньше.

Наконецъ, при увеличеніи угла предваренія увеличивается и *линейное опереженіе золотника*, т. е., при положеніи кривошипа въ мертвой точкѣ, отклоненіе золотника отъ средняго положенія будетъ больше, а слѣдовательно онъ раньше откроетъ окно для впуска пара, раньше дойдетъ до своего крайняго положенія, раньше возвращается и начинаетъ закрывать *впускное окно* и, слѣдовательно, раньше начинается расширеніе пара. Раньше прекращается также расширеніе, такъ какъ раньше открывается окно для выхода, раньше оканчивается выходъ пара, раньше начинается его сжатіе и раньше оканчивается, такъ какъ раньше открывается впускное окно. Вообще, всѣ дѣйствія золотника начинаются раньше.

Кулиса Стефенсона.

На ведущей оси O паровоза насажены наглухо два эксцентрика: E для передняго хода и E′ для задняго, черт. 355. Первый изъ нихъ, при движеніи паровоза впередъ,

Черт. 355.



опережаетъ кривошипъ R на 90°+уголъ предваренія (отъ 15 до 31°); второй же эксцентрикъ опережаетъ кривошипъ на такую же величину при обратномъ движеніи. Эксцентриковыя тяги SS соединяются съ концами кулисы CC. Золотниковый стержень s движется только по направленію своей длины. Кулиса подвѣшена своею нижнею частью, помощью подвѣски *n*, къ ломанному рычагу *дрт*, вращающемуся около точки *p*, при посредствѣ тяги H, направляемой изъ будки машиниста. Соединеніе кулисы и золотниковаго стержня происходитъ помощью камня Z, двигающагося въ пазу кулисы. Средина кулисы называется *мертвою* ея точкою. При опусканіи и подниманіи кулисы дѣйствуютъ на камень золотниковаго стержня различныя ея точки. Если кулиса будетъ опущена, какъ указано пунктиромъ, то камень займетъ положеніе выше средины ея и золотникъ бу-

детъ получать движеніе преимущественно отъ передняго эксцентрика E, почему паровозъ будетъ двигаться впередъ. При поднятіи же кулисы, будетъ обратное движеніе паровоза, такъ какъ на кулисный камень будетъ дѣйствовать эксцентрикъ E′ задняго хода. Когда же камень находится въ мертвой точкѣ, то паровозъ будетъ въ покоѣ, хотя бы регуляторъ былъ открытъ, такъ какъ золотникъ въ этомъ случаѣ или закрываетъ оба окна, или если откроетъ одно изъ нихъ, то весьма незначительно, а кривошипъ, находясь въ мертвой точкѣ или вблизи ея, не производитъ никакого движенія. Чѣмъ ближе къ срединѣ находится камень, тѣмъ меньше ходъ золотника; при этомъ парораспредѣленіе измѣняется такъ, какъ будто бы при одномъ и томъ же эксцентрикѣ величина эксцентриситета уменьшалась, т. е. расширеніе пара будетъ тѣмъ больше, чѣмъ ближе камень къ срединѣ кулисы. Кулиса и эксцентриковыя тяги имѣютъ значительный вѣсъ и чтобы облегчить поднятіе ихъ, употребляютъ противовѣсъ Q на продолженіи рычага *рд*.

Представленныя на чертежѣ эксцентриковыя тяги называются *открытыми*; если же эксцентриковую тягу передняго хода соединить съ нижнимъ концомъ кулисы, а таковую же—задняго хода—съ верхнимъ концомъ ея, то такія тяги называются *перекрещенными*. Подвѣшивать кулису возможно и среднею и верхнею ея частями и чѣмъ длиннѣе подвѣски *n*, тѣмъ кривая движенія кулисы *xx* приближается больше къ прямой линіи и кулисный камень Z меньше подпрыгиваетъ. Радіусъ самой кулисы CC равняется длинѣ эксцентриковой тяги, которая въ свою очередь равна, по меньшей мѣрѣ, 20—25 эксцентриситетамъ.

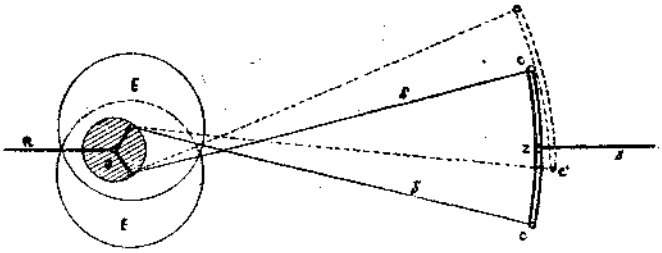
Недостатокъ кулисы Стефенсона состоитъ въ томъ, что при опусканіи ея, какъ это видно на чертежѣ, точка C уходитъ во внутрь кривой въ точку *c* и камень Z приближается къ ведущей оси паровоза, когда кривошипъ стоитъ

въ задней мертвой точкѣ. Отсюда слѣдуетъ, что когда паръ работаетъ съ меньшимъ разширеніемъ, то золотникъ, приближаясь къ ведущей оси, уменьшаетъ линейное предваре-ніе и, наоборотъ, когда паръ работаетъ съ большимъ расширеніемъ, т. е. когда камень находится ближе къ мертвой точкѣ кулисы, то линейное предвареніе увеличивается. Такъ какъ вслѣдствіе увеличенія линейнаго предваренія является преждевременное сжатіе пара съ противоположной стороны поршня, то для уравненія этого предваренія при различномъ расширеніи пара, для передняго хода отклоняютъ кривошипъ въ сторону задняго эксцентрика, т. е. уменьшаютъ уголъ между кривошипомъ и эксцентрикомъ задняго хода; при этомъ чтобы разница въ углахъ наклоненія кривошипа къ эксцентрикамъ не была очень значительна, то увеличиваютъ еще длину эксцентриковыхъ тягъ и уменьшаютъ соотвѣтственно длину кулисы. Иногда достигаютъ этого уравненія предваренія одними послѣдними обстоятельствами, такъ какъ съ увеличеніемъ длины тягъ и уменьшеніемъ длины кулисы, эта разница въ предвареніи значительно уменьшается. Выравниваніемъ линейнаго предваренія золотника для передняго хода паровоза, посредствомъ измѣненія угла опереженія, производится еще большая неправильность въ пораспредѣленіи для задняго хода, но для поѣздныхъ паровозовъ это не имѣетъ важнаго значенія.

При перекрещенныхъ тягахъ имѣетъ мѣсто обратное измѣненіе предваренія, т. е. при работѣ пара съ большимъ расширеніемъ, когда камень находится ближе къ срединѣ, линейное предвареніе уменьшается; при чемъ при незначительномъ углѣ предваренія и другихъ неблагопріятныхъ обстоятельствахъ можетъ не произойти вовсе должнаго открытія, почему при такихъ тягахъ полезно давать большій уголь предваренія. Это можно видѣть на прилагаемомъ черт. 356, гдѣ при поднятіи кулисы и слѣдовательно при работѣ

передняго эксцентрика на малое расширеніе пара, камень Z удаляется отъ ведущей оси и потому линейное предваре-

Черт. 356.

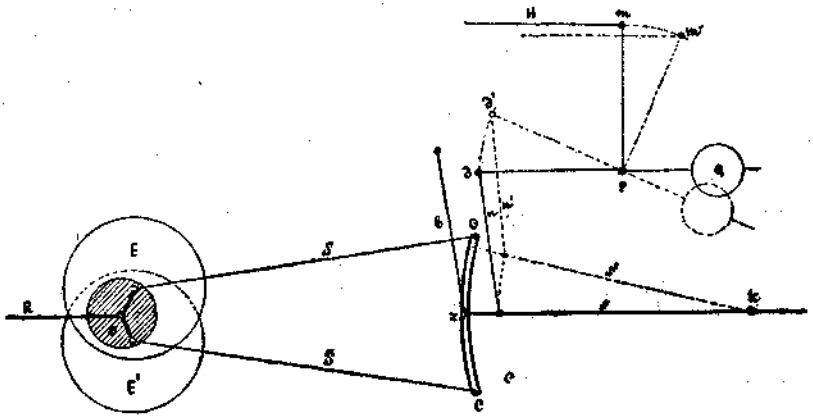


ніе золотника увеличивается. Наоборотъ, при работѣ пара съ большимъ расширеніемъ, когда камень находится ближе къ мертвой точкѣ кулисы, предваренiе уменьшается.

Кулиса Гуча.

Сама кулиса CC обращена своею выпуклостью къ ведущей оси O и удерживается постоянной подвѣской *в*, такъ что не можетъ ни подниматься, ни опускаться, черт. 357.

Черт. 357.



Камень кулисный Z, соединенный съ золотниковой тягою s, вращается около точки *к* и можетъ быть устанавливаемъ

въ разныхъ точкахъ кулисы, для полученія большаго или меньшаго расширенія пара. Здѣсь также одна половина кулисы сообщаетъ паровозу движеніе впередъ, а другая—назадъ. Подвѣска *в* прикрѣпляется къ средней части кулисы, ближе къ пазу и должна быть возможно длиннѣе, такъ какъ въ этомъ случаѣ направленіе движенія камня приближается къ прямой линіи. Поднятіе и опусканіе кулиснаго камня производится помощью подвѣски *п* и колѣнчатаго рычага *дрт*, насаженнаго наглухо на переводный валъ *р*.

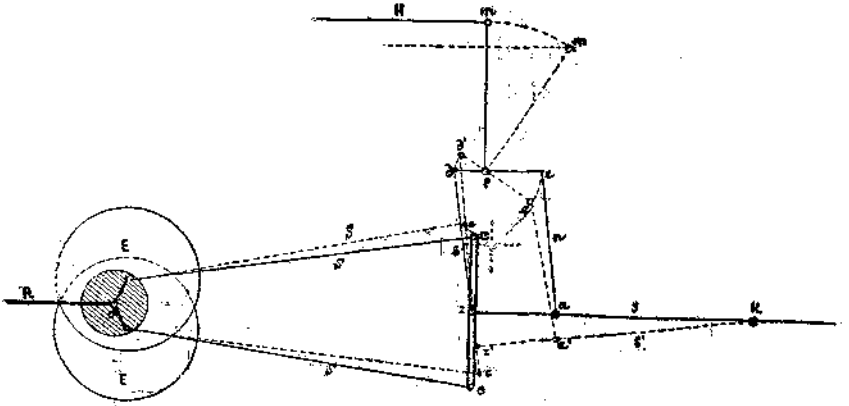
Отличіе кулисы Гуча отъ кулисы Стефенсона заключается въ томъ, что здѣсь, при различномъ расширеніи пара, линейное предвареніе остается всегда постояннымъ, такъ какъ при движеніи камня Z въ кулисѣ, точка *к*, а слѣдовательно и золотникъ остаются на мѣстѣ. Это происходитъ потому, что кулиса CC описана радіусомъ s изъ точки *к* золотниковой тяги. Для возможнаго примѣненія этой кулисы необходимо большое удаленіе золотниковой коробки отъ ведущей оси паровоза, такъ какъ золотниковый стержень s, находящійся между этою осью и золотниковою коробкою, и эксцентриковыя тяги SS′, для болѣе равномѣрнаго движенія золотника, должны быть возможно длиннѣе. Углы опереженія здѣсь всегда одинаковы.

Кулиса Аллана.

Такъ какъ изготовленіе кривыхъ кулисъ, до изобрѣтенія соотвѣтственныхъ станковъ, сопряжено было съ большими затрудненіями, то англійскимъ инженеромъ Алланомъ устроена прямая кулиса, представляющая особую комбинацію двухъ предшествовавшихъ кулисъ; черт. 358. Здѣсь кулиса CC можетъ подниматься и опускаться, а равно и камень Z измѣняетъ свое положеніе. Углы предваренія обоихъ эксцентриковъ равны между собою, а эксцентриковыя тяги бываютъ

или открытыя или перекрещенныя. Кулиса же подвѣшивается среднею своею частью помощью подвѣски *в* къ рычагу *de*, а камень Z, соединенный съ золотниковою тягою

Черт. 358.



s, посредствомъ послѣдней и подвѣски *n* подвѣшивается къ тому же рычагу, насаженному на переводный валъ *p*. Подвѣски должны быть возможно длиннѣе, а рычагъ *de* не больше длины *Za*.

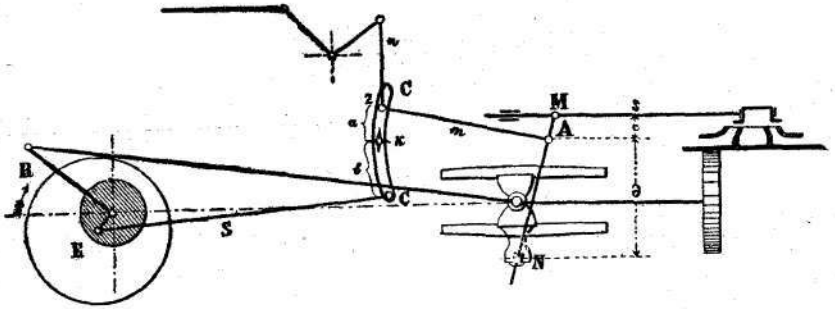
Кулиса Аллана дѣйствуетъ также, какъ и Стефенсона; линейное предвареніе увеличивается одновременно съ большимъ расширеніемъ пара при открытыхъ эксцентриковыхъ тягахъ и, наоборотъ, уменьшается при перекрещенныхъ, но въ меньшей степени; это происходитъ оттого, что для перемѣщенія камня въ точку Z′ поднятіе кулисы весьма незначительно (на величину *Cc*), а пониженіе самаго камня, вслѣдствіе вращенія внизъ золотниковой тяги s—въ положеніе s′, значительно больше (на величину ZZ′).

Кулиса Аллана, подобно кулисѣ Гуча, требуетъ значительнаго удаленія ведущей оси отъ золотниковой коробки, во избѣжаніе короткихъ эксцентриковыхъ тягъ, вредныхъ для равномѣрнаго движенія золотника.

Кулиса Гейзингера.

При этомъ парораспредѣленіи имѣется только одинъ эксцентрикъ E, насаженный на ось подъ угломъ предваренія въ 180°, и слѣдовательно линія эксцентриситета образуетъ съ кривошипомъ прямой уголъ, въ сторону обратную движенію часовой стрѣлки; черт. 359. Помощью тяги S эксцентриковый хомутъ соединяется съ нижнимъ концомъ кулисы CC,

Черт. 359.



описанной радіусомъ m и качающейся своею среднею частью на неподвижной оси κ. Кулисный камень Z устанавливается на произвольной высотѣ помощью подвѣски n и ломаннаго рычага. Въ то же время кулисный камень, будучи соединенъ помощью тяги m съ точкою A прямого рычага NM, сообщаетъ послѣднему свои колебанія. Нижній конецъ этого рычага въ свою очередь приводится въ движеніе и отъ крейцкопфа; другой же конецъ его въ точкѣ M соединенъ съ золотниковымъ штокомъ s.

Для уясненія движенія золотника необходимо разсмотрѣть движеніе рычага NM, каковое составляется изъ двухъ частей:

1) движенія отъ эксцентрика и

2) движенія отъ крейцкопфа.

Предположивъ, что кривошипъ R, а слѣдовательно и крейцкопфъ и точка N находятся въ покоѣ и что эксцент-

рикъ E вышелъ изъ своего наинизшаго положенія, соотвѣтствующаго мертвому положенію кривошипа, пройдя нѣкоторый уголъ, указанный на чертежѣ, то при этомъ, вслѣдствіе вращенія кулисы около оси *к*, перемѣстится точка A, а съ нею и точка M на нѣкоторую величину *вправо*. Величина этого перемѣщенія обусловливается положеніемъ камня въ кулисѣ (отношеніемъ плечъ *а* къ *в*) и отношеніемъ плечъ (*с* къ *д*) самаго рычага NM.

Предположивъ затѣмъ, что эксцентрикъ, а слѣдовательно кулиса и точка A находится въ покоѣ и что кривошипъ вышелъ изъ своего мертваго положенія, пройдя такой же уголъ, какъ и эксцентрикъ, то при этомъ крейцкопфъ, а съ нимъ и точка N перемѣстятся вправо на нѣкоторую величину, точка же M перемѣстится при этомъ *влѣво*, при чемъ величина перемѣщенія обусловливается отношеніемъ плечъ (*с* и *д*) рычага NM. Такимъ образомъ дѣйствительное перемѣщеніе точки M или передвиженіе золотника будетъ представлять разность этихъ двухъ перемѣщеній. Такъ какъ перемѣщеніе отъ эксцентрика точки *к* вправо болѣе значительно, чѣмъ отъ крейцкопфа влѣво, то въ результатѣ золотникъ будетъ передвигаться вправо и открывать лѣвое впускное окно.

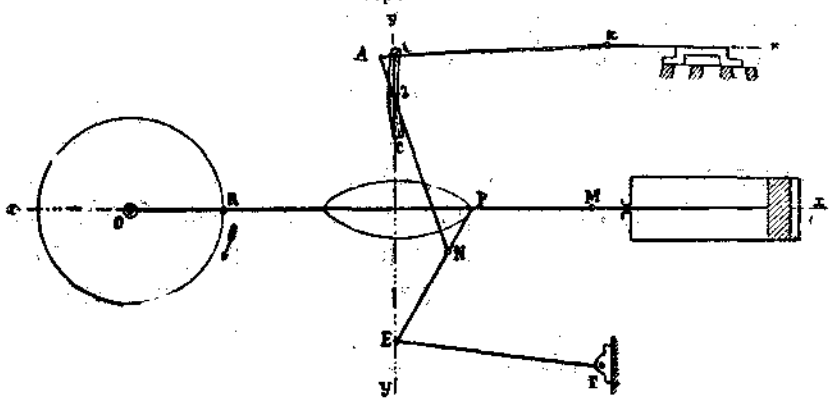
Обыкновенно взамѣнъ эксцентрика устраиваютъ обратный кривошипъ, при этомъ расположеніе всего механизма пораспредѣленія дѣлается снаружи паровоза и потому болѣе доступно для осмотра; золотниковое зеркало располагается надъ цилиндромъ параллельно его оси. Вслѣдствіе постоянства плечъ *с* и *д* линейное предвареніе золотника остается постояннымъ при всѣхъ степеняхъ отсѣчки пара.

Кулиса Джоя.

Пароraспредѣлительный механизмъ Джоя появился впервые лѣтъ тридцать тому назадъ и въ настоящее время получилъ уже значительное распространеніе. Пароraспредѣленіе по системѣ Джоя совершается съ помощью простого коробчатаго золотника, приводимаго въ движеніе системою рычаговъ, соединенныхъ съ движущимъ шатуномъ паровой машины. Такимъ образомъ въ данномъ случаѣ эксцентрики вовсе отсутствуютъ.

На черт. 360, представляющемъ схему механизма, M—крейцкопфъ, R—палецъ кривошипа, MR—движущій ша-

Черт. 360.



тунъ, P—точка шатуна, отъ которой получаетъ движеніе вся система рычаговъ пароraспредѣлительнаго механизма; она называется *ведущею* точкою шатуна. PE—*первый* рычагъ механизма Джоя; при помощи длинной тяги EF—конецъ E этого рычага направляется во время движенія машины приблизительно по вертикали УУ; N—то мѣсто на первомъ рычагѣ, которымъ онъ соединенъ со *вторымъ* рычагомъ AN; другой конецъ A второго рычага соединенъ съ золотниковою тягою A*x* и съ золотникомъ; точка Z этого рычага направляется

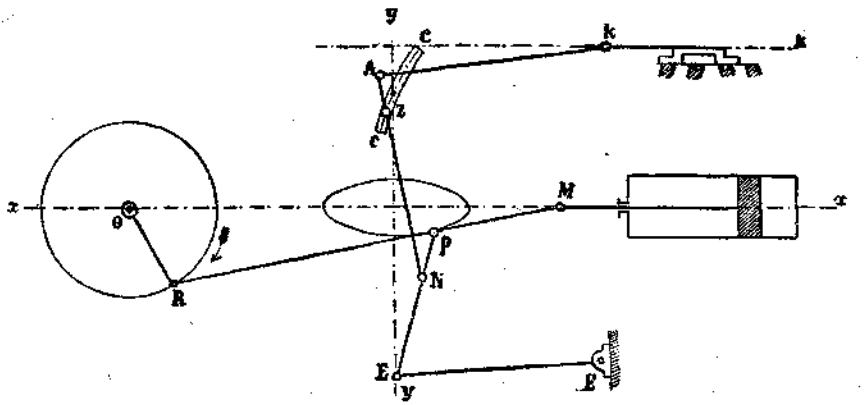
во время дѣйствія машины по кулисѣ CC, представляющей дугу круга обыкновенно значительнаго радіуса.

При вращеніи кривошипа OR по направленію стрѣлки, ведущая точка P шатуна описываетъ эллипсисъ и точки N и A дѣлаютъ то же самое, при чемъ точка A, при совпаденіи кулисы съ вертикалью УУ, какъ указано на чертежѣ, отклоняется одинаково въ обѣ стороны отъ вертикали и заставляетъ своимъ качаніемъ перемѣщаться золотникъ такъ, какъ бы отъ простого эксцентрика съ нѣкоторымъ эксцентриситетомъ и угломъ опереженія. Когда палецъ кривошипа находится въ мертвыхъ точкахъ, на оси *xx*, точка P шатуна занимаетъ положеніе по концамъ большой оси эллипсиса, а точка Z, центръ вращенія рычага AN, совпадаетъ съ срединою кулисы. При этомъ точка A и вмѣстѣ съ нею золотникъ получаютъ отклоненіе, соотвѣтствующее линейному предваренію впуска. Такъ какъ при движеніи точки P влѣво по часовой стрѣлкѣ точка A, отклоняясь *вправо*, начинаетъ перекрывать переднее впускное окно, это отклоненіе будетъ вмѣстѣ съ тѣмъ и наибольшее. Для сообщенія же золотнику перемѣннаго движенія (различной отсѣчки) наклоняютъ кулису CC къ вертикали УУ, при чемъ вертикальныя движенія точки Z (на величину малой оси эллипсиса) превращаются въ горизонтальныя—большія или меньшія, смотря по углу наклоненія кулисы. Черт. 361.

Благодаря наклонному положенію кулисы, точка Z рычага AN, опускаясь вмѣстѣ съ нимъ при этомъ внизъ по кулисѣ, перемѣщается *влѣво* вмѣстѣ съ точкою A и тѣмъ больше, чѣмъ больше наклонъ кулисы. Такимъ образомъ хотя отъ движенія точки P влѣво по часовой стрѣлкѣ золотникъ и получаетъ нѣкоторое движеніе вправо, но вслѣдствіе болѣе значительнаго перемѣщенія въ то же время точки Z, а съ нею и точки A внизъ и влѣво по кулисѣ, золотникъ всетаки движется *влѣво*, продолжая открывать пе-

реднее впускное окно еще больше. При движеніи кривошипа отъ лѣваго мертваго положенія вверхъ, точка P, переходя

Черт. 361.



на верхнюю половину эллипсиса, заставляетъ точку Z передвигаться выше средины кулисы, вправо отъ оси УУ и, передвигая золотникъ вправо, открывать впускъ пара по лѣвую сторону поршня.

Если кулису перевести такъ, чтобы верхній ея конецъ былъ отклоненъ влѣво, то паровозъ получитъ задній ходъ. Въ этомъ случаѣ нетрудно видѣть, что впускъ пара въ переднюю часть цилиндра будетъ имѣть мѣсто только тогда, когда кривошипъ отъ праваго мертваго положенія пойдетъ вверхъ, потому что при движеніи точки P по эллипсису вверхъ, точка A будетъ отклоняться кулисою влѣво и откроетъ для пара переднюю часть цилиндра. Такимъ образомъ наклоненіемъ кулисы въ ту или другую сторону даютъ паровозу кромѣ того передній или задній ходъ.

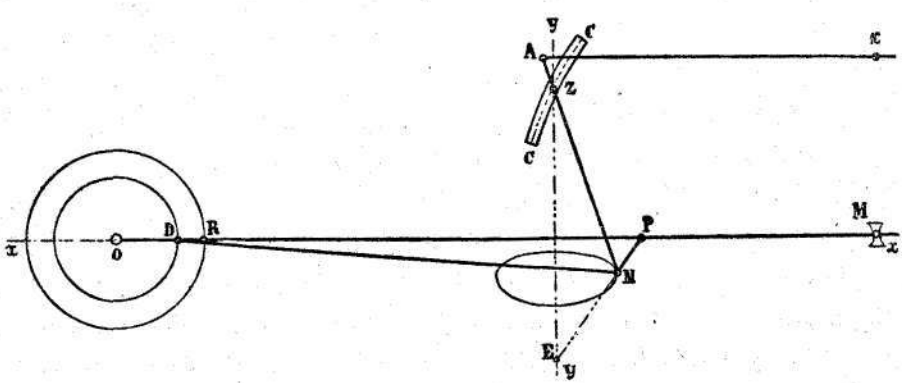
Примѣненіе въ механизмѣ Джоя двухъ рычаговъ EP и NA, образующихъ собою параллелограмъ, объясняется невозможностью прямого и жесткаго соединенія движущей точки P съ шатуномъ, такъ какъ точка P движется одновременно и по горизонтали, и по наклонной плоскости,

образуемой кулисой. Кромѣ того, примѣненіемъ рычага ЕР уменьшается горизонтальное перемѣщеніе точки Р; двуплечимъ же рычагомъ NA движеніе точки Р передается точкѣ А еще болѣе уменьшеннымъ и по противоположному направленію.

Кулису СС укрѣпляютъ на валу, которымъ помощью переводнаго рычага можно поворачивать и удерживать кулису въ любомъ наклоненіи. При этомъ, чѣмъ больше уголъ наклоненія кулисы къ вертикали УУ, тѣмъ больше наполненіе цилиндра и наоборотъ. Величина линейнаго предваренія впуска остается постоянною при всякомъ наполненіи, что усматривается изъ того, что при положеніи кривошипа въ мертвыхъ точкахъ центръ вращенія второго рычага совпадаетъ съ центромъ вращенія кулисы, слѣдовательно какъ бы кулису ни поворачивать, золотникъ будетъ оставаться на одномъ и томъ же мѣстѣ.

Примѣненіе механизма Джоя въ томъ видѣ, въ какомъ выше разсмотрѣнъ, оказывается не всегда возможнымъ. Напр. въ товарныхъ паровозахъ, когда оси цилиндровъ лежатъ низко, близко къ землѣ, первый рычагъ механизма Джоя не имѣетъ мѣста для свободнаго перемѣщенія своего нижняго конца. При подобныхъ обстоятельствахъ механизмъ видоизмѣняется такъ, какъ представлено на черт. 362, а именно:

Черт. 362.



часть EN перваго рычага съ направляющею конецъ E тягою отбрасывается и точка N направляется въ своемъ движеніи новою тягою DN, соединенною съ обратнымъ кривошипомъ OD. При этомъ перемѣщенія точки N остаются приблизительно тѣ же, какъ и въ первомъ случаѣ.

Состояніе пара отъ начала образованія его до выхода наружу.

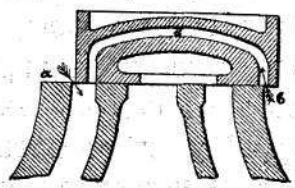
Паръ, образованный въ котлѣ, проводится по регуляторной трубѣ въ золотниковыя коробки, оттуда каналами попеременно входитъ въ цилиндры, толкая поршень то въ одну, то въ другую сторону. Коль скоро открытъ регуляторъ для выхода пара, давленіе въ котлѣ уменьшается, начинается кипѣніе воды и отдѣленіе паровъ во всей массѣ и уровень ея поэтому возвышается. Паръ, поступающій въ регуляторную трубу, никогда не можетъ быть совершенно сухъ, но содержитъ вслѣдствіе постояннаго кипѣнія около 10% и больше воды въ капельно-жидкомъ состояніи, которая впрочемъ частью обращается въ паръ въ паропроводящихъ трубахъ, если таковыя расположены внутри дымовой коробки.

Такъ какъ отверстія регуляторной головки вообще незначительны и паръ, проходя чрезъ узкія отверстія, расширяется въ регуляторной трубѣ, испытывая въ то же время сопротивленіе при своемъ движеніи отъ тренія о стѣнки трубъ, то упругость его въ золотниковой коробкѣ ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть такою, какъ была первоначально въ самомъ котлѣ, но отъ 5 до 10% меньше прежней. Къ тому же, охлаждаясь отчасти въ золотниковой коробкѣ и проходя затѣмъ въ цилиндръ по каналамъ, паръ снова теряетъ часть своей упругости, такъ что упругость рабочаго пара въ цилиндрѣ составляетъ лишь около 85% первоначальной упругости. Эта разница упругости пара въ котлѣ и

цилиндрѣ увеличивается съ увеличеніемъ скорости движенія поршня и уменьшается съ увеличеніемъ открытія регулятора, при чемъ если регуляторъ открыть незначительно, около 1/4, то давленіе пара въ цилиндрѣ можетъ быть лишь половина всего давленія пара въ котлѣ. Прикрывать немного регуляторъ слѣдуетъ лишь въ томъ случаѣ, когда при наполненіи цилиндра паромъ на 1/4 его хода сила тяги машины оказывается все-таки больше, чѣмъ сопротивленіе поѣзда движенію.

Впускъ пара окнами въ цилиндръ долженъ быть по возможности свободнѣе, при чемъ окна должны быть соотвѣтственныхъ размѣровъ и открытіе ихъ золотниками возможно больше (шире). При этомъ, такъ какъ впускъ пара въ началѣ открытія окна и въ концѣ закрытія окна весьма незначителенъ, то полезно устраивать окно возможно длиннѣе или же примѣнять золотникъ съ внутреннимъ каналомъ (сист. Трика), представленный на черт. 363 въ поперечномъ сѣченіи. Преимущество такого золотника состоитъ въ томъ, что при незначительномъ открытіи имъ окна, паръ входитъ въ цилиндръ не только черезъ щель *а*, но также и каналомъ *в*, какъ это показано стрѣлками, и такимъ образомъ впускъ пара ускоряется.

Черт. 363.



Расширеніе пара достигается уменьшеніемъ хода золотника, при чемъ послѣдній не открываетъ всего окна для впуска пара, и чѣмъ меньше открытіе, тѣмъ больше расширеніе. Какъ ни полезно имѣть въ цилиндрѣ возможно большее расширеніе пара, тѣмъ не менѣе невыгодно прекращать впускъ пара на разстояніи меньшемъ четверти хода поршня. И такъ, если принять рабочее давленіе пара въ котлѣ 8 атмосферъ, то давленіе его въ цилиндрѣ, въ началѣ расширенія, будетъ около 7 атмосферъ. При дальнѣй-

шемъ расширеніи пара, когда онъ заполнитъ весь цилиндръ и слѣдовательно увеличится въ объемѣ въ 4 раза, то упругость его уменьшится и будетъ въ концѣ хода поршня около 7 : 4 т. е. нѣсколько болѣе 1,5 атмосферы—приблизительно такая, какая нужна для того, чтобы при выходѣ въ атмосферу произвести надлежащую тягу воздуха.

При разсмотрѣніи движенія золотника замѣчено, что выходъ мятаго пара пріостанавливается раньше, нежели поршень дойдетъ до своего крайняго положенія, а затѣмъ сжимается. Сжатіе при одномъ золотникѣ начинается тѣмъ раньше и слѣдовательно бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше расширеніе рабочаго пара. Это сжатіе пара происходитъ въ такъ называемомъ вредномъ пространствѣ, образуемомъ паропроводнымъ каналомъ и между цилиндровою крышкою и поршнемъ, такъ какъ поршень обыкновенно не доходитъ вплоть до крышки. При этомъ сжатый паръ пріобрѣтаетъ упругость или большую, или меньшую, или равную упругости пара въ золотниковой коробкѣ. Если въ моментъ открытія золотникомъ окна сжатый паръ имѣетъ большую упругость, чѣмъ упругость пара въ золотниковой коробкѣ, то часть его, въ такомъ случаѣ, выходитъ чрезъ окно въ коробку и увеличиваетъ тамъ упругость свѣжаго пара весьма незначительно, такъ какъ все количество сжатаго пара сравнительно мало. При этомъ теряется работа машины на сжатіе пара и къ тому же сильное сжатіе пара невыгодно еще въ томъ отношеніи, что разстраиваетъ набивку сальниковъ. Если же сжатый паръ имѣетъ упругость меньшую, чѣмъ таковая имѣется въ золотниковой коробкѣ, то свѣжій паръ изъ золотниковой коробки стремится въ цилиндръ для образованія во вредномъ пространствѣ нормальнаго давленія, такъ что это прибавочное количество пара безполезно и только во время расширенія оно оказываетъ нѣкоторое дѣйствіе. Если, наконецъ, сжатіе пара доведено

было до той упругости, какую имѣетъ свѣжій паръ въ золотниковой коробкѣ, то машина дѣйствуетъ такъ, какъ будто бы не было вреднаго пространства и съ самаго начала обратнаго хода поршня паръ дѣйствуетъ нормальнымъ давленіемъ, возвращая работу, употребленную на его сжатіе.

Зная объемъ вреднаго пространства и степень расширенія рабочаго пара, *можно опредѣлить мѣсто, гдѣ должно* начать сжатіе пара, чтобы придать ему въ концѣ нормальное давленіе. Очевидно, что при большемъ расширеніи необходимо раньше начать сжатіе. Выгода сжатія пара обусловливаетъ еще покойный возвратъ поршня, предупреждаетъ удары цапфъ кривошиповъ и сильное стремленіе свѣжаго пара въ цилиндръ. Предположивъ, что сжатія пара нѣтъ, тогда сберегается работа машины на сжатіе, но за то необходимо свѣжимъ паромъ выполнить вредное пространство; при этомъ хотя полезное дѣйствіе машины будетъ больше, но за то расходъ пара будетъ гораздо значительнѣе, при чемъ увеличенное количество пара производитъ свое дѣйствіе только при дальнѣйшемъ расширеніи его, а не въ началѣ во время впуска.

Линейное предвареніе устраиваютъ такимъ образомъ, чтобы открытіе впускного окна имѣло мѣсто уже въ тотъ моментъ, когда кривошипъ приближается къ мертвой точкѣ. Цѣль этого заключается въ томъ, чтобы еще при началѣ обратнаго хода поршня открытіе окна было около $^1/_4$ дюйма и паръ имѣлъ свободный входъ. Вслѣдствіе этого поршень, въ моментъ перемѣны хода, въ случаѣ недостаточнаго сжатія отработаннаго пара, встрѣчаетъ все-таки паръ надлежащей упрогости. Такъ какъ при большемъ расширеніи пара движеніе золотника медленнѣе, ибо ходъ его меньше, поэтому и линейное предвареніе будетъ меньше. Одновременно съ увеличеніемъ расширенія пара увеличивается и сжатіе его

а потому свѣжій паръ, поступая въ цилиндръ, встрѣчаетъ давленіе немного меньше своего и для увеличенія его до нормальнаго давленія достаточно, если паръ входитъ узкимъ отверстіемъ. Кромѣ того, при большомъ расширеніи продолжительность впуска пара весьма незначительна, а потому начало впуска пара не должно быть слишкомъ раннее: оно должно быть незадолго до прихода поршня въ мертвую точку. Иначе, т. е. при раннемъ впускѣ пара, можетъ случиться, что поршень не успѣетъ возвратиться отъ мертвой точки, какъ впускъ свѣжаго пара уже прекращается.

Линейное открытіе впускного окна, при положеніи поршня въ мертвой точкѣ, бываетъ весьма различно; кромѣ того, при нѣкоторыхъ кулисахъ это открытіе измѣняется еще въ зависимости отъ положенія камня. Непосредственнымъ измѣреніемъ открытія окна золотникомъ, при кулисѣ Стефенсона, въ товарныхъ паровозахъ Коломенскаго завода найдено, что при открытыхъ тягахъ и совершенно опущенной кулисѣ окно открывалось только на 4 мм.; при положеніи же средины кулисы вблизи камня, открытіе окна было $9^1/_2$ мм. Подобное измѣненіе открытія окна замѣчается въ кулисѣ Аллана, но въ меньшей степени. При перекрещенныхъ тягахъ кулисъ Стефенсона и Аллана, какъ пояснено раньше, открытіе впускного окна уменьшается съ приближеніемъ камня къ срединѣ кулисы. Измѣреніемъ открытія окна при такой кулисѣ Аллана опредѣлены слѣдующія величины: при совершенно опущенной кулисѣ—6 мм., а при положеніи камня вблизи средины кулисы—3 мм. Обыкновенно устанавливаютъ золотникъ такимъ образомъ, дабы при извѣстномъ положеніи кулиснаго камня, соотвѣтствующемъ обыкновенной работѣ машины, линейное открытіе окна было отъ 6 до 10 мм. для золотниковъ безъ каналовъ и отъ 2 до 4 мм. для золотниковъ съ каналами.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены данныя относительно системы кулисы, угла опереженія, эксцентриситета и внутренней и наружной перекрышъ нѣкоторыхъ существующихъ паровозовъ.

Наименованіе паровоза.	Кулиса.	Уголъ опереженія.	Эксцентриситетъ.	Перекрыша. Внутренняя.	Перекрыша. Наружная.
6-ти колесный паровозъ завода Русскаго общества . . .	Стефенсона.	26°	58 мм.	2 мм.	24,5 мм.
Тоже Коломенскаго зав. Струве	Аллана.	31	82,5	5	25,5
» Мальцевскаго завода . .	Стефенсона.	15	65	5	21
» Бельгійскаго зав. Эврара	Аллана.	15	80	0,5	14,25
» Австрійскаго зав. Зигля	Тоже.	31,5	80	1	24,5
» Американскаго зав. Балдуина	Стефенсона.	пер. ходъ—21 задн. » —15	63	3	21
Товаро-пассажирскій паровозъ завода Русскаго общества .	Тоже.	26	58	2	24,5
Тоже Коломенскаго зав. Струве	Аллана.	30	57	3,5	16
» Воткинскаго завода . .	Гуча.	18	65	6,5	23,5
» завода Кеслера	Аллана.	30	75	4,5	23,5
» » Зигля	Стефенсона.	25	85	2,5	28
8-ми колесный паровозъ завода Русскаго общества . . .	Аллана.	30	80	2	26
Тоже Коломенскаго завода	Тоже.	26,5	86	1½	22
» завода Гартмана	Гуча.	34	70	3	30

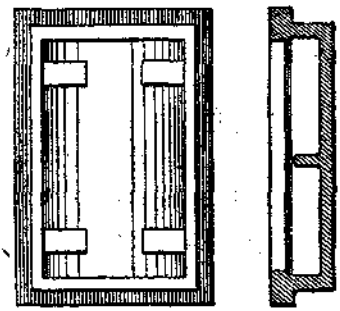
Устройство частей парораспредѣлительнаго механизма.

Части парораспредѣлительнаго механизма располагаются или внутри паровозной рамы подъ котломъ или снаружи ея. Въ послѣднемъ случаѣ эти части болѣе доступны и котелъ можетъ быть расположенъ значительно ниже, но за то онѣ болѣе сложны и менѣе прочны, нежели въ первомъ случаѣ.

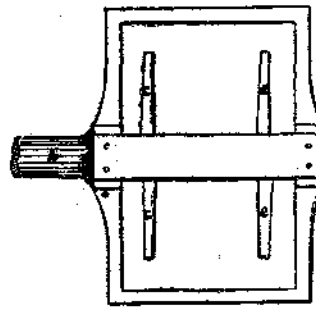
Наиболѣе употребляемая форма золотника представлена на черт. 364 и 365 въ планѣ и въ продольномъ разрѣзѣ. Золотникъ отливается изъ мѣди, иногда изъ чугуна, такъ какъ оба эти матеріала хорошо работаютъ по обстроганной и притертой плоскости цилиндра. Длина золотника, а слѣ-

довательно и паровыхъ оконъ, должна быть возможно больше, обыкновенно немного меньше діаметра цилиндра. Глубина золотника должна быть такая, чтобы при наибольшемъ изнашиваніи его она оставалась равною ширинѣ паровпускного окна.

Черт. 364 и 365.



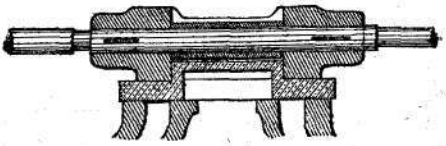
Черт. 366.

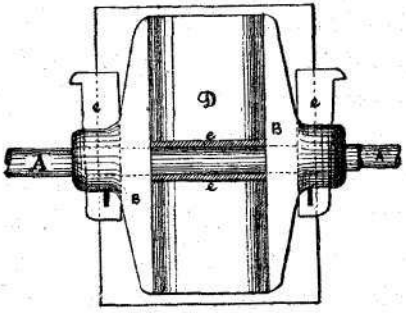


Золотникъ обхватывается желѣзною четыреугольною рамкою, снабженною сверху планкою, черт. 366. Къ планкѣ прикрѣплены двѣ пружины *cc*, служащія для прижатія золотника къ лицу цилиндра. Такъ какъ во время работы поршня золотникъ достаточно прижимается давленіемъ пара, то употребленіе этихъ пружинъ не составляетъ необходимой принадлежности, тѣмъ болѣе, что онѣ иногда ломаются и попадаютъ чрезъ паровые каналы въ цилиндръ. Кромѣ того, при движеніи паровоза безъ пара, эти пружины способствуютъ скорѣйшему истиранію, а иногда и заѣданію золотника. Для направленія золотника, взамѣнъ рамки, употребляютъ иногда особое устройство (сист. Коренса), представленное на черт. 367 и 368 и состоящее въ слѣдующемъ. На стержнѣ A насажены двѣ желѣзныя щеки BB, которыя посредствомъ клиньевъ *cc* могутъ быть придвинуты другъ къ другу настолько, что плотно обхватываютъ лежащій между ними золотникъ D. Чтобы это зажатіе золотника не было слишкомъ сильно, между щеками помѣщается трубка *ee*.

Для пропуска стержня посрединѣ золотника сдѣлано соотвѣтственное углубленіе. Преимущество такого устройства заключается въ томъ, что избѣгается мертвый ходъ золотника, происходящій современемъ отъ образованія зазора между рамкою и золотникомъ.

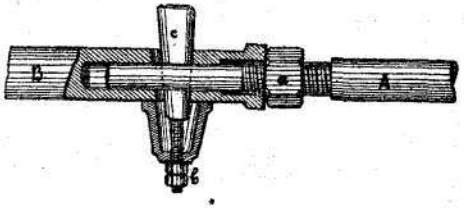
Черт. 367 и 368.





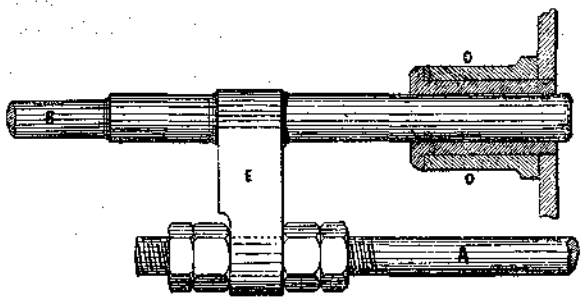
Золотниковая рамка снабжена съ одной стороны длиннымъ стержнемъ, который пройдя сальникъ, соединяется съ кулисною тягою; послѣдняя, въ свою очередь, соединяется другимъ концомъ съ кулиснымъ камнемъ. Соединеніе золотниковаго стержня съ кулисною тягою происходитъ большею частью помощью клина, какъ это представлено на черт. 369. При этомъ устройствѣ конецъ стержня А входитъ во внутрь тяги В, при чемъ въ обоихъ концахъ имѣются вырѣзы, черезъ которые проходитъ клинъ *с*, имѣющій на концѣ винтовую нарѣзку и гайки *в*. Для прижатія клина служитъ гайка *а*. Такое соединеніе необходимо для регулированія разстоянія между золотникомъ и кулисою—съ цѣлью сообщить золотнику правильный ходъ. Чтобы приблизить золотникъ къ кулисному камню, необходимо отпустить немного гайку *а* и ударить слегка по клину, затѣмъ снова нажать гайки *а* и *в*.

Черт. 369.



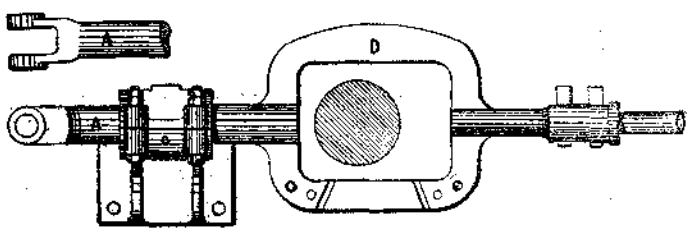
Въ тѣхъ случаяхъ, когда золотниковый стержень A и кулисная тяга B не находятся на одной линіи, черт. 370, то соединеніе ихъ между собою происходитъ помощью кулака E, составляющаго одно цѣлое съ тягою B. Послѣдняя направляется глухимъ сальникомъ, помѣщеннымъ въ чугунномъ станкѣ D.

Черт. 370.



Такъ какъ во время работы паровоза кулисный камень не находится на одномъ и томъ же мѣстѣ, а подпрыгиваетъ и такимъ образомъ изгибаетъ кулисную тягу, то для направленія послѣдней устраиваютъ особую направляющую коробку *c* съ вкладышами, располагая ее возможно ближе къ кулисѣ, черт. 371. Кромѣ того для обхода передней оси паровоза, если она

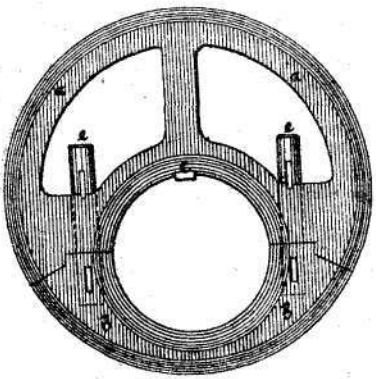
Черт. 371.



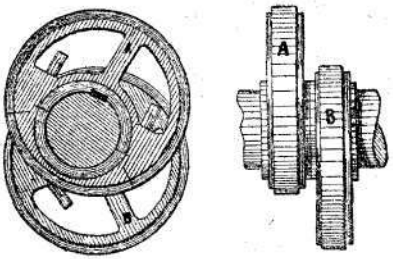
приходится на такой же высотѣ, какъ и кулисная тяга, послѣдняя выгибается вверхъ или же образуетъ рамку D, какъ это представлено на чертежѣ. Конецъ тяги A переходитъ въ вилку и соединяется съ кулиснымъ камнемъ помощью болта, который укрѣпленъ въ ушкахъ вилки шплинтомъ, такъ что онъ не можетъ въ нихъ вращаться, а вращается камень.

Эксцентрикъ представляетъ собою чугунную шайбу, состоящую изъ двухъ частей *аа* и *вв*, соединенныхъ между собою на ведущей оси паровоза посредствомъ болтовъ *ее* и клиньевъ, какъ это представлено на черт. 372. Для предупрежденія вращенія эксцентрика на оси его закрѣпляютъ еще шпонкою *с* или же иногда нажимаютъ винтами, которые острыми концами вдавливаются въ ось. Діаметръ эксцентрика бываетъ около 1 фута и болѣе, а толщина его около 2—2½ дюймовъ. На каждомъ паровозѣ имѣется 4 эксцентрика, расположенныхъ попарно на ведущей оси вблизи ступицъ. Оба эксцентрика, принадлежащіе одной и той же кулисѣ, укрѣпляются на оси большею частью отдѣльно другъ отъ друга; иногда же, для простоты устройства и большей прочности, отливаютъ ихъ половинки за одно цѣлое. Изъ каждой пары эксцентриковъ, черт. 373 и 374, одинъ служитъ для передняго хода, а другой—для зад-

Черт. 372.



Черт. 373 и 374.

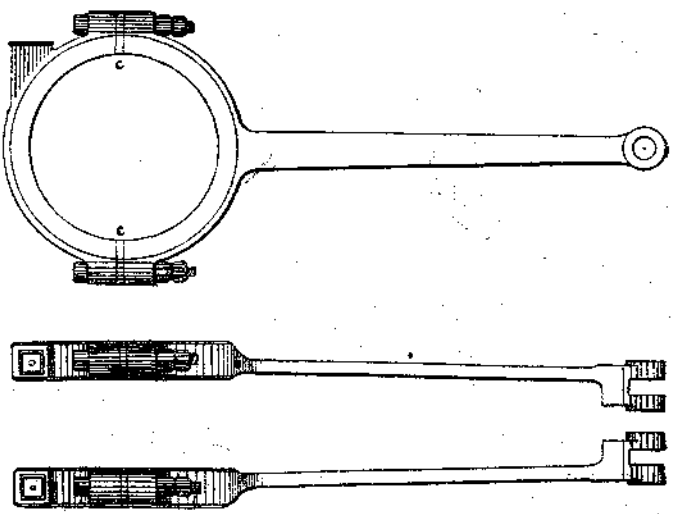


няго хода машины; при чемъ если предположить, что кривошипъ находится въ лѣвой мертвой точкѣ, то эксцентрикъ передняго хода А будетъ направленъ своею выпуклостью немного вверхъ, а эксцентрикъ задняго хода В—выпуклостью немного внизъ. Обыкновенно эксцентрики передняго хода устанавливаютъ ближе къ ступицамъ, такъ что два ближай-

шіе къ колесамъ эксцентрика служатъ для передняго хода, а два ближайшіе къ срединѣ оси—для задняго хода. Для направленія хомута эксцентриковой тяги, эксцентриковая шайба имѣетъ на своей поверхности круговой выступъ, который входитъ въ соотвѣтственный подъ эксцентриковаго хомута.

Хомутъ эксцентриковой тяги состоитъ изъ двухъ половинъ, соединенныхъ болтами, какъ это представлено на черт. 375. Чтобы хомутъ не сработывался отъ тренія, внутри его имѣется бронзовое или бабитовое кольцо, которое, по мѣрѣ истиранія, замѣняется новымъ. Чтобы по мѣрѣ сработыванія эксцентриковыхъ колецъ хомуты не хлябали, между фланцами послѣднихъ помѣщаютъ мѣдныя прокладки *cc*, которыя спиливаютъ по мѣрѣ надобности и, притягивая болтами, прижимаютъ хомутъ къ эксцентрику. Для соединенія эксцентриковыхъ тягъ съ кулисою первыя оканчиваются вилками, которыми при помощи болтовъ (валковъ) соединяются съ послѣднею. Черт. 376 и 377. Такъ какъ оба эксцентрика передняго и задняго хода, принадлежащіе

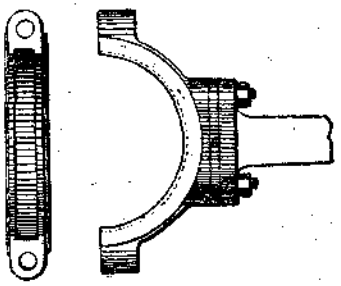
Черт. 375—377.



одной кулисѣ, укрѣпляются на оси рядомъ, одинъ возлѣ другого, а концы эксцентриковыхъ тягъ (вилки), соединяющіяся съ кулисою, должны находиться въ одной плоскости, одна надъ другою, поэтому эксцентриковыя тяги наклоняются немного во внутрь, а вилки ихъ располагаются не симметрично относительно тяги, а съ внутренней стороны.

Эксцентриковый хомутъ изготовляютъ большею частью изъ желѣза или стали, также и самую тягу, которая въ такомъ случаѣ составляетъ одно цѣлое; если же хомутъ отлитъ изъ мѣди или чугуна, то въ такомъ случаѣ онъ соединяется съ тягою помощью фланца, какъ это представлено на черт. 378 и 379 и въ мѣстѣ соединенія помѣщена прокладка *e*, помощью которой возможно увеличивать или уменьшать длину эксцентриковой тяги. Для смазки трущихся поверхностей эксцентрика имѣется на верхней части хомута маслянка. Длина эксцентриковыхъ тягъ, считая отъ центра хомута до оси отверстій въ вилкѣ, бываетъ отъ $3^1/_2$ до 5 футовъ.

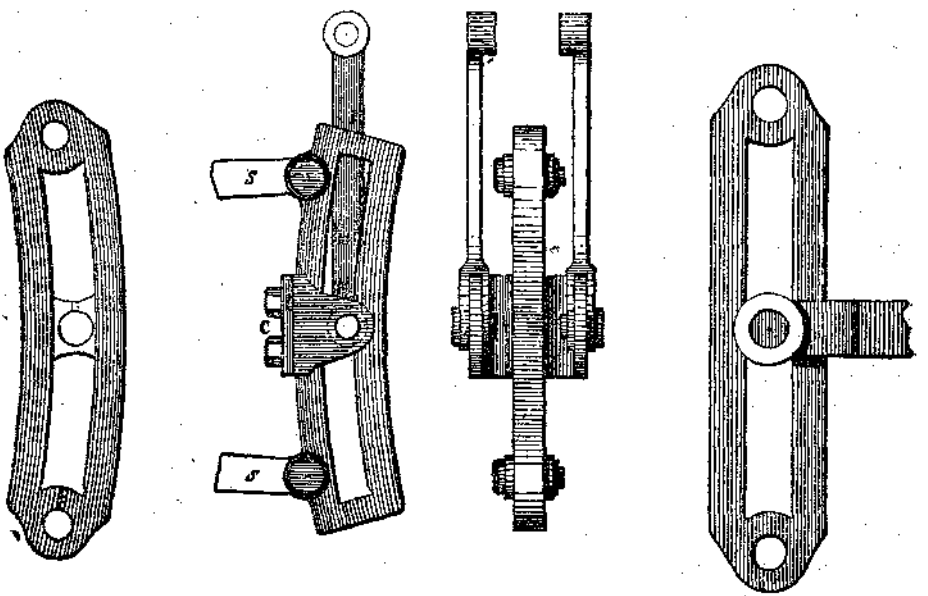
Черт. 378 и 379.



На черт. 380 представлена кулиса Стефенсона, съ камнемъ по срединѣ. По концамъ, на продолженіи средней ея линіи, имѣются ушки съ отверстіями для соединенія кулисы съ вилками эксцентриковыхъ тягъ. Это соединеніе производится стальными валками. Для смазки валковъ, а также внутреннихъ щекъ камня имѣются въ ушкахъ кулисы и въ камнѣ отверстія, проводящія масло. Для соединенія кулисы съ эксцентриковыми тягами SS устраиваютъ иногда ушки съ боку кулисы, какъ это представлено на черт. 381, въ кулисѣ Гуча; но это устройство менѣе раціонально, такъ

какъ способствуетъ большему качанію кулисы. Подвѣшиваніе кулисы къ рычагу переводнаго вала происходитъ большею частью или среднею, или нижнею ея частью. Въ первомъ случаѣ прикрѣпляется къ срединѣ кулисы на болтахъ особая скобка С съ ушками, черт. 381 и 382, которыя имѣютъ

Черт. 380. Черт. 381 и 382. Черт. 383.

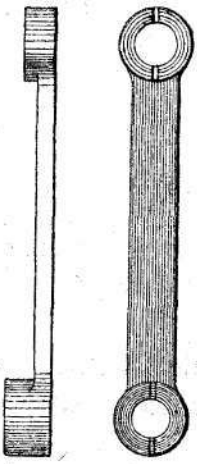


или отверстія для валковъ, или цапфы для соединенія ихъ съ нижними концами подвѣсокъ. Соединеніе кулиснаго камня съ золотниковою тягою представлено на черт. 383, на кулисѣ Аллана и состоитъ въ томъ, что золотниковая тяга, оканчиваясь вилкою, обхватываетъ кулису и камень и соединяется съ послѣднимъ помощью валка.

Кулисныя подвѣски бываютъ еще формы, представленной на черт. 384, и всѣ онѣ имѣютъ отверстія для пропуска масла къ валкамъ. Подвѣски изготовляются большею частью изъ стали и отверстія ихъ пришлифовываются къ валкамъ ихъ. Кулисы встрѣчаются еще составныя съ мѣд-

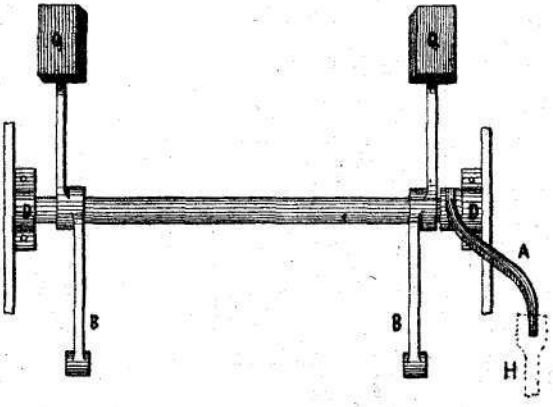
ными прокладками въ соединеніи частей ихъ между собою; или же бываютъ также кулисы, представляющія собою прямоугольный стержень, а камень въ такомъ случаѣ, въ видѣ составной коробки, обнимаетъ его со всѣхъ сторонъ. Выгода кулисъ такой конструкціи заключается въ томъ, что по мѣрѣ сработыванія частей кулисы и камня, эти части возможно сближать, сострагиваніемъ прокладокъ.

Черт. 384.



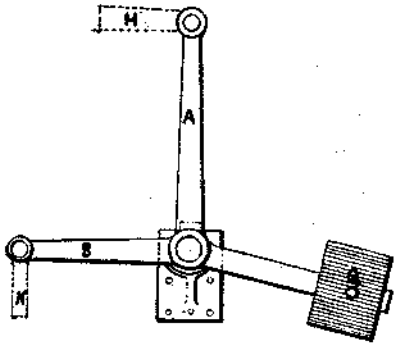
Переводный валъ располагается поперекъ паровозной рамы подъ котломъ и концы его входятъ въ особые подшипники D, прикрѣпленные къ рамѣ вверху и рѣдко внизу ея. На черт. 385 представленъ переводный валъ съ колѣнами въ планѣ, а на черт. 386 въ боковомъ видѣ. Подвѣски кулисъ N соединяются верхними своими концами помощью валковъ, съ колѣнами BB. Для вращенія вала, имѣется на немъ особый рычагъ A, съ которымъ соединена тяга H, идущая къ мѣсту стоянки машиниста. Для облегченія поднятія кулисъ съ эксцентриковыми тягами, на противоположныхъ концахъ колѣнъ вала имѣются чугунные противовѣсы Q. Въ кулисѣ Аллана переводный валъ, какъ раньше сказано, не требуетъ противовѣсовъ, ибо къ колѣнамъ его подвѣшиваются съ одного конца сама кулиса, а съ

Черт. 385.

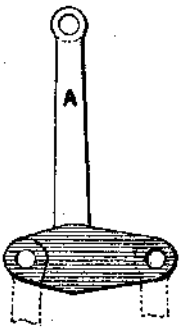


другого—камень съ своею тягою. При этомъ, такъ какъ вѣсъ кулисы съ эксцентриковыми тягами значительно больше

Черт. 386.

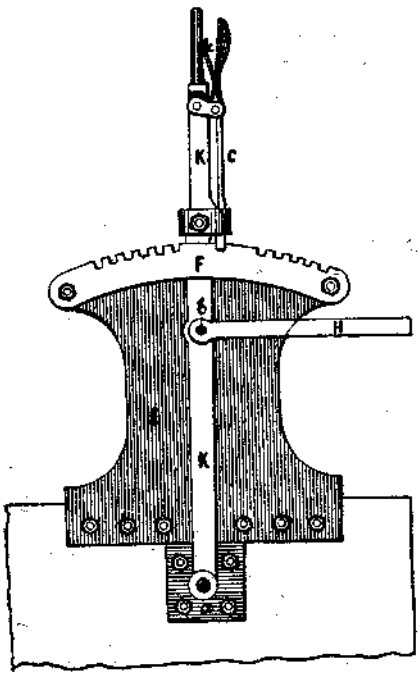


Черт. 387.



вѣса камня съ его тягою, то для равновѣсія ихъ дѣлаютъ колѣна вала неодинаковой длины, а именно: для поддержанія кулисы немного меньше, чѣмъ для камня, какъ это представлено на черт. 387.

Черт. 388.

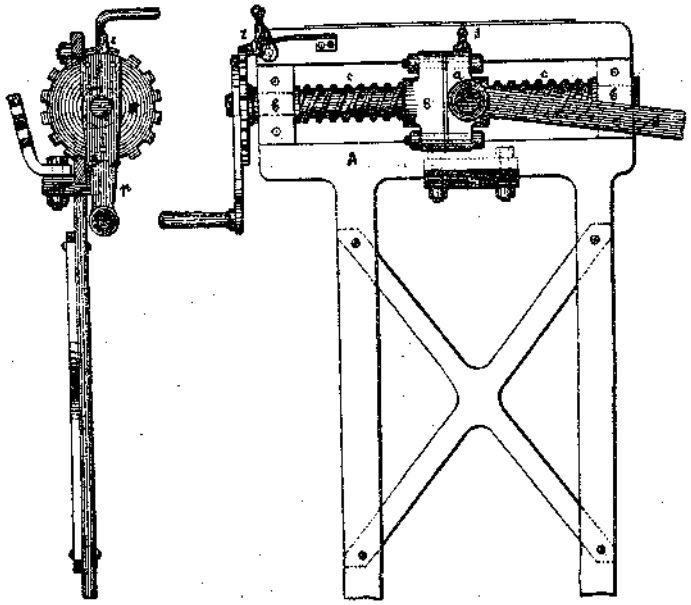


Вращеніе переводнаго вала, а слѣдовательно подниманіе или опусканіе кулисъ, для перемѣны хода или измѣненія степени расширенія пара, производится троякимъ образомъ, а именно: посредствомъ переводнаго рычага съ зубчатымъ секторомъ, посредствомъ переводнаго винта и посредствомъ соединенія первыхъ двухъ способовъ. Устройство переводнаго рычага съ зубчатымъ секторомъ представлено на черт. 388. Здѣсь

рычагъ К можетъ вращаться около неподвижной цапфы *a*, прикрѣпленной къ рамѣ. Помощью болта *в* прикрѣпляется къ рычагу тяга Н, идущая отъ переводнаго рычага А; подставка Е имѣетъ вверху дугу F, снабженную зубцами. Посредствомъ задвижки С рычагъ К можетъ быть поставленъ неподвижно у одного изъ зубцовъ дуги F; задвижка постоянно нажимается внизъ посредствомъ пружины *c*. При нахожденіи рычага К въ среднемъ положеніи камень кулисы находится въ мертвой точкѣ.

Устройство переводнаго винта, часто встрѣчающагося, представлено на черт. 389 и 390. Винтъ *cc* своими шейками

Черт. 389 и 390.



вращается въ двухъ подшипникахъ *вв* укрѣпленныхъ на станинѣ А. Гайка В состоитъ изъ двухъ половинокъ, между которыми помѣщена мѣдная прокладка; это сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы возможно было уменьшать мертвый ходъ винта, образующійся современемъ отъ изнашиванія нарѣзки

гайки и производящій сильный стукъ. Это уменьшеніе мертваго хода производится спиливаніемъ прокладки, послѣ чего обѣ половинки гайки B стягиваются болтами. Одна половинка гайки снабжена цапфами *a*, служащими для прикрѣпленія переводной тяги H. Къ гайкѣ укрѣплена стрѣлка s, указывающая обозначенныя на доскѣ степени расширенія. Къ переводному винту укрѣплено посредствомъ шпонки зубчатое колесо N, которое вмѣстѣ съ собачкою z служитъ для удержанія винта въ требуемомъ положеніи. Для вращенія колеса, а слѣдовательно и винта, служитъ рукоятка *p*.

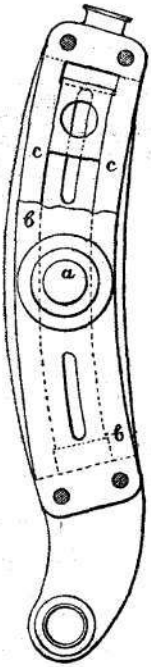
Соединеніе переводнаго рычага съ переводнымъ винтомъ даетъ возможность переставлять переводный рычагъ прямо рукою (быстро), или же вращеніемъ винта. Устройство это въ настоящее время весьма рѣдко встрѣчается вслѣдствіе существенныхъ недостатковъ его.

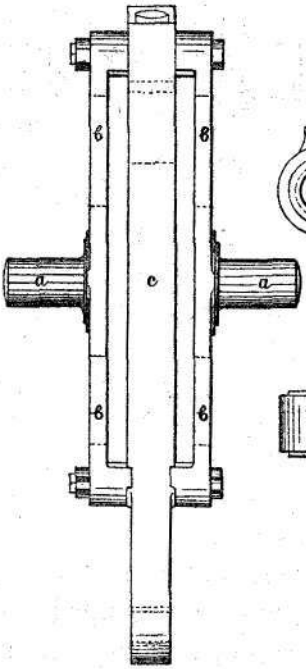
Представленная на черт. 391 и 392 кулиса Гейзингера въ томъ видѣ, въ какомъ она встрѣчается въ новѣйшихъ компаундъ-паровозахъ, состоитъ изъ средней части *c* или собственно кулисы, самаго обыкновеннаго устройства съ внутреннимъ вырѣзомъ для движенія въ немъ камня z и двухъ боковыхъ планокъ *вв*, соединенныхъ прочно съ кулисою въ концахъ и снабженныхъ по срединѣ цапфами *аа*; послѣдними вся кулиса подвѣшивается къ двумъ кронштейнамъ, прикрѣпленнымъ къ параллельной рамѣ. На черт. 393 и 394 такой кронштейнъ изображенъ въ двухъ видахъ.

Представленная на черт. 395 и 396 золотниковая тяга BA оканчивается со стороны кулисы вилкою, проходящею между планками *вв* и обнимающею самую кулису. Соединеніе ея съ кулиснымъ камнемъ z производится валкомъ *d* такимъ образомъ, чтобы онъ не выходилъ изъ плоскостей вилки и не задѣвалъ бы планокъ. Конецъ B золотниковой тяги соеди-

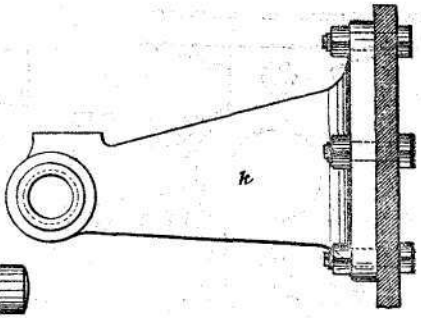
няется помощью подвѣски съ колѣномъ переводнаго вала, а другой конецъ ея A съ прямымъ рычагомъ и золотниковымъ

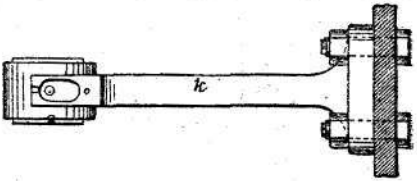
Черт. 391 и 392.



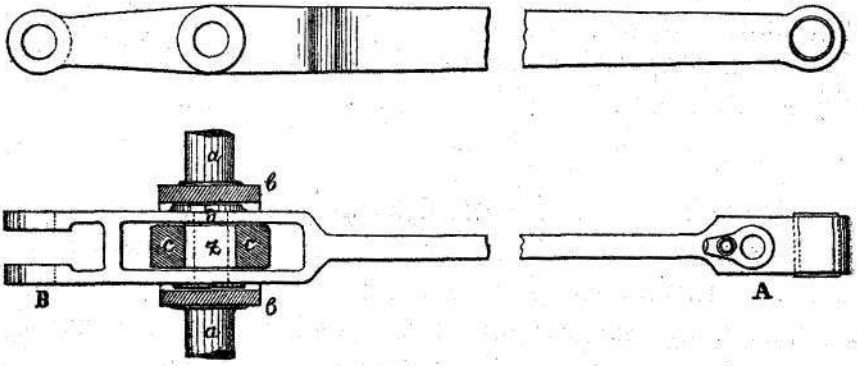


Черт. 393 и 394.





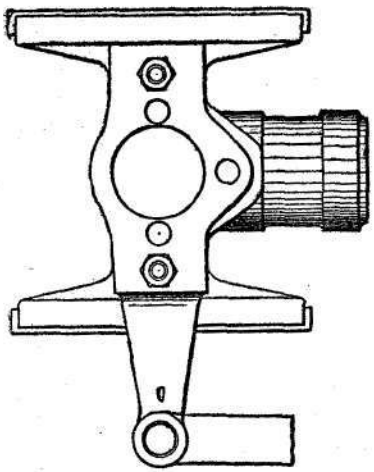
Черт. 395 и 396.



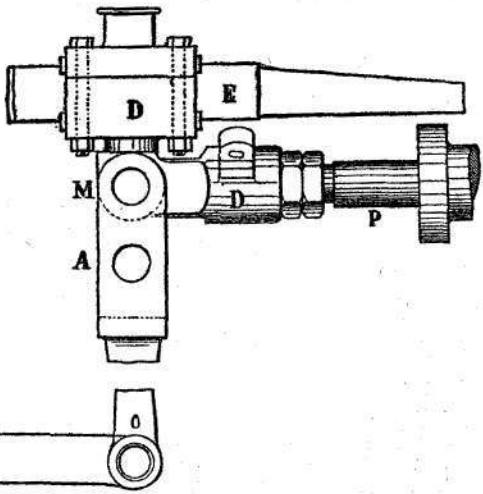
штокомъ. Это соединеніе, представленное на черт. 398, достигается помощью небольшого кулачка DD, направляемаго осо-

бой параллелью E. Въ точкѣ M прямой рычагъ соединяется съ кулачкомъ помощью валка, въ точкѣ A такимъ же обра-

Черт. 397.



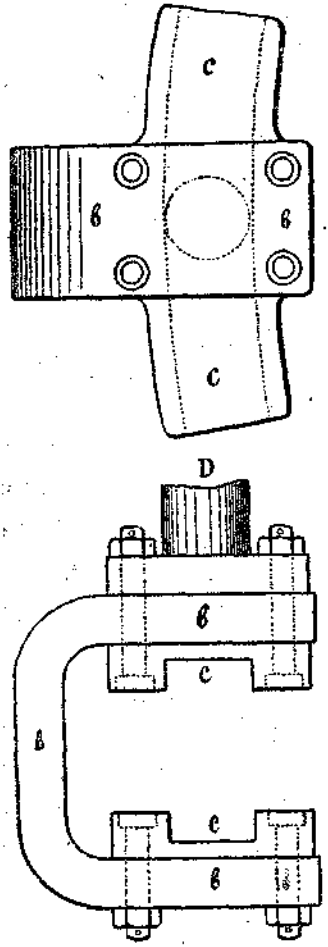
Черт. 398.



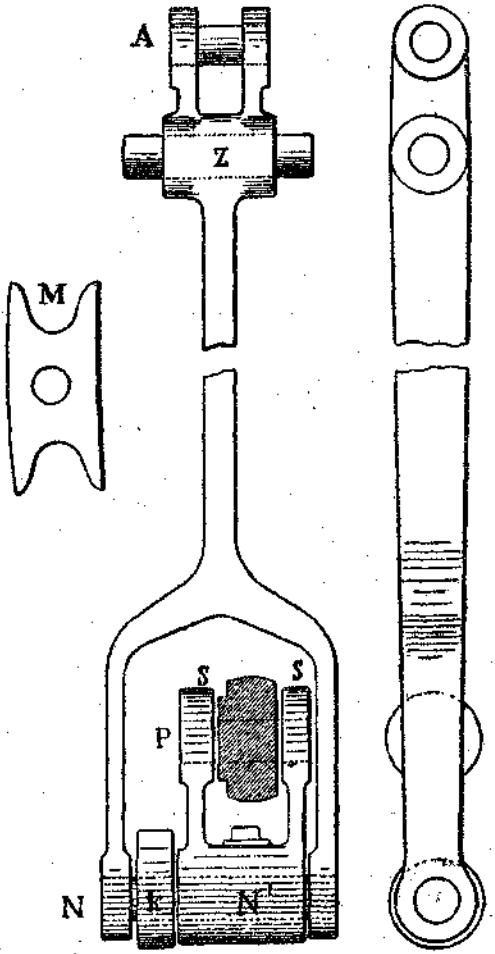
зомъ съ золотниковой тягой; соединеніе же кулачка со штокомъ P золотника достигается клиномъ и гайками. Нижній конецъ прямого рычага соединяется съ крейцкопфомъ поршневого штока не непосредственно, а помощью поводка, какъ это видно на черт. 397. Устройство эксцентриковой тяги, приводящей кулису въ качательное движеніе, имѣетъ видъ обыкновеннаго дышла, передній конецъ котораго, соединяющійся съ ушкомъ кулисы, представляетъ вилку.

На черт. 399 и 400 изображена кулиса Джоя въ боковомъ видѣ и въ планѣ вмѣстѣ съ частью переводнаго вала D, на которомъ она закрѣплена и вмѣстѣ съ которымъ она поворачивается. Она состоитъ изъ прочной кованной скобы *вв* и двухъ планокъ *сс*, слабо кривыхъ и прикрѣпленныхъ на болтахъ къ скобѣ съ внутренней стороны. Въ планкахъ имѣются пазы, въ которыхъ движутся кулисные камни, на-

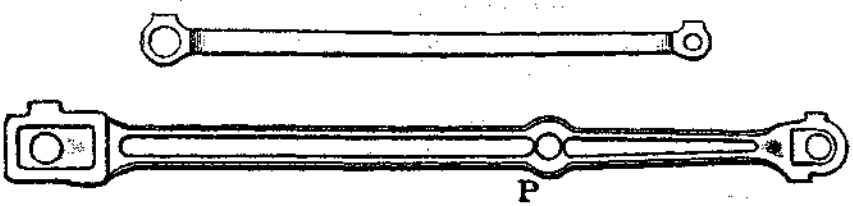
Черт. 399 и 400.



Черт. 401 и 402.



Черт. 403 и 404.



дѣтые на концы валка Z, второго рычага, черт. 401. Кулисный камень изображенъ особо подъ литер. M. Такъ какъ кулиса Джоя постоянно работаетъ почти всею своею длиною, то мѣстнаго изнашиванія въ ней быть не можетъ, какъ то замѣчается въ другихъ старыхъ кулисахъ, гдѣ камень работаетъ всегда на малой лишь части кулисы. Сама кулиса и переводный валъ должны быть не только достаточно прочны, но и достаточно жестки, чтобы не пружинили, такъ какъ иначе отъ дрожанія кулисы нарушается плавность движенія золотника.

На черт. 401 и 402 изображенъ второй рычагъ AN механизма Джоя, оканчивающійся внизу вилкою, которая обнимаетъ собою первый рычагъ SN′, непосредственно подвѣшенный къ шатуну (заштрихованному на чертежѣ) и головку *к* тяги, соединяющей нижніе концы обоихъ рычаговъ помощью общаго валка N съ обратнымъ кривошипомъ. На черт. 403 эта тяга представлена въ бокомъ видѣ. Части механизма Джоя, работающія выше шатуна, находятся въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ относительно изнашиванія, чѣмъ нижнія, подверженныя болѣе дѣйствію пыли. Поэтому больше всего изнашиваются нижніе валики, но такъ какъ во время движенія послѣдніе описываютъ большіе пути, то образовавшаяся въ нихъ игра не можетъ нарушать правильности парораспредѣленія.

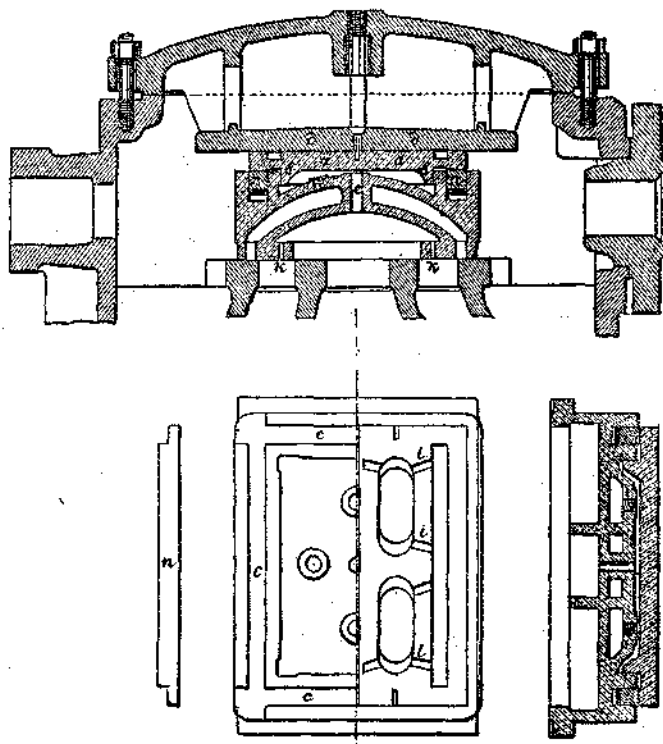
Представленный на черт. 404 движущій шатунъ долженъ быть прочнѣе обыкновеннаго, такъ какъ сила, движущая парораспредѣлительный механизмъ и дѣйствующая на шатунъ въ ведущей его точкѣ P, не такъ мала, чтобы можно было не принимать ея въ расчетъ.

Уравновѣшенные золотники.

Съ цѣлью уменьшить работу машинъ, расходуемую на передвиженіе золотниковъ и достигающую въ трехосныхъ паровозахъ до 30 силъ на каждый золотникъ, вслѣдствіе чрезмѣрнаго давленія на него пара (до 30 тоннъ), употребляютъ иногда такъ называемые *уравновѣшенные золотники*. Устройство такихъ золотниковъ бываетъ весьма различное и заключается въ томъ, что золотникъ или вовсе не прижимается паромъ къ столу, или же нажатіе его бываетъ незначительное.

На черт. 405 и 406 изображено устройство уравновѣшен-

Черт. 405 и 406.



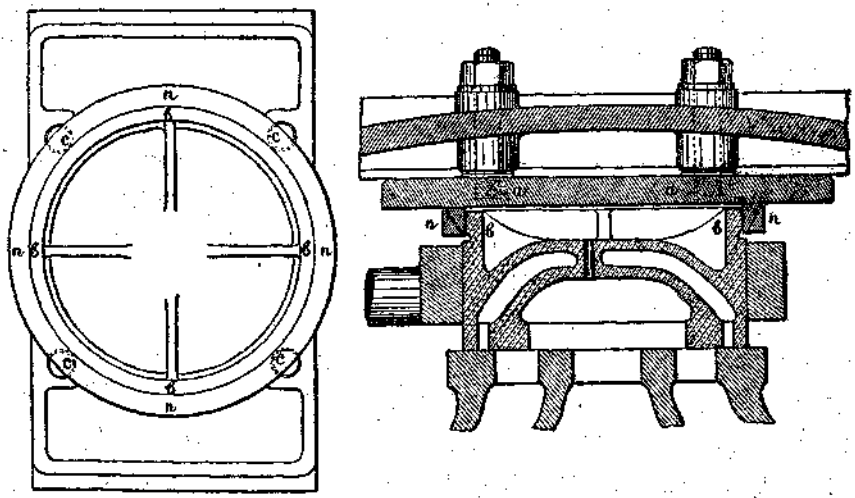
наго золотника (по сист. Ричардса), встрѣчающагося въ компаундъ-паровозахъ правительственнаго типа. Это устройство состоитъ изъ *уравновѣшивающей доски аа*, отлитой изъ бронзы, прямоугольнаго очертанія съ выступающими внизу ребрами *вв*, которыя плотно входятъ въ соотвѣтственное углубленіе въ самомъ золотникѣ. Такимъ образомъ эта доска во время работы золотника движется вмѣстѣ съ нимъ. Верхняя плоскость доски пришлифована къ крышкѣ *дд* золотниковой коробки и для смазки трущейся поверхности имѣется надъ нею маслянка. Для прегражденія доступа пара подъ уравновѣшивающую (компенсаторную) доску, въ самомъ золотникѣ Трика простроганы сообщающіяся между собою канавки *сс*, въ которыя вкладываются четыре чугунныхъ брусочка *п*, тщательно припасованныхъ къ внутреннимъ боковымъ поверхностямъ канавокъ и къ уравновѣшивающей доскѣ. По концамъ каждый изъ брусковъ выпиленъ до половины своей высоты и плотно припасованы другъ къ другу, образуя вмѣстѣ прямоугольную рамку. Для постояннаго нажатія брусковъ къ уравновѣшивающей доскѣ имѣются подъ ними плоскія стальныя пружины, составленныя изъ двухъ пластинокъ. Кромѣ того подъ бруски попадаетъ свѣжій паръ чрезъ угловые срѣзы канавокъ и тѣмъ облегчаетъ работу пружинъ. Если бы при неплотномъ прилеганіи брусковъ свѣжій паръ просачивался подъ уравновѣшивающую доску, то каналомъ *е* онъ уходитъ подъ золотникъ. Большія отверстія въ доскѣ и канавки *іі* служатъ для увлажненія трущейся поверхности.

Опыты показали, что усиліе, необходимое для движенія такихъ уравновѣшенныхъ золотниковъ, въ два слишкомъ раза менѣе, чѣмъ для обыкновенныхъ. Поэтому выгода употребленія уравновѣшанныхъ золотниковъ заключается еще въ томъ, что съ уменьшеніемъ давленія на золотникъ уменьшается изнашиваніе золотника и его стола.

Для достиженія такихъ результатовъ необходимо наблюдать, чтобы постоянно сохранялось плотное прилеганіе брусковъ какъ между собою (по концамъ), такъ и къ золотнику. Равнымъ образомъ необходимо слѣдить, чтобы уравновѣшивающая доска не имѣла никакой свободы въ соединеніи съ золотникомъ и двигалась вмѣстѣ съ нимъ плавно и безъ ударовъ.

Удачное измѣненіе выше описаннаго уравновѣшеннаго золотника, встрѣчающееся также въ паровозахъ компаундъ, представлено на черт. 407 и 408 и состоитъ въ

Черт. 407 и 408.



слѣдующемъ. На верхней части золотника Трика устраивается кольцевой выступъ *вв*, который плотно, но безъ зажима, обхватывается кольцомъ *пп*. Постоянное нажатіе этого кольца къ уравновѣшенной доскѣ *аа*, прочно соединенной съ золотниковой крышкой, достигается 4 спиральными пружинами *сс*.

Кольцо *пп* двойное, причемъ наружное цѣльное, а внутреннее разрѣзное (съ зазоромъ въ стыкѣ). По этому при сработкѣ внутренняго кольца оно всетаки плотно прилегаетъ къ выступу *вв* золотника.

Дѣйствіе контръ-пара.

Сущность контръ-пара заключается въ слѣдующемъ. При обыкновенномъ дѣйствіи машинъ паровоза, паръ изъ котла поступаетъ по паропроводнымъ трубамъ въ золотниковыя коробки, а оттуда по каналамъ въ цилиндры, дѣйствуя на поршни по направленію ихъ движенія, сначала полнымъ давленіемъ, а затѣмъ послѣ отсѣчки расширеніемъ до тѣхъ поръ, пока поршень не приблизится къ мертвой точкѣ. Послѣ того отработанный паръ уходитъ въ пароотводящія трубы, въ конусъ и, наконецъ, въ дымовую трубу, при чемъ поршень при своемъ обратномъ движеніи встрѣчаетъ сопротивленіе отработаннаго пара и въ то же время съ другой его стороны опять дѣйствуетъ свѣжій паръ, по направленію движенія поршня, какъ и раньше. При перестановкѣ же переводнаго рычага или винта на обратный ходъ и сохраненіи паровозомъ того же направленія, движеніе парораспредѣлительныхъ золотниковъ становится уже несоотвѣтствующимъ движенію поршней, при чемъ когда поршень движется впередъ, то свѣжій паръ при открытомъ, конечно, регуляторѣ входитъ въ переднюю часть цилиндра и дѣйствуетъ по направленію, противоположному движенію поршня (навстрѣчу), стараясь удержать его на мѣстѣ, т. е. тормозя этимъ его движеніе, а слѣдовательно и движеніе всего паровоза. Въ то же время пространство за поршнемъ сообщается въ этомъ случаѣ съ пароотводною трубою и съ конусомъ и, постоянно увеличиваясь, всасываетъ изъ дымовой коробки горячіе газы. При обратномъ движеніи поршня (назадъ), пространство за поршнемъ сообщается уже съ золотниковою коробкою и, такимъ образомъ, горячіе газы этой части, проникшіе изъ дымовой коробки, смѣшиваются съ свѣжимъ паромъ изъ котла и противодѣйствуютъ вмѣстѣ съ паромъ движенію поршня назадъ. Передняя же часть

цилиндра сообщается въ это время съ пароотводящею трубою и конусомъ и, въ свою очередь, всасываетъ горячіе газы. По мѣрѣ движенія поршня назадъ, паръ и горячіе газы выталкиваются изъ цилиндра въ золотниковую коробку, а оттуда въ котелъ. Такимъ образомъ величина противодѣйствія на поршень обусловливается давленіемъ пара въ котлѣ, а продолжительность этого дѣйствія большимъ или меньшимъ открытіемъ впускныхъ каналовъ цилиндра.

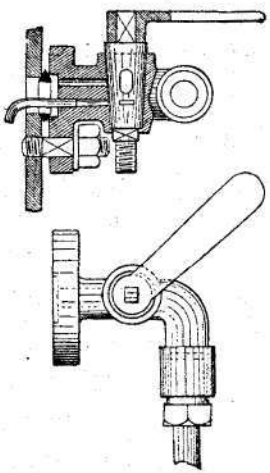
Если бы послѣ перестановки переводнаго рычага на обратный ходъ оставить регуляторъ закрытымъ, въ этомъ случаѣ дѣйствія контръ-пара въ строгомъ смыслѣ не будетъ вовсе, при чемъ горячіе газы, всасываемые цилиндромъ, будутъ нагнетаться въ паропроводныя трубы и когда упругость этихъ газовъ превзойдетъ давленіе пара въ котлѣ (что наступаетъ очень скоро), то они отжимаютъ регуляторную пополузшку и попадаютъ въ котелъ *). Въ этомъ случаѣ противодѣйствіе на поршень будетъ оказывать не паръ, а сжатые горячіе газы, при чемъ дѣйствіе ихъ въ началѣ будетъ незначительное, но въ самомъ скоромъ времени оно увеличивается и, наконецъ, достигаетъ почти той силы, съ какой дѣйствовалъ бы паръ изъ котла.

Принимая во вниманіе, что горячіе газы, всасываемые изъ дымовой коробки въ цилиндръ, сильно нагрѣваютъ послѣдній, вызывая порчу его стѣнокъ, разстройство набивокъ и, проникая въ то же время въ котелъ, быстро возвышаютъ въ немъ давленіе пара, лишая возможности дѣйствовать инжекторомъ, необходимо признать, что употребленіе такого контръ-пара положительно немыслимо. Только благодаря крану Лепателье имѣется возможность устранить всѣ неудобства контръ-пара. Помощью этого крана, расположеннаго въ будкѣ машиниста, и проводящей трубки, идущей отъ крана

*) Если же пополузшка можетъ отжиматься весьма незначительно, то горячіе газы, не успѣвая проходить въ котелъ, разрываютъ паропроводную трубу.

къ дымовой коробкѣ, гдѣ она развѣтвляется, вода и паръ изъ котла проводятся одновременно въ пароисходящія трубы или лучше, въ отводящій каналъ каждаго цилиндра, откуда и всасываются цилиндрами, взамѣнъ горячихъ газовъ. Въ котелъ обратно поступаетъ только паръ, такъ какъ вода моментально испаряется и, поглощая при этомъ скрытую теплоту, охлаждаетъ стѣнки цилиндровъ настолько, что температура ихъ не возвышается болѣе 200° Ц. Среднее давленіе контръ-пара на поршень по индикаторнымъ діаграммамъ оказалось 5,97 клгр. на одинъ кв. сант. спереди по направленію движенія и 0,75 клгр. съ другой стороны поршня. Поэтому тормозящее давленіе контръ-пара составляло 5,97 —0,76=5,21 клгр. или 62% давленія пара въ котлѣ.

Черт. 409 и 410.

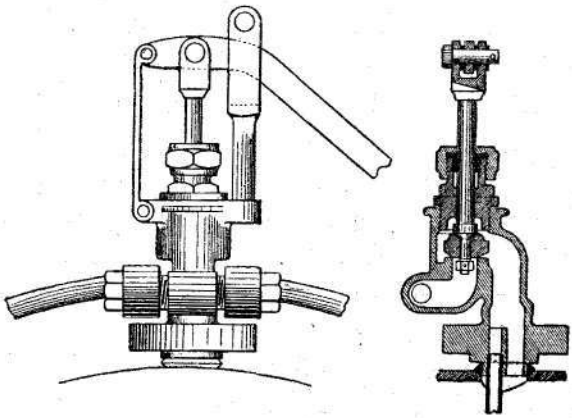


Одинъ изъ болѣе распространенныхъ крановъ Лешателье изображенъ на черт. 409 и 410. Пробка этого крана имѣетъ два отверстія: одно для пара, другое для воды, при чемъ сѣченіе парового отверстія въ шесть разъ больше водяного. Отверстіе для воды имѣетъ трубочку, загнутую внизъ. Для охраненія трубки, проводящей паръ и воду, отъ замерзанія, необходимо располагать ее наклонно, дабы такимъ образомъ вода не застаивалась, а стекала въ отводящіе каналы цилиндровъ. О достаточности впуска воды и пара судятъ по бѣлому дыму, выходящему изъ дымовой трубы.

Кранъ Лешателье встрѣчается еще иного устройства, черт. 411 и 412, и располагается надъ котломъ за трубою. Преимущество такого крана заключается въ томъ, что пробка, которая иногда прикипаетъ и съ трудомъ открывается, замѣнена клапаномъ. Кромѣ того неудобство пробки заклю-

чается еще въ томъ, что отъ частой притирки она углубляется и отверстія ея несоотвѣтствуютъ вполнѣ отверстіямъ крана.

Черт. 411 и 412.



При употребленіи контръ-пара слѣдуетъ сначала открыть кранъ Лешателье, потомъ переставить переводный рычагъ или винтъ на первый зубъ обратнаго хода и затѣмъ уже открыть регуляторъ. Дѣйствуя же переводнымъ рычагомъ или винтомъ, т. е. удаляя его отъ центра болѣе или менѣе, возможно умѣрять скорость хода поѣзда на уклонѣ въ большей или меньшей степени, соображая съ необходимостью. При такомъ дѣйствіи контръ-паромъ поѣздъ слѣдуетъ совершенно плавно, безъ всякихъ толчковъ и съ надлежащею скоростью. Что же касается буксованія колесъ, которое имѣетъ мѣсто и при контръ-парѣ (въ обратную сторону движенія паровоза) и обусловливается крайнимъ *) или низкимъ положеніемъ переводнаго рычага, когда противодѣйствіе пара на поршень превосходитъ сцѣпленіе колесъ паровоза, то въ этомъ случаѣ необходимо тотчасъ же посыпать песку на рельсы и приблизить переводный рычагъ къ центру, убавивъ этимъ дѣйствіе пара на поршни.

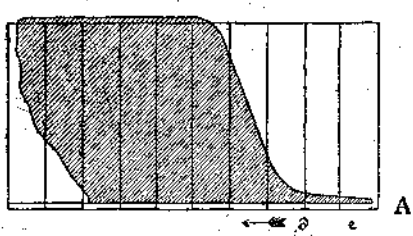
Преимущество контръ-пара, или, какъ принято его

*) Въ этомъ случаѣ противодѣйствіе пара на поршни, будучи до 7% болѣе найбольшей силы тяги паровоза, непремѣнно превосходитъ силу сцѣпленія на уклонѣ и поэтому колеса паровоза раньше или позже весьма естественно должны буксовать, какъ только будетъ уничтожена живая сила вращенія этихъ колесъ.

называть, парового тормаза Лешателье, заключается въ томъ, что на него можно всегда расчитывать съ увѣренностью, такъ какъ въ немъ нѣтъ сложныхъ клапановъ, которые могутъ засориться или примерзнуть. Работа паровыми тормазами на уклонахъ не представляетъ никакихъ затрудненій, никакой опасности и также проста, какъ и работа машиниста при слѣдованіи на подъемъ.

Изъ представленной на черт. 413 діаграммы дѣйствія контръ-пара усматривается, что при начальномъ движеніи поршня, какъ указано стрѣлкою, съ правой стороны къ лѣвой, отъ A до *c*, давленія пара не имѣется вовсе, такъ какъ въ это время пространство за поршнемъ сообщается съ пароотводнымъ каналомъ и продолжается истеченіе пара. Далѣе, на пути отъ *c* до *d* происходитъ незначительное сжатіе пара и впродолженіи пути *d*B дѣйствуетъ полный контръ-паръ. Если бы переводный рычагъ находился не въ крайнемъ положеніи, а ближе къ центру, то сила тормаженія будетъ меньше, такъ какъ начало дѣйствія контръ-пара происходитъ еще позже. Такимъ образомъ дѣйствія контръ-пара въ началѣ хода поршня нѣтъ и дѣйствіе его проявляется тѣмъ позже, чѣмъ ближе ходовой рычагъ находится къ центру.

Чарт. 413.



При нефтяномъ отопленіи паровозовъ слѣдуетъ непремѣнно пользоваться краномъ Лешателье при всякомъ даже самомъ непродолжительномъ употребленіи контръ-пара, такъ какъ замѣчались неоднократно случаи поврежденія золотниковыхъ коробокъ вслѣдствіе взрыва въ цилиндрѣ смѣси горючихъ газовъ нефти и воздуха.

Компаундъ-паровозы.

Общія понятія.

Среди многихъ причинъ, вліяющихъ на экономичность работы паровой машины, одна изъ наиболѣе важныхъ—это охлажденіе пара стѣнками цилиндра въ періодъ впуска. Паръ, поступающій въ цилиндръ при началѣ впуска, встрѣчая металлическія стѣнки болѣе низкой температуры, охлаждается, теряетъ свою упругость и частью осаждается на нихъ въ видѣ мелкихъ капель. При движеніи поршня открываются новыя части менѣе нагрѣтой поверхности, эти части охлаждаютъ вновь поступающій паръ и т. д., пока не наступитъ отсѣчка. Такимъ образомъ въ періодъ впуска отнимается стѣнками цилиндра отъ приходящаго пара значительная часть теплоты. Въ періодъ же расширенія при уменьшившемся давленіи, часть осѣвшей на стѣнкахъ воды испаряется, но на открывающихся вновь стѣнкахъ паръ продолжаетъ охлаждаться. При выпускѣ отработавшаго пара наружу и при обратномъ ходѣ поршня происходятъ слѣдующія явленія: давленіе быстро падаетъ, вся вода, оставшаяся на стѣнкахъ, испаряется, отнимая отъ нихъ теплоту, и уносится въ атмосферу совершенно непроизводительно. При новомъ впускѣ пара повторяются съ охлажденными стѣнками тѣ же явленія.

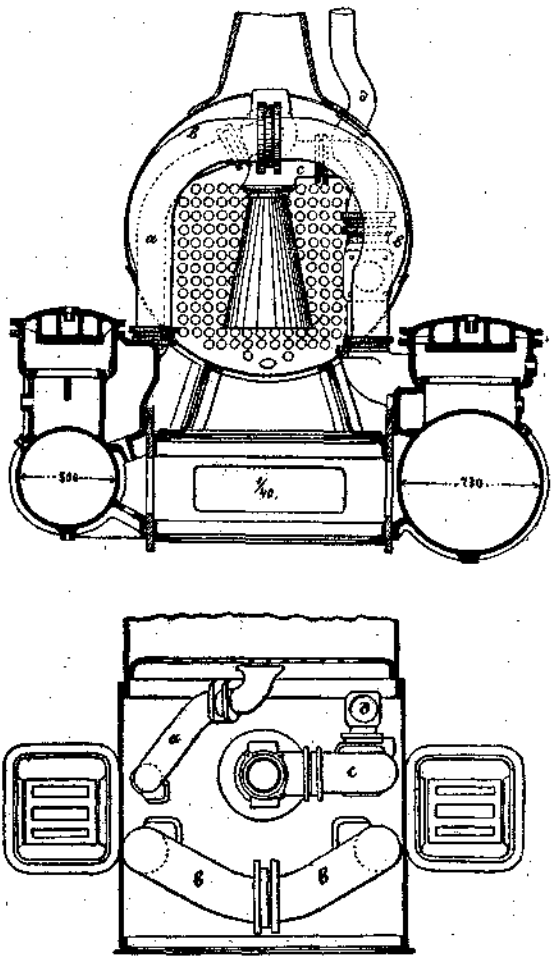
Эта потеря теплоты будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше разница между температурой свѣжаго пара и температурой стѣнокъ цилиндра (послѣдняя равна температурѣ уходящаго пара). Чтобы ослабить по возможности охлажденіе пара, уменьшаютъ разность температуръ приходящаго и уходящаго пара примѣненіемъ принципа компаундъ, т. е. заставляютъ паръ

расширяться послѣдовательно въ двухъ цилиндрахъ. При этомъ паръ попадаетъ сначала въ малый цилиндръ, стѣнки котораго никогда не сообщаются съ наружнымъ воздухомъ, и расширяется незначительно, дальнѣйшее же расширеніе происходитъ въ слѣдующемъ соотвѣтственно большемъ по объему цилиндрѣ. Такимъ образомъ разность температуръ уменьшается въ два раза и вредное вліяніе охлажденія пара понижается при этомъ настолько же. Кромѣ того, та часть теплоты, которая отнимается отъ стѣнокъ малаго цилиндра отработавшимъ паромъ, не теряется безполезно, а переходитъ въ большой цилиндръ.

Относительно расширенія пара въ обыкновенныхъ и компаундъ-паровозахъ необходимо замѣтить, что достигаемая въ послѣднихъ степень расширенія пара несравненно значительнѣе. Такъ при наполненіи въ обыкновенныхъ паровозахъ на 0,4 хода паръ расширяется всего въ 2,5 раза. Между тѣмъ въ компаундъ-паровозахъ, впуская паръ болѣе высокаго давленія въ малый цилиндръ на 0,4, а оттуда въ большой на 0,5 хода и при отношеніи объемовъ цилиндровъ=1 : 2 паръ будетъ расширяться въ 5 разъ. При легкихъ поѣздахъ отсѣчка въ маломъ цилиндрѣ можетъ происходить на 0,3 хода, въ большомъ—на 0,4 хода и степень расширенія будетъ около 8, тогда какъ въ обыкновенныхъ паровозахъ при тѣхъ же условіяхъ приходится работать приблизительно съ наполненіемъ въ 0,25—0,3, но при меньшемъ открытіи регулятора, т. е. при меньшемъ начальномъ давленіи пара въ періодъ впуска. Послѣднее обстоятельство объясняется тѣмъ, что въ обыкновенныхъ паровозахъ степень наполненія менѣе 0,25 почти не приноситъ пользы, такъ какъ при незначительныхъ отсѣчкахъ золотникъ открываетъ паровыя окна весьма незначительно, а при этомъ давленіе въ періодъ впуска сильно понижается; кромѣ того предвареніе впуска и сжатіе мятаго пара начинаются рано и бываютъ очень велики.

Вышесказанныя обстоятельства очень важны, такъ какъ влекутъ за собою уменьшеніе расхода пара, слѣдовательно, сберегаютъ топливо. При благопріятныхъ условіяхъ примѣненіе на паровозахъ принципа компаундъ даетъ экономію въ топливѣ не менѣе 10% противъ обыкновенныхъ паровозовъ

Черт. 414 и 415.



Компаундъ-паровозы строятъ съ двумя, тремя и четырьмя цилиндрами. На русскихъ желѣзныхъ дорогахъ встрѣчаются компаундъ-паровозы по преимуществу съ двумя цилиндрами, а также и четырехъ цилиндровые паровозы.

На прилагаемыхъ схематическихъ черт. 414 и 415 показано общее расположеніе паровыхъ трубъ въ компаундъ-паровозахъ съ двумя цилиндрами: *аа*—труба, подводящая паръ въ золотниковую коробку малаго цилиндра; паръ, отработавшій въ маломъ цилиндрѣ, по трубѣ *вв*, называемой *ресивером*ъ, переходитъ въ большой цилиндръ, работаетъ въ немъ, а уже отсюда, по пароотводной трубѣ *сс*, переходитъ черезъ ко-

нусъ и дымовую трубу или непосредственно по трубѣ *д* наружу. Такимъ образомъ въ паровозахъ компаундъ съ двумя цилиндрами при каждомъ оборотѣ ведущей оси вмѣсто прежнихъ 4-хъ ударовъ мятаго пара получаются только два и слѣдовательно тяга въ нихъ слабѣе, чѣмъ въ обыкновенныхъ паровозахъ. Обстоятельство это не имѣетъ впрочемъ существеннаго значенія, такъ какъ хотя парообразованіе происходитъ менѣе быстро, но за то и расходъ пара соотвѣтственно сокращается.

Двуцилиндровые паровозы системы компаундъ по работѣ въ нихъ пара могутъ быть раздѣлены на двѣ группы. Къ I группѣ принадлежатъ паровозы, могущіе работать съ двукратнымъ или простымъ расширеніемъ пара, а ко II группѣ такіе, которые могутъ работать лишь съ двукратнымъ расширеніемъ. Какъ I такъ и II группы паровозовъ при троганіи съ мѣста работаютъ свѣжимъ паромъ въ обоихъ цилиндрахъ. Преимущество паровозовъ I группы заключается въ томъ, что въ случаѣ недостаточности усилія, развиваемаго машиной при работѣ какъ компаундъ, можно перейти на работу свѣжимъ паромъ въ обоихъ цилиндрахъ, но за то съ другой стороны трудно услѣдить за машинистами, въ особенности въ началѣ, чтобы они вели поѣзда, работая по системѣ компаундъ, не вводя свѣжій паръ въ оба цилиндра во все время пути, такъ какъ въ этомъ случаѣ вмѣсто сбереженія окажется пережогъ топлива и недостатокъ пара.

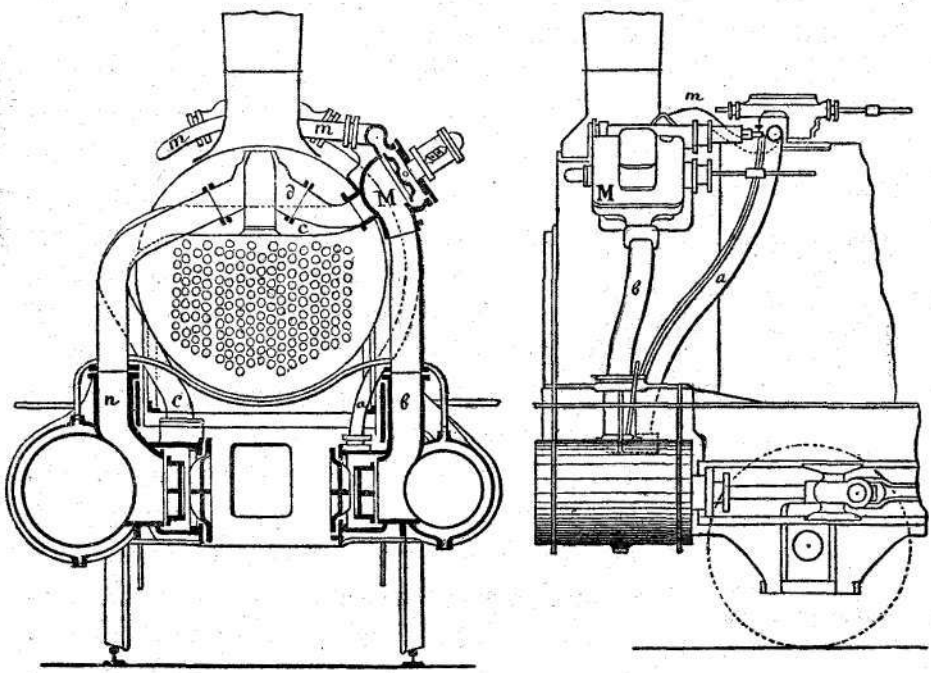
Устройство въ паровозахъ компаундъ обѣихъ группъ особыхъ приборовъ, дающихъ возможность при троганіи съ мѣста начинать работу всегда свѣжимъ паромъ въ обоихъ цилиндрахъ, и затѣмъ переходить на работу компаундъ или автоматически или по желанію машиниста, бываетъ весьма разнообразное. Ниже будутъ разсмотрѣны только тѣ изъ нихъ, которыя встрѣчаются на нашихъ дорогахъ и приняты какъ самостоятельные типы.

Распредѣлительная коробка Маллета.

Въ компаундъ паровозахъ съ коробкою Маллета каждый цилиндръ съ своимъ пораспредѣлительнымъ приборомъ представляетъ собою вполнѣ самостоятельную систему, такъ какъ малый цилиндръ во всякое время можетъ быть отдѣленъ отъ большого, при чемъ паровозъ тотчасъ же переходитъ отъ дѣйствія по системѣ компаундъ къ обыкновенной работѣ и наоборотъ.

На черт. 416 и 417, *а* изображаетъ трубу, приводящую паръ въ золотниковую коробку малаго цилиндра, *в*—труба,

Черт. 416 и 417.



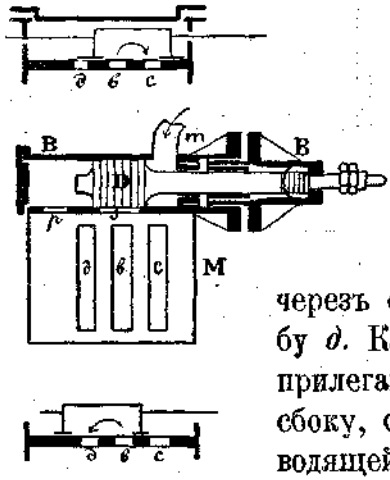
отводящая паръ изъ малаго цилиндра въ распредѣлительную коробку М. Въ коробкѣ устроенъ золотникъ, при помощи котораго паръ, идущій по трубѣ *в*, можетъ быть сообщенъ или съ ресиверомъ *сс*, по которому онъ переходитъ

въ большой цилиндръ, или съ трубой *д*, изъ которой онъ проходитъ прямо черезъ конусъ наружу. Если труба *в* сообщена съ ресивером *сс*, то паръ проходитъ въ золотниковую коробку большого цилиндра, работаетъ въ немъ и выходитъ наконецъ черезъ трубу *п* и конусъ въ атмосферу; паровозъ при этомъ работаетъ какъ компаундъ. Если же труба *в* разобщена съ ресивером и соединена съ трубою *д*, а черезъ нее съ конусомъ, то паровозъ работаетъ какъ обыкновенный, при чемъ наполненіе большого цилиндра паромъ происходитъ независимо отъ малаго.

Сообщеніе и разобщеніе трубъ *в* съ *с* или *д* производится, какъ сказано, при помощи коробчатаго золотника, движущагося по золотниковому зеркалу коробки М.

На черт. 418—420 изображены 3 разрѣза распредѣлительной коробки: средній, плоскостью параллельной золотниковому зеркалу, а верхній и нижній—плоскостью перпендикулярной. Черезъ окно *в* золотниковая коробка сообщается съ трубкой *в*, приводящей паръ отработавшій въ маломъ цилиндрѣ. Черезъ окно *с* золотниковая коробка сообщается съ ресивером *сс* и черезъ окно *д* съ атмосферой черезъ трубу *д*. Кромѣ того, помощью цилиндра ВВ, прилегающаго къ золотниковой коробкѣ сбоку, она сообщается съ трубой *т*, приводящей свѣжій паръ. При положеніи золотника, указанномъ вверху, труба *в* сообщена съ ресивером *сс* и паровозъ работаетъ какъ компаундъ. При положеніи золотника, указанномъ внизу, труба *в* соединена съ атмосферой, а свѣжій паръ, проходя по трубѣ *т* въ цилиндръ ВВ, отодвигаетъ поршень D влѣво и черезъ

Черт. 418—420.



золотниковую коробку и окно *c* проходитъ въ трубу *cc* и большой цилиндръ; такимъ образомъ оба цилиндра получаютъ паръ независимо другъ отъ друга и паровозъ работаетъ какъ обыкновенный.

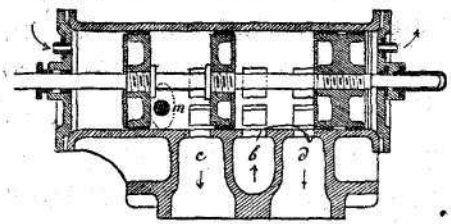
Такъ какъ вслѣдствіе значительной разницы площадей поршней цилиндровъ (большею частью въ два раза), на сторонѣ большаго изъ нихъ, при наполненіи паромъ одинаковой упругости, работа была бы значительно больше, то въ большой цилиндръ пускаютъ паръ меньшей упругости, что достигается особымъ приборомъ, названнымъ автоматическимъ расширителемъ. Послѣдній состоитъ изъ цилиндра BB, имѣющаго два прорѣза *p* и s, и поршня D, плотно прилегающаго къ стѣнкамъ. Паръ изъ котла, проходя по трубѣ *m*, давитъ на кольцевую поверхность поршня, отодвигаетъ его влѣво и проходитъ черезъ открывшуюся щель s въ коробкуM, а оттуда черезъ окно *c* и ресиверъ *cc* въ большой цилиндръ. Когда въ ресиверѣ и коробкѣ M устанавливается нѣкоторое давленіе, которое, дѣйствуя въ то же время на полную площадь поршня D съ лѣвой стороны, чрезъ отверстіе *p*, уравновѣшиваетъ давленіе свѣжаго пара на противоположную кольцевую площадь и наконецъ преодолѣваетъ его, то поршень передвигается въ другую сторону и уменьшаетъ сѣченіе щели s, черезъ которую проходитъ паръ. Такимъ образомъ поршень D передвигается въ ту и другую сторону, пока паръ, проходя чрезъ узкую щель s и теряя часть своей упругости, не уравновѣситъ свѣжаго.

Относительная величина площадей (полной и кольцевой) поршня D должна быть разсчитана такъ, чтобы паръ, потерявшій часть своей упругости, давалъ работу въ большомъ цилиндрѣ одинаковую съ работой свѣжаго пара въ маломъ цилиндрѣ.

Цилиндрическій распредѣлитель Юго-Западныхъ ж. д.

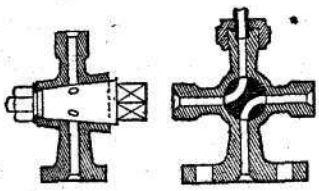
Въ новѣйшихъ паровозахъ, устроенныхъ по типу Маллета, коробка М имѣетъ нѣсколько отличающееся отъ описаннаго устройство, а именно цилиндрическій распредѣлитель. Для перехода отъ типа компаундъ къ обыкновенному употребляется не коробчатый золотникъ, а три поршня, насаженные на одинъ и тотъ же штокъ. Два изъ нихъ одинаковой ширины, третій имѣетъ ширину вдвое большую. При положеніи поршней, указанномъ на черт. 421, паръ поступающій изъ котла по трубкѣ *m*, въ промежутокъ между поршнями, проходитъ черезъ каналъ *c* и ресиверъ въ большой цилиндръ, а мятый паръ изъ малаго цилиндра по каналу *в* попадаетъ въ каналъ *д*, а затѣмъ въ конусъ. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ паровозъ работаетъ какъ обыкновенный. Если же поршни отодвинуты влѣво, то свѣжій паръ не попадаетъ въ каналъ *c*, такъ какъ отверстіе *m* прикроется среднимъ поршнемъ, а каналъ *д* прикроется широкимъ поршнемъ. Паръ, отработавшій въ маломъ цилиндрѣ, проходитъ изъ канала *в* въ каналъ *c* и ресиверъ къ золотниковой коробкѣ большаго цилиндра. Паровозъ при этомъ будетъ работать какъ компаундъ.

Черт. 421.



При распредѣлительномъ ящикѣ съ коробчатымъ золотникомъ, послѣдній передвигается при помощи рычага, помѣщаемаго въ будкѣ машиниста; при цилиндрическомъ распредѣлителѣ съ тремя поршнями, передвиженіе ихъ производится помощью пара. Для этой цѣли имѣется особый кранъ, изображенный на черт. 422 и 423. Въ немъ

Черт. 422 и 423.



имѣются четыре отростка и пробка съ двумя каналами. Чрезъ верхній отростокъ притекаетъ свѣжій паръ, правый и лѣвый отростки соединяются помощью трубокъ съ соотвѣтственными крышками цилиндра, а нижнимъ—отработанный паръ уходитъ въ дымовую трубу. Когда свѣжій паръ подводится къ лѣвой части цилиндра, то правая часть въ это время сообщается съ атмосферою и наоборотъ.

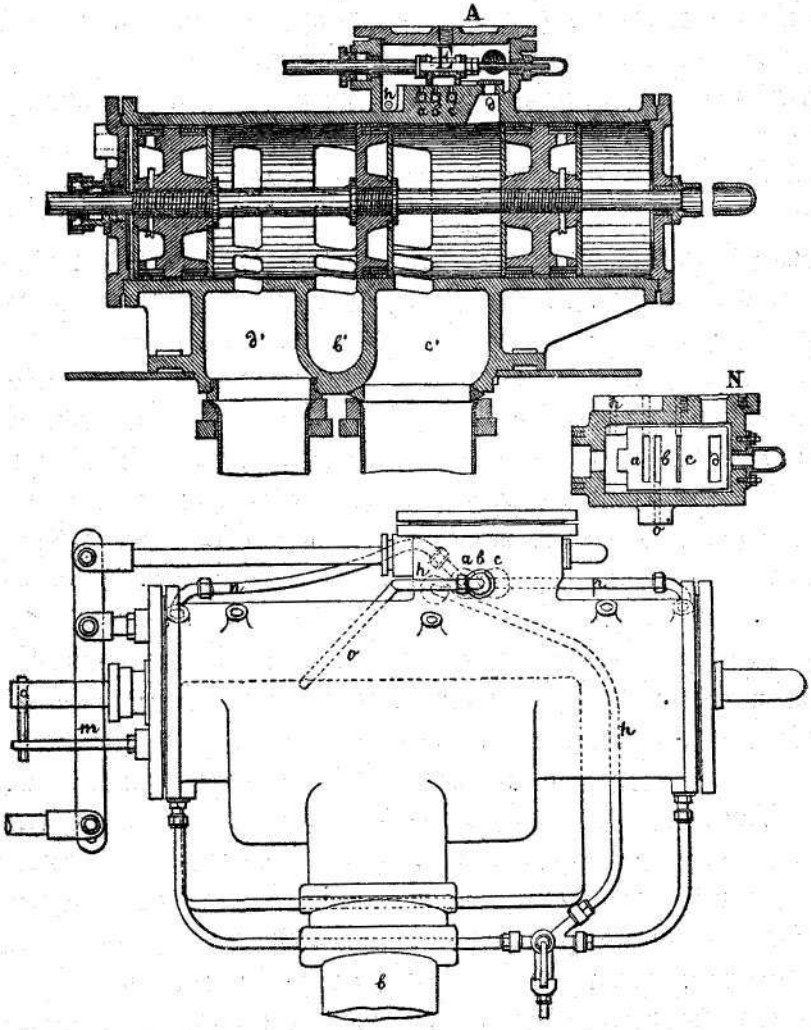
Въ нѣкоторыхъ товарныхъ 8-колесныхъ компаундъ-паровозахъ правительственнаго заказа 1893 г. вышеописанный распредѣлитель нѣсколько видоизмѣненъ, какъ это видно на черт. 424 и 425. Къ цилиндру распредѣлителя прилита коробка A съ каналами, *a b c* и *d*, прикрытыми золотникомъ E. Подъ литер. N представлено особо въ планѣ золотниковое лицо съ этими каналами. Отъ каналовъ *a* и *c* идутъ трубки *n* и *p* къ лѣвому и правому концамъ распредѣлителя; каналъ *b* сообщенъ съ атмосферою трубкою *o*; каналъ *d* служитъ для провода пара изъ верхней коробки въ ресиверъ, а трубка *h*—для отвода конденсаціонной воды изъ той же коробки наружу.

При указанномъ на чертежѣ положеніи золотника E вся система передвигается вправо, при чемъ трубка малаго цилиндра *b'* сообщается съ ресивером *c'*; конусъ *d'* будетъ отдѣленъ и паровозъ начнетъ работать какъ компаундъ.

Такъ какъ площадь поршня цилиндра низкаго давленія обыкновенно почти въ 2 раза больше площади поршня цилиндра высокаго давленія, то равенство работъ правой и лѣвой сторонъ паровоза тогда лишь будетъ приблизительно достигнуто, когда свѣжій паръ, впускаемый въ цилиндръ низкаго давленія, будетъ въ 2 раза меньшаго давленія, нежели свѣжій паръ цилиндра высокаго давленія. Съ этою цѣлью размѣръ трубы, проводящей паръ въ коробку A распредѣлительнаго цилиндра подбираютъ такъ, чтобы, проходя по этой трубкѣ, каналъ *d* и ресиверъ, паръ потерялъ давле-

ніе ровно на половину. Тѣмъ не менѣе на практикѣ оказывается, что нужно еще ставить предохранительный клапанъ

Черт. 424 и 425.



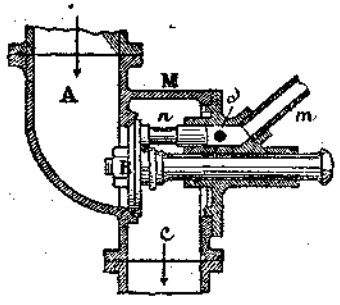
на золотниковую коробку цилиндра низкаго давленія, ибо давленіе тамъ получается болѣе половины давленія пара въ золотниковой коробкѣ цилиндра высокаго давленія. При

этомъ машинистъ, замѣтивъ, что предохранительный клапанъ золотниковой коробки цилиндра низкаго давленія началъ выпускать паръ, уменьшаетъ притокъ его, прикрывая нѣсколько каналъ *o* помощью золотника E. Передвиженіе золотника происходитъ помощью рычажной передачи отъ руки машиниста изъ будки.

Приборъ фонъ-Борриса.

Характерная особенность компаундъ-паровозовъ съ этимъ приборомъ заключается въ томъ, что при трогании съ мѣста цилиндры отдѣляются одинъ отъ другого автоматическимъ приборомъ и работаютъ самостоятельно, а затѣмъ, послѣ 1—2 ходовъ поршня, начинаютъ работать исключительно по системѣ компаундъ, независимо отъ машиниста. Устройство этого прибора, представленнаго на черт. 426, заключается въ слѣдующемъ. У входа ресиверной трубы A въ золотниковую коробку большого цилиндра имѣется чугунная коробка M съ клапаномъ B, направляемымъ цилиндрич. стержнемъ. На задней сторонѣ клапана сдѣлана реборда, за которую захватываетъ головка другого стального стержня *n*. При открытіи регулятора паръ, проходя въ золотниковую коробку малаго цилиндра, проходитъ также по трубкѣ *m*, давитъ на стержень *n* и отодвигаетъ клапанъ B влѣво; при этомъ открывается отверстіе *d* и свѣжій паръ проходитъ также по трубѣ *c* въ золотниковую коробку большого цилиндра. Паровозъ трогается съ мѣста, при чемъ оба цилиндра работаютъ независимо другъ отъ друга. Но такъ какъ отработанный паръ изъ малаго цилиндра не имѣетъ выхода въ атмосферу,

Черт. 426.

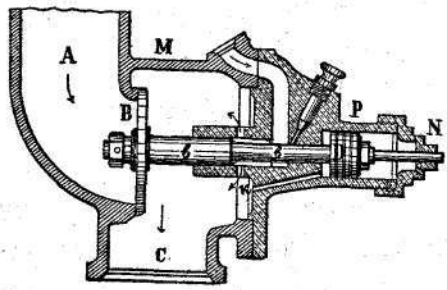


то давленіе его въ ресиверѣ A быстро повышается, ослабляя этимъ работу пара въ маломъ цилиндрѣ и наконецъ, превзойдя давленіе свѣжаго пара въ коробкѣ M, передвигаетъ клапанъ B вправо, вслѣдствіе чего отверстіе *d* перекрывается и паровозъ начинаетъ тотчасъ же работать какъ компаундъ.

Изъ всего сказаннаго ясно, что при трогани съ мѣста клапанъ B временно раздѣляетъ оба цилиндра, благодаря чему свѣжій паръ, поступающій въ концѣ ресивера (чрезъ отверстіе *d*), не производитъ на малый поршень никакого вреднаго противодавленія. Работа обыкновеннымъ способомъ невозможна, такъ какъ малый цилиндръ никогда не сообщается съ атмосферой.

Видоизмѣненіе прибора фонъ-Борриса, встрѣчающееся въ нашихъ компаундъ-паровозахъ, представлено на черт. 427.

Черт. 427.



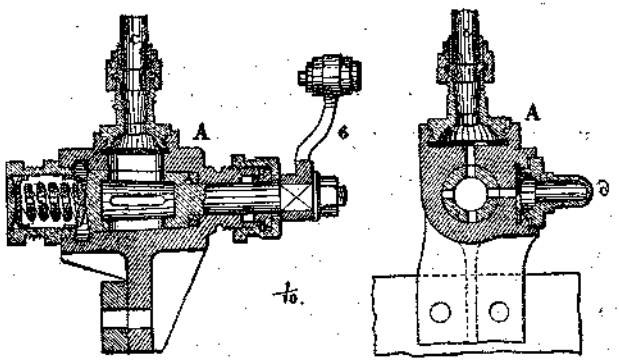
Въ немъ при открытіи регулятора паръ, проходя по особой трубкѣ и по каналу, дѣйствуетъ на кольцевой уступъ стержня *вв*, отодвигаетъ клапанъ B влѣво и открываетъ окна *оо* для впуска свѣжаго пара въ золотниковую коробку большого цилиндра. Воздушный буферъ P предупреждаетъ ударъ клапана при его открываніи. Для уничтоженія протоковъ пара, коническая заточка поршенька D пришлифована къ такой же заточкѣ крышки N, снабженной маленькимъ отверстіемъ для выпуска въ атмосферу сжимаемаго воздуха. Для исправнаго дѣйствія этого прибора необходимо, чтобы направляющія стержня *вв* плотно его обнимали и не были бы разработаны, такъ какъ иначе свѣжій паръ, проходя вдоль стержня и дѣйствуя на поршенекъ D, препятствуетъ закрытію клапана B. Для

смазки стержня имѣется маслянка; каналъ *к* служитъ для пропуска пара и удержанія стержня *с* съ поршенькомъ D въ крайнемъ правомъ положеніи, прижатымъ къ заточкѣ крышки, во все время работы паровоза какъ компаундъ.

Кранъ Линднера.

Въ компаундъ паровозахъ съ краномъ Линднера, при трогани съ мѣста, впускъ свѣжаго пара въ золотниковую коробку большого цилиндра изъ малой золотниковой коробки происходитъ помощью крана А и двухъ трубокъ *с* и *д*, черт. 428 и 429, соединяющихъ его съ золотниковыми коробками.

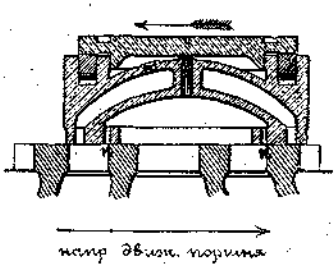
Черт. 428 и 429.



Слегка коническая пробка крана имѣетъ два взаимно перпендикулярныхъ канала и рычагъ ея *в* посредствомъ особой тяги соединяется съ перекиднымъ рычагомъ кулисы. Самый кранъ утверждается сзади малой или большой золотниковой коробки на рамѣ паровоза. Открытіе каналовъ крана происходитъ только въ крайнихъ положеніяхъ переводнаго рычага, какъ переднемъ, такъ и заднемъ, при чемъ съ уменьшеніемъ отсѣчки до 7, каналы крана перекрываются и золотниковыя коробки разобщаются.

Такимъ образомъ въ случаѣ закрытія впускного окна малаго цилиндра при крайнемъ положеніи переводнаго рычага, трогание паровоза съ мѣста происходитъ большимъ цилиндромъ. При этомъ свѣжій паръ изъ золотниковой коробки большого цилиндра проходитъ также въ ресиверъ, а оттуда подъ малый золотникъ и дѣйствуетъ на нерабочую сторону поршня малаго цилиндра, ослабляя работу большого цилиндра. Для устраненія этого недостатка въ фланцахъ малаго золотника имѣются небольшія отверстія *кк*, черт. 430,

Черт. 430.

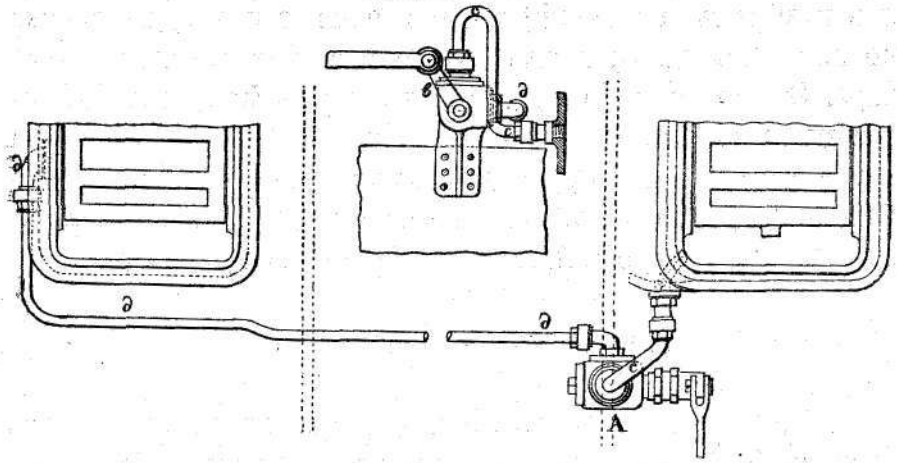


помощью которыхъ внутренняя полость золотника сообщается съ паровыми каналами въ то время, когда одинъ изъ нихъ закрытъ, а другой слѣдовательно сообщается съ ресивером. Вслѣдствіе этого паръ изъ ресивера поступаетъ на обѣ стороны поршня малаго цилиндра и сопротивленіе его при трогании съ мѣста уничтожается. Такъ какъ для заполненія паромъ изъ ресивера пространства по обѣ стороны поршня въ маломъ цилиндрѣ требуется значительный промежутокъ времени, то трогание съ мѣста паровоза съ краномъ Линднера происходитъ довольно медленно, что особенно неудобно въ пассажирскихъ паровозахъ. Какъ только паровозъ начнетъ двигаться, кулиса тотчасъ же переводится на нѣсколько меньшую отсѣчку, каналы крана А закрываются и паровозъ работаетъ какъ компаундъ. На черт. 431 и 432 представлено въ планѣ расположеніе крана Линднера съ трубками и самый кранъ въ боковомъ видѣ, по срединѣ чертежа.

Отверстія *кк* даютъ пару болѣе или менѣе свободный проходъ только при неподвижномъ золотникѣ или при трогании съ мѣста и уже при медленной ѣздѣ, присутствіе ихъ не вліяетъ на пароораспредѣленіе. Это объясняется: во первыхъ, чрезвычайно малымъ сѣченіемъ этихъ отверстій; во

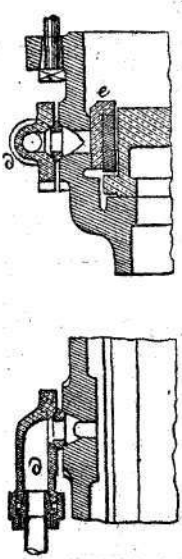
вторыхъ тѣмъ, что движеніе ихъ надъ паровыми окнами происходитъ въ періодъ наибольшей скорости движенія золотника, т. е. около средины его хода.

Черт. 431 и 432.



Если при троганіи паровоза съ мѣста впускное окно малаго цилиндра будетъ открыто, а большого цилиндра—закрыто, то при крайнемъ положеніи переводнаго рычага свѣжій паръ, проходя чрезъ открытый кранъ А въ золотниковую коробку большого цилиндра, не можетъ дѣйствовать на его поршень; проходя же въ ресиверъ и дѣйствуя на нерабочую сторону поршня малаго цилиндра, увеличивалъ бы противодѣйствіе. Поэтому проходъ пара чрезъ кранъ А въ золотниковую коробку большого цилиндра перекрывается въ этомъ случаѣ особою планкою *е*, прикрѣпленною къ золотниковой рамѣ сбоку и прилегающей плотно къ утолщенной части боковой стѣнки золотниковой коробки, гдѣ находится впускное отверстіе, черт. 433 и 434. Такимъ образомъ, когда впускныя

Черт. 433 и 434.

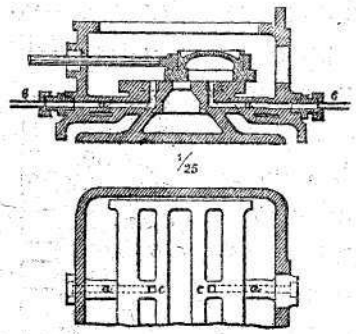


окна большого цилиндра закрыты, т. е. золотникъ находится около своего средняго положенія, то эта планка находится какъ разъ противъ выходного отверстія трубки *d* и закрываетъ его. Когда же золотникъ находится въ одномъ изъ крайнихъ положеній и одно окно открыто, то планка не находится противъ отверстія и оно открыто для впуска пара. Это закрываніе происходитъ при всѣхъ положеніяхъ большого золотника, когда фланцы его перекрываютъ оба паровпускныя окна; другими словами: когда троганіе съ мѣста большимъ цилиндромъ невозможно и паровпускное окно малаго цилиндра уже открыто на нѣкоторую величину.

Приспособленіе Гельсдорфа.

Видоизмѣненіе крана Линднера, сдѣланное инженеромъ Гельсдорфомъ состоитъ въ томъ, что спеціальный приборъ для трогания съ мѣста найденъ излишнимъ. Съ этою цѣлью въ тѣлѣ цилиндра низкаго давленія устроены каналы *aa*, оканчивающіеся на золотниковомъ зеркалѣ малыми окнами *cc*. Въ каналы проводится паръ по трубкамъ *bb*, которыя подъ дымовой коробкой соединяются въ одну трубку, примыкающую къ золотниковой коробкѣ малаго цилиндра, черт. 435 и 436. При установкѣ кулисы на крайнюю отсѣчку для трогания съ мѣста, когда одно окно открывается фланцемъ золотника, паръ пониженнаго давленія (около 5 атмос.) получаетъ доступъ въ золотниковую коробку большого цилиндра. Расположеніе оконъ дѣлается такъ, чтобы онѣ оставались закрытыми при нормальной отсѣчкѣ (0,5).

Чеут. 435 и 436.



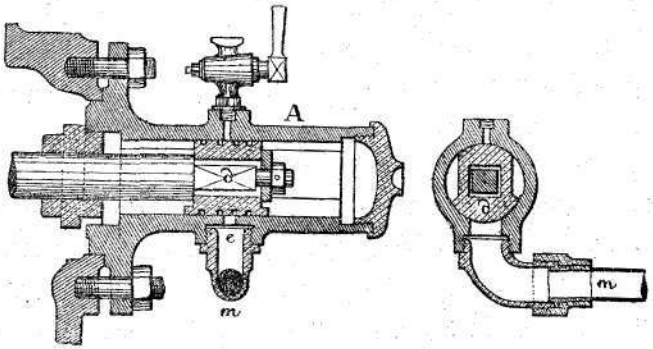
Необходимо замѣтить, что для возможнаго открытія оконъ *cc* при крайнихъ отсѣчкахъ, ходъ золотника долженъ быть увеличенъ; при нормальной же работѣ величина хода нисколько не больше, какъ въ обыкновенныхъ паровозахъ.

Компаундъ-паровозы этого типа, какъ равно и Линднера, ни при какихъ условіяхъ не могутъ работать, какъ обыкновенные паровозы.

Приборъ Коломенскаго завода.

Второе видоизмѣненіе крана Линднера сдѣлано Коломенскимъ заводомъ и состоитъ въ слѣдующемъ. Черт. 437 и 438. Золотниковый стержень большого цилиндра имѣетъ на

Черт. 437 и 438.



своей оконечности сквозной поршень *д*, движущійся въ цилиндрѣ А, прикрѣпленномъ къ золотниковой коробкѣ. Поршень *д* при крайнихъ положеніяхъ золотника открываетъ отверстіе *е*, служащее для пропуска свѣжаго пара пониженнаго давленія, поступающаго по трубкѣ *т* изъ паропроводной трубы.

Компаундъ-паровозы съ четырьмя цилиндрами.

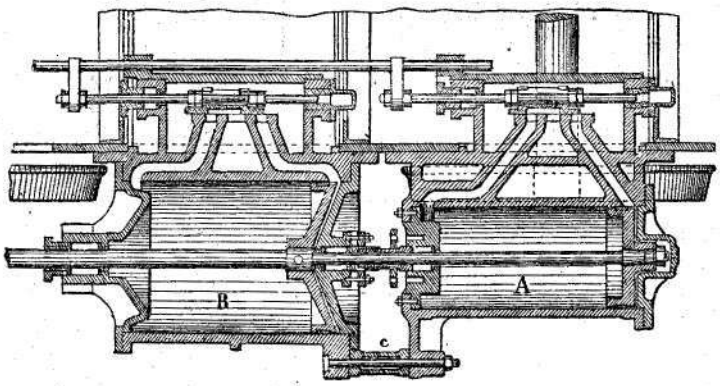
Для плавнаго и равномѣрнаго движенія двуцилиндровыхъ компаундъ-паровозовъ необходимо, чтобы работа по обѣ стороны паровоза была по возможности одинакова. Между тѣмъ оказывается, что при малыхъ отсѣчкахъ и существующемъ отношеніи объемовъ цилиндровъ, работа малаго цилиндра превышаетъ работу большого цилиндра и для уравненія таковой необходимо дальнѣйшее увеличеніе большого цилиндра. Наоборотъ при большой отсѣчкѣ работа большого цилиндра повышается значительнѣе, чѣмъ малаго. Примѣненіемъ же вмѣсто двухъ цилиндровъ четырехъ, по два съ каждой стороны паровоза, получается весьма просто наивыгоднѣйшее расширеніе пара. Каждая пара цилиндровъ доставляетъ при этомъ только половину полной работы, а потому является возможность сохранить наивыгоднѣйшее отношеніе объемовъ, не выходя за предѣлы габарита, и работать съ малою отсѣчкою.

Установкою четырехъ цилиндровъ хотя и усложняется нѣсколько конструкція паровоза и увеличиваются его вѣсъ и стоимость, но за то, благодаря полному равенству работъ по обѣ стороны такого паровоза, ходъ его дѣлается значительно покойнѣе. Цилиндры паровозовъ располагаютъ различно: или рядомъ одинъ надъ другимъ, сохраняя параллельность ихъ осей, или же одинъ цилиндръ помѣщается позади другого, такъ что оси ихъ совпадаютъ въ одну прямую линію.

Какъ образецъ второго типа можетъ служить четырехцилиндровый компаундъ-паровозъ *Юго-Западныхъ дорогъ* съ двумя спаренными осями впереди и позади топки и съ двухосною переднею телѣжкою. Отношеніе объемовъ цилиндровъ=1 : 2,3. Малые цилиндры A находятся впереди большихъ B и соединены съ ними сквозными болтами при распорныхъ трубкахъ *c*; черт. 439. Ресиверъ состоитъ изъ

двухъ независимыхъ мѣдныхъ трубъ, расположенныхъ вокругъ дымовой коробки и соединяющихъ выпускное окно малаго

Черт. 439.

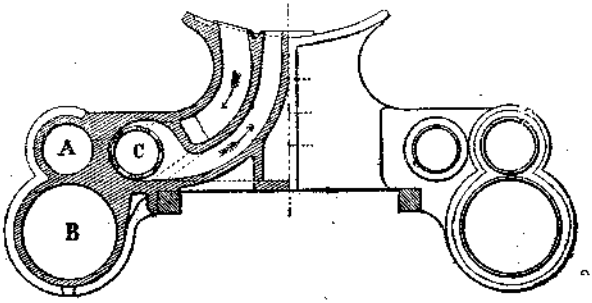


цилиндра съ золотниковою коробкою лѣваго большого цилиндра. Кулиса Стефенсона для обѣихъ паръ цилиндровъ устанавливается общимъ переводнымъ винтомъ.

Образцомъ перваго типа четырехцилиндровыхъ компаундъ-паровозовъ могутъ служить пассажирскіе паровозы системы Воклена, построенные на американскомъ заводѣ Балдуина и работающіе на нѣкоторыхъ нашихъ дорогахъ. Въ нихъ три спаренныя оси и двухосная телѣжка. Отношеніе объемовъ цилиндровъ=1 : 3. Малый цилиндръ A вмѣстѣ съ большимъ цилиндромъ B и цилиндрическою золотниковою коробкою C отлиты за одно цѣлое такимъ образомъ, что соединяются непосредственно съ цилиндрами лѣвой стороны. Черт. 440. Движеніе штоковъ обоихъ поршней направляется однимъ общимъ крейцкопфомъ, снабженнымъ широкими рабочими поверхностями для устраненія перекоса его. Парораспредѣленіе производится для каждой стороны однимъ общимъ уравновѣшеннымъ цилиндрическимъ золотникомъ,

движущимся въ чугунной вставной трубѣ (рубашкѣ) съ пра-

Черт. 440.

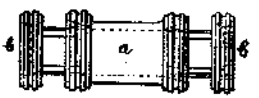


вильно обработанными окнами. На черт. 441 эта рубашка изображена вынутою изъ своего гнѣзда.

Пароораспредѣлительный золотникъ, представленный особо на черт. 442, состоитъ изъ цилиндрической трубы *a*,

Черт. 441. Черт. 442.





соединенной нераздѣльно на нѣкоторомъ разстояніи съ двумя поршеньками *вв*. По концамъ трубы и на поршенькахъ имѣются уплотняющія чугунныя кольца.

Черт. 443.

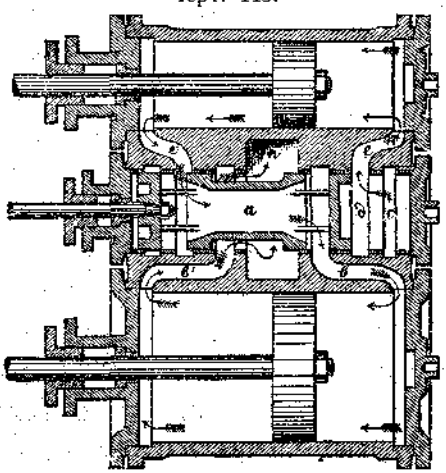
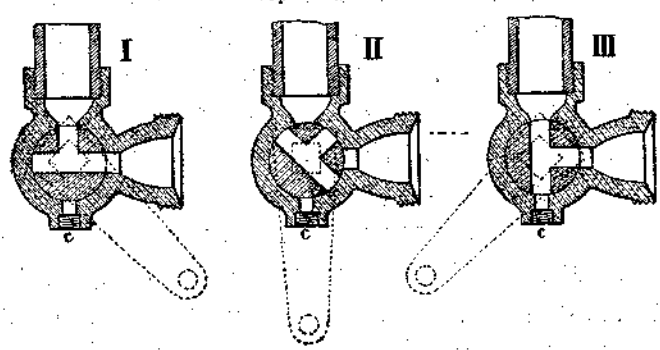


Схема пароораспредѣленія этихъ паровозовъ видна на черт. 443 и состоитъ въ слѣдующемъ. При указанномъ на чертежѣ положеніи золотника, свѣжій паръ изъ паропроводной трубы поступаетъ чрезъ окна *c*, а затѣмъ проходитъ чрезъ окно *d* и каналъ *e* въ переднюю часть малаго цилиндра. Въ то же время отработавшій въ маломъ цилиндрѣ

паръ направляется по каналу e' во внутрь цилиндрическаго золотника a и оттуда по каналу e въ переднюю часть большого цилиндра. Отработавшій паръ съ противоположной стороны большого цилиндра выходитъ каналомъ e' въ полость вокругъ средней части золотника a и оттуда каналомъ n въ конусъ и атмосферу. Точно также происходитъ распредѣленіе пара и при обратномъ движеніи поршней.

Устройство прибора для троганія съ мѣста этихъ паровозовъ состоитъ въ слѣдующемъ. Снизу подъ цилиндрами помѣщаются краны (по одному для каждой стороны), пробки которыхъ имѣютъ по три канала. Эти краны сообщаются особыми трубками съ отверстіями для продувальныхъ кранова малыхъ цилиндровъ. Посредствомъ особаго привода изъ будки машиниста обѣ пробки могутъ быть одновременно повернуты въ то или другое изъ трехъ положеній, опредѣляемыхъ особой рейкой въ будкѣ. Черт. 444—446. При первомъ положеніи пробки открыты и паръ съ рабочей стороны поршня малаго цилиндра направляется въ нерабочую часть того же цилиндра, а оттуда чрезъ внутреннюю полость распредѣлительнаго золотника, устремляется въ большой и, дѣйствуя тамъ въ томъ же направленіи, какъ и въ маломъ

Черт. 444—446.



цилиндрѣ, увеличиваетъ силу тяги паровоза, вслѣдствіе чего поѣздъ приходитъ въ движеніе. При второмъ положеніи

пробки кранов закрыты и паровоз работает как компаунд. Наконец, при третьем положении пробки кранов открыты таким образом, что внутренния полости малых цилиндров сообщены с атмосферою, для продувки их каналом *c*.

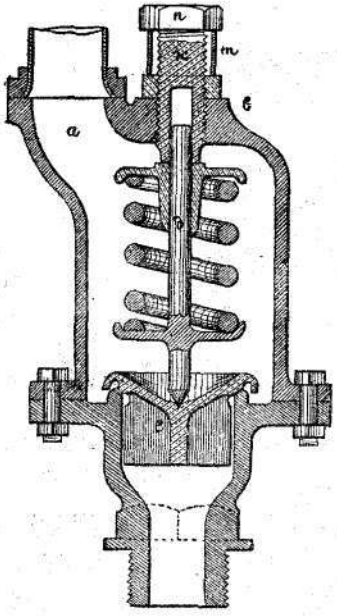
Предохранительный клапан.

Для достижения возможнаго равенства работ в обоих цилиндрах, необходимо, чтобы давление пара в ресивере не превосходило извѣстнаго предѣла, так как увеличением этого давления уменьшается работа малаго цилиндра, вслѣдствие увеличения противодѣйствия на нерабочую сторону его поршня и в то же время возрастает значительно работа большого цилиндра. Обстоятельство это бывает при низком положении переводнаго рычага, а именно: при трогании поѣзда с мѣста и очень медленном движении на подъемах, а равно и в случаѣ пропуска пара правым золотником. Послѣдствием неодинаковой работы цилиндров бывает подергиваніе паровоза и обрыв упряжного крюка.

Для устранения вышесказаннаго недостатка устанавливается на крышкѣ лѣваго золотниковаго ящика предохранительный клапан, расчитанный таким образом, что при повышении давления болѣе $5^1/_2$ атмосфер излишек пара выходит наружу. Устройство такого клапана, представленнаго на черт. 447, состоит в слѣдующем. В чугунной коробкѣ с двумя отростками *a* и *b* имѣется внутри клапан *e*, прижимаемый к своему гнѣзду пружиной, надѣтой на стержень *d* и заключенной между двумя дисками, из коих нижній составляет одно цѣлое со стержнем *d*, а верхній может на нем перемѣщаться вдоль и служит для регулированія нажатія пружины. Это регули-

рованіе достигается помощью пустотѣлаго винта *к*, служащаго направленіемъ для стержня *д* и упирающагося въ верхній подвижной дискъ. Для закрѣпленія винта на мѣстѣ служитъ гайка *п*; трубочка *т* опредѣляетъ предѣлъ ввинчиванія для требуемаго давленія.

Черт. 447



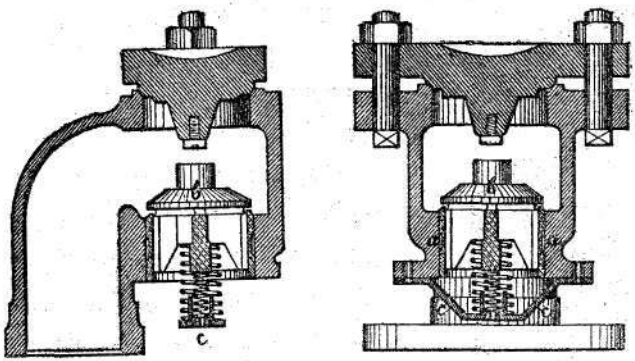
Въ виду серьезныхъ послѣдствій увеличенія давленія въ ресиверѣ, а слѣдовательно и въ золотниковой коробкѣ большого цилиндра, сверхъ 5½ атмосферъ, необходимо наблюдать, чтобы предохранительный клапанъ былъ всегда въ полной исправности. Съ этою цѣлью его осматриваютъ и повѣряютъ періодически на прессу по контрольному манометру.

Клапанъ Рикура.

Замѣчено, чти при движеніи обыкновеннаго паровоза съ закрытымъ регуляторомъ и при нормальномъ положеніи парораспредѣлительнаго прибора происходитъ легкое тормаженіе его, вслѣдствіе всасыванія поршнями воздуха изъ паровпускныхъ трубъ и выталкиванія его въ атмосферу. При этомъ на нерабочую сторону поршня дѣйствуетъ давленіе нѣсколько больше атмосфернаго, съ другой же стороны его существуетъ весьма значительное разрѣженіе. Для устраненія этого недостатка, который сказывается въ значительной степени въ компаундъ-паровозахъ при большой площади поршня, примѣняютъ автоматическій клапанъ Рикура. Черт.

448 и 449. Послѣдній устанавливается на крышкахъ золотниковыхъ коробокъ или цилиндровъ и, впуская атмосферный воздухъ на рабочую сторону поршня, выравниваетъ болѣе или менѣе давленіе на обѣ стороны поршня.

Черт. 448 и 449.



Устройство клапана Рикура состоитъ въ слѣдующемъ. Въ одно изъ отверстій чугунной коробки вставляется бронзовый стаканъ *aa* съ такимъ же клапаномъ *в*, а внизу клапана привинчена скоба *с*, на которой укрѣплены двѣ пружины. Наружная пружина, уравновѣшивая вѣсъ клапана, облегчаетъ его поднятіе, при закрытомъ регуляторѣ, для впуска воздуха въ золотниковую коробку; другая внутренняя пружина, помѣщающаяся внутри трубочки, смягчаетъ ударъ при закрытіи клапана. При открытіи регулятора давленіемъ пара клапанъ *в* прижимается къ гнѣзду и не допускаетъ выхода пара наружу.

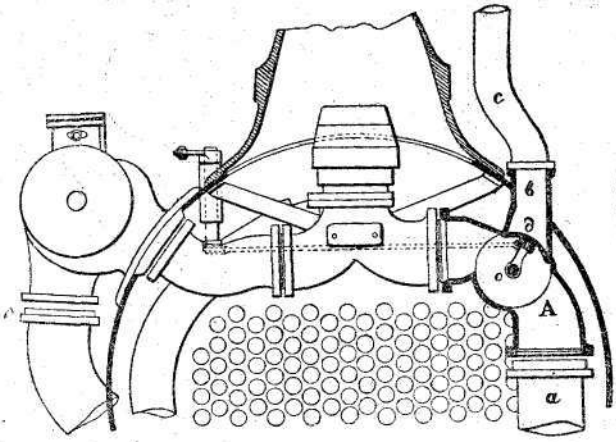
Регулированіе тяги въ паровозахъ.

Самый простой способъ ослабленія тяги въ дымовыхъ коробкахъ компаундъ-паровозовъ при движеніи ихъ на уклонахъ состоитъ въ устройствѣ на дымовой коробкѣ, съ лѣвой

стороны, особаго окна для впуска воздуха, закрываемаго задвижкою. Но такая мѣра едва ли можетъ считаться раціональною, такъ какъ въ зимнее время холодный воздухъ неминуемо долженъ охлаждать дымовую коробку и расположенныя въ ней паровыя трубы.

Болѣе раціональными въ этомъ отношеніи слѣдуетъ признать приборы инж. Зяблова, называемые *модераторами*, которые устраиваются двояко: 1) нагнетаемый цилиндрами воздухъ отводится прямо въ атмосферу, минуя конусъ и дымовую трубу или же 2) разобщается дымовая труба отъ дымовой коробки, частью или совершенно. Представленный на черт. 450 модераторъ Зяблова перваго типа состоитъ въ слѣдующемъ. Чугунная распредѣлительная коробка A съ

Черт. 450.

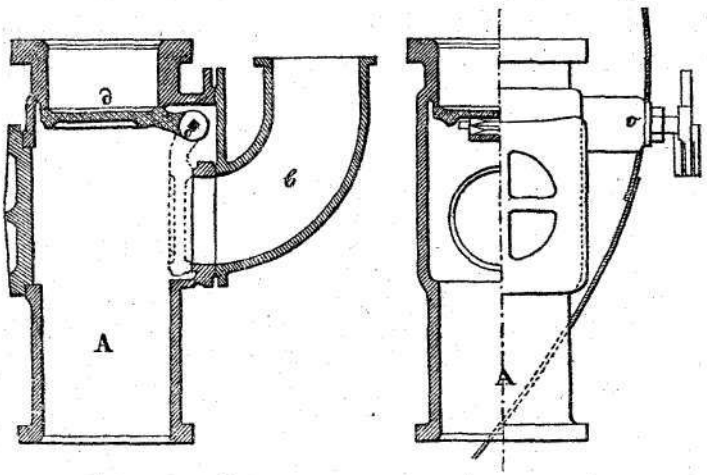


отросткомъ *в* устанавливается на продолженіи пароотводной трубы *a* между конусомъ и большимъ цилиндромъ; трубою *c*, выведенной наружу дымовой коробки, отростокъ *в* сообщается съ атмосферой. Мѣдный золотникъ *д*, нажимаемый къ своему мѣсту пружиной, можетъ быть повернутъ влѣво на нѣкоторый уголъ около оси *o*. Для этого вращенія изъ будки машиниста имѣется особый приводъ. Въ зависимости отъ

положенія золотника *д*, воздухъ, доставляемый цилиндромъ, направляется или въ конусъ, обыкновеннымъ путемъ, или по трубѣ *с* наружу. Въ первомъ случаѣ тяга въ дымовой коробкѣ будетъ полная, во второмъ—совершенно уничтожена и, наконецъ, при промежуточныхъ положеніяхъ золотника *д*, можетъ быть болѣе или менѣе ослаблена.

Видоизмѣненіе этого прибора, встрѣчающееся на нѣкоторыхъ компаундъ-паровозахъ, заключается въ слѣдующемъ. На пароотводный фланецъ большого цилиндра устанавливается чугунная коробка А, черт. 451 и 452, верхній фланецъ

Черт. 451 и 452.



которой особымъ колѣномъ соединяется съ конусомъ, а боковой отростокъ *в*—отводной трубой съ атмосферой. Мѣдный клапанъ *д*, помощью привода изъ будки машиниста, можетъ быть повернутъ на тотъ или иной уголъ въ предѣлахъ 90° около оси *о*. При положеніи клапана, показанномъ на чертежѣ, воздухъ изъ цилиндра будетъ выходить черезъ отростокъ *в* и отводную трубу въ атмосферу, минуя конусъ и тяга будетъ совершенно уничтожена. Если же клапанъ *д* повернуть на 90°, то воздухъ чрезъ конусъ устремится въ дымовую трубу. При всякомъ промежуточномъ положеніи клапана тяга будетъ ослаблена.

Ѣзда одной стороной.

Возможность ѣзды на паровозѣ компаундъ одной стороной, въ случаѣ порчи какой либо стороны, достигается простой перестановкою соотвѣтственнаго золотника въ крайнее положеніе настолько, чтобы происходящій каналъ былъ открытъ на нѣкоторую часть. Если передвинуть золотникъ малаго цилиндра впередъ, то рабочій паръ изъ золотниковой коробки малаго цилиндра пойдетъ прямо въ ресиверъ и золотниковую коробку большого цилиндра; если же передвинуть золотникъ большого цилиндра на такую же величину впередъ, то отработавшій въ маломъ цилиндрѣ паръ, проходитъ въ золотниковую коробку большого цилиндра, а оттуда непосредственно чрезъ пароисходящее окно въ атмосферу. Для такого передвиженія золотниковъ впередъ въ паровозахъ компаундъ золотниковыя коробки имѣютъ достаточную длину; нерабочій поршень долженъ быть при этомъ закрѣпленъ также въ крайнемъ переднемъ положеніи.

Сопротивленіе поѣзда и паровоза.

Сила паровыхъ машинъ, движущая поѣздъ вращеніемъ ведущихъ колесъ паровоза и преодолѣвающая сопротивленіе поѣзда, называется силою тяги паровоза. Величина этой силы находится въ зависимости отъ размѣра цилиндровъ, величины котла, діаметра ведущихъ колесъ и отъ сцѣпленія ведущихъ колесъ съ рельсами, т. е. отъ скользящаго тренія, возбуждаемаго на окружности колесъ до начала ихъ поступательнаго движенія.

Сцѣпленіе паровоза съ рельсами.

Для поясненія тѣхъ условій, при которыхъ вращательное движеніе ведущей оси преобразовывается въ поступательное движеніе паровоза, сдѣлаемъ сравненіе движенія паровоза съ перемѣщеніемъ телѣги. Впряженная въ телѣгу лошадь, при своемъ передвиженіи, упирается ногами въ мостовую и такимъ образомъ сопротивленіе мостовой даетъ лошади возможность употреблять свою силу на передвиженіе телѣги. Давленіе пара въ паровыхъ цилиндрахъ паровоза производитъ такое же явленіе, съ тою только разницею, что паръ не имѣетъ упора ни въ мостовой, ни на рельсахъ, а дѣйствуетъ на ведущія колеса, заставляя ихъ вращаться. При этомъ, вслѣдствіе значительнаго сопротивленія (тренія), проявляющагося между ведущими колесами и рельсами, колеса не вращаются на мѣстѣ, не скользятъ, а катятся, сообщая поступательное движеніе паровозу. Такимъ образомъ ведущія колеса въ паровозѣ выполняютъ то же назначеніе, какъ и ноги лошади по отношенію къ телѣгѣ.

Скользящее треніе или сцѣпленіе ведущихъ колесъ съ рельсами проявляется при стоянкѣ паровоза на мѣстѣ буксованіемъ колесъ и величина его не зависитъ отъ діаметра ведущихъ колесъ, а только отъ нагрузки на нихъ, отъ свойствъ матеріала, изъ котораго онѣ сдѣланы и, наконецъ, отъ вида и состоянія трущихся поверхностей. Съ цѣлью увеличить сцѣпленіе паровоза съ рельсами, увеличиваютъ нагрузку на ведущую ось или связываютъ съ нею помощью шатуновъ другія оси паровоза.

Подъемы и скаты имѣютъ весьма малое вліяніе на сцѣпленіе колесъ; случайное же уменьшеніе сцѣпленія могутъ произвести слѣдующія обстоятельства;

1. Гладкость рельсовъ, произведенная прежде проходившими паровозами, колеса которыхъ скользили (буксовали) и тѣмъ, такъ сказать, полировали рельсы.

2. Жирное состояніе поверхностей рельсовъ и бандажей, происходящее отъ неосторожной смазки частей паровоза и вагоновъ, что особенно случается на станціяхъ.

3. Сырость рельсовъ, происходящая отъ тумановъ, близости лѣса и т. п.

4. Покрытіе рельсовъ снѣгомъ, инеемъ или гололедицею.

Наоборотъ, сцѣпленіе ведущихъ колесъ увеличиваютъ;

1, Ржавчина, покрывающая рельсы и дѣлающая ихъ менѣе гладкими.

2. Совершенное смачиваніе рельсовъ сильнымъ дождемъ.

3. Обливаніе рельсовъ горячею водою, которая испаряясь, осушаетъ рельсы.

4. Присутствіе песку или пыли на рельсахъ. Песокъ употребляется для искусственнаго увеличенія сцѣпленія ведущихъ колесъ, подсыпкой его помощью особыхъ приборовъ на рельсы.

Изъ опытовъ найдено, что при совершенно сухихъ рельсахъ величина сцѣпленія паровоза съ рельсами состав-

ляетъ $^1/_4$ нагрузки на ведущія оси или такъ называемаго полезнаго вѣса паровоза; при мокрыхъ рельсахъ—сцѣпленіе уменьшается до $^1/_{10}$ части полезнаго вѣса. Въ среднемъ принимаютъ сцѣпленіе въ $^1/_5$—$^1/_6$ и обыкновенно $^1/_7$ полезнаго вѣса. Такимъ образомъ въ 8-ми колесныхъ паровозахъ, вѣсъ которыхъ достигаетъ 49 тоннъ и больше и всѣ оси спарены, сцѣпленіе колесъ будетъ $49 \times {}^1/_7 = 7$ тоннъ или 7000 килограммовъ*). Это отношеніе—$^1/_7$ называется коэффиціентомъ сцѣпленія паровоза съ рельсами.

Величина сцѣпленія колесъ паровоза съ рельсами обусловливаетъ собою наибольшій вѣсъ поѣзда, который можетъ вести паровозъ при данныхъ условіяхъ, а равно и размѣръ машинъ его. Если сопротивленіе поѣзда на извѣстномъ участкѣ пути больше сцѣпленія колесъ паровоза, то послѣдній остановится; при этомъ если сила машинъ соотвѣтствуетъ величинѣ сцѣпленія колесъ, то машины не проявляютъ своего дѣйствія; если же сила машинъ значительно больше сцѣпленія колесъ съ рельсами, то онѣ будутъ работать, вращая колеса на мѣстѣ, при чемъ паровозъ будетъ стоять. Такъ какъ сила машинъ паровоза расходуется не только на передвиженіе поѣзда и тендера, а равно и на преодолѣніе сопротивленія, представляемаго движущимъ механизмомъ, какъ то: треніемъ поршня и золотника съ стержнями ихъ, треніемъ крейцкопфа, шатуновъ, эксцентриковъ и др. частей, то размѣръ силы машинъ обыкновенно нѣсколько больше сцѣпленія паровоза. Наибольшее же сопротивленіе поѣзда ни въ какомъ случаѣ, при самыхъ невыгодныхъ условіяхъ пути и др. обстоятельствахъ, не должно превосходить сцѣпленія колесъ паровоза и въ то же время быть всегда меньше силы машинъ паровоза.

---

*) Тонна=1000 килограммамъ; 1 килограммъ=2,44 фунта.

Сопротивленіе поѣзда на горизонтали.

Опыты надъ сопротивленіемъ поѣзда начались съ давняго времени; еще до открытія желѣзныхъ дорогъ Стефенсонъ занимался уже сопротивленіемъ вагона при его движеніи. Эти опыты на многихъ дорогахъ предпринимаются и въ настоящее время, при чемъ вслѣдствіе большого разнообразія условій, при которыхъ происходитъ движеніе поѣзда на желѣзныхъ дорогахъ, результаты этихъ опытовъ весьма различны, а потому законы этого движенія пока не выяснены вполнѣ точно.

Установивъ на горизонтальномъ пути вагонъ, вѣсомъ въ одну тонну, приводили его затѣмъ въ равномѣрное движеніе при посредствѣ гири, вѣсъ которой опредѣлился 4 килограммами. Этотъ первый опытъ показалъ, что для передвиженія груза въ одну тонну, нужно употребить усиліе равное 4 килограммамъ, иначе говоря, что сопротивленіе вагона движенію составляетъ 4 килограмма на 1 тонну его вѣса. Величина сопротивленія обыкновенно выражается въ килограммахъ на тонну и такое сопротивленіе называется единичнымъ сопротивленіемъ, въ отличіе отъ полнаго сопротивленія вагона или поѣзда.

Сопротивленіе движенію поѣзда на горизонтальномъ пути при обыкновенной погодѣ происходитъ отъ тренія на окружности катящихся колесъ и на шейкахъ вагонныхъ осей, отъ сопротивленія воздуха и отъ ударовъ колесъ о рельсы.

1. Треніе вагонныхъ колесъ, катящихся по рельсамъ, пропорціонально давленію на нихъ и обратно пропорціонально діаметру ихъ, т. е. треніе тѣмъ меньше, чѣмъ меньше нагрузка и чѣмъ больше діаметръ колесъ. Отсюда видно, что выгодно дѣлать колеса большого діаметра; но выгода эта въ отношеніи сбереженія топлива такъ незна-

чительна въ сравненіи съ первоначальною стоимостью колесъ, что діаметръ вагонныхъ колесъ дѣлаютъ обыкновенно около $3^1/_2$ футъ, нагрузка на колесо не превосходитъ 6 тоннъ. Катящееся треніе или сопротивленіе колесъ перекатыванію не зависитъ отъ скорости ихъ движенія, а только отъ состоянія поверхностей бандажей и рельсовъ, и составляетъ для вагонныхъ колесъ около $^1/_{1000}$ нагрузки на нихъ.

2. Треніе на шейкахъ осей вагонныхъ колесъ представляетъ собою скользящее треніе особаго рода, которое зависитъ отъ давленія на шейку и отъ отношенія діаметровъ шейки оси и колеса. При существующемъ отношеніи (около 0,08) діаметра вагонной шейки къ діаметру колеса, величина этого сопротивленія составляетъ около $^8/_{1000}$ нагрузки на колесо и также не зависитъ отъ скорости движенія, а только отъ состоянія трущихся поверхностей, рода смазки и времени года. Сумма обоихъ сопротивленій будетъ около $^4/_{1000}$ или около $^1/_{250}$ вѣса вагона, что составляетъ около 4 килограммовъ на тонну.

3. Сопротивленіе движенію поѣзда отъ воздуха по всѣмъ опытамъ оказалось пропорціонально площади поперечнаго сѣченія кузова вагона вмѣстѣ съ его рамою, осями, колесами и буксами, а также пропорціонально квадрату скорости движенія поѣзда. Если сопротивленіе вагона движенію при скорости 20 верстъ въ часъ составляетъ всего 15 килограммовъ, то при скорости 50 верстъ въ часъ—сопротивленіе вагона возрастаетъ до 96 килограм. на вагонъ.

4. Сопротивленіе отъ неровностей пути и стыковъ рельсовъ, проявляя себя ударами и сотрясеніями, имѣетъ послѣдствіемъ потерю скорости (*живой силы*) поѣзда, которая должна быть возстановлена работою машинъ паровоза. Сопротивленіе, отсюда происходящее, пропорціонально грузу и квадрату скорости движенія. Кромѣ того, чѣмъ легче ко-

леса вагона и чѣмъ рѣже происходятъ эти удары, тѣмъ сопротивленіе вагона отъ ударовъ меньше.

Кромѣ вышесказаннаго сопротивленіе вагона на прямомъ горизонтальномъ пути увеличивается еще отъ извилистаго движенія самаго вагона, вслѣдствіе чего появляется добавочное треніе между ребордами колесъ и рельсами. Сдѣлавъ въ полу платформы отверстіе, чрезъ которое можно было мазать мѣломъ реборду колеса, спускали вагонъ съ уклона подъ дѣйствіемъ одной силы тяжести, при чемъ на рельсахъ являлись мѣловыя пятна, указывавшія тѣ мѣста, гдѣ реборда колеса приходила въ прикосновеніе съ рельсомъ и терлась объ него. Неправильная установка осей подъ вагономъ и неправильное изнашиваніе бандажей колесъ увеличиваютъ также сопротивленіе вагона движенію. Увеличеніе нагрузки вагона оказываетъ вліяніе на уменьшеніе сопротивленія на тонну, такъ какъ сопротивленіе воздуха и удары распредѣляются на большее число тоннъ.

Ниже приведена таблица, заимствованная изъ печатнаго курса профессора Н. Петрова «Сопротивленіе поѣзда на ж. д.», въ которой указано сопротивленіе вагона на каждую тонну его вѣса при различныхъ скоростяхъ и различной нагрузкѣ.

Величины полнаго груза въ тоннахъ.	Скорости движенія въ километрахъ *)					
	5	20	35	50	65	80
5	1.87	4.78	11.19	21.07	34.47	51.34
10	1.37	2.82	6.02	10.96	17.66	26.10
15	1.25	2.23	4.36	7.66	12.09	17.74

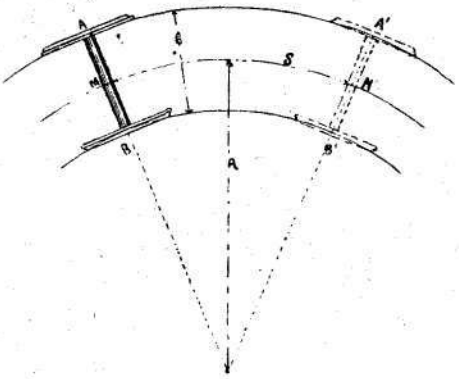
*) километръ=1000 метрамъ=0,9374 версты=468,7 саженямъ.

Сопротивленіе поѣзда на кривой.

Сопротивленіе движенію поѣзда въ кривыхъ частяхъ пути происходитъ отъ трехъ причинъ: 1) отъ неравенства путей, проходимыхъ внѣшними и внутренними колесами осей вагоновъ, 2) отъ параллельности вагонныхъ осей между собою и 3) отъ центробѣжной силы вагоновъ.

1. Представимъ себѣ, что пара колесъ, надѣтыхъ наглухо на ось, движется по криволинейному участку пути радіуса R. Назовемъ разстояніе между рельсами, или ширину пути, черезъ $в$ и пусть средняя точка оси пройдетъ путь MN=S; черт. 453. Такъ какъ ось AB во все время движенія перпендикулярна къ кривой пути, то внѣшнее колесо должно пройти путь AA′, больше чѣмъ S на нѣкоторую величину $\left(\frac{вS}{2R}\right)$; точно также путь, проходимый внутреннимъ колесомъ, т. е. BB′, меньше чѣмъ S на ту же величину. Вслѣдствіе неизмѣннаго соединенія оси съ колесами, послѣднія имѣютъ одинаковую скорость вращенія равную поступательной скорости самой оси, а потому внѣшнее колесо, при проходѣ осью пути S на кривой, должно скользить нѣкоторую длину пути въ сторону движенія оси, а внутреннее—на ту же величину въ обратную сторону. Для уменьшенія этого скольженія дѣлаютъ поверхность бандажей коническою, вслѣдствіе чего наружное колесо, приближаясь ребордою къ наружному рельсу, катится большимъ діаметромъ, а внутреннее колесо, удаляясь въ то же время отъ

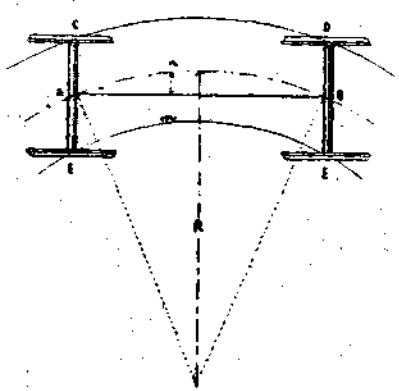
Черт. 453.



внутренняго рельса, катится меньшимъ діаметромъ. Коническая поверхность бандажа оказываетъ свое вліяніе лишь въ первое время; вскорѣ бандажъ изнашивается и принимаетъ цилиндрическую поверхность, а съ теченіемъ времени представляетъ даже обратный конусъ. Величина сопротивленія этого рода на кривой тѣмъ больше, чѣмъ больше ширина пути и чѣмъ меньше радіусъ кривизны пути.

2. Вслѣдствіе параллельности осей вагона при проходѣ поѣздомъ кривого участка, проявляется скользящее треніе между поверхностью бандажа и рельсомъ по направленію радіуса кривой, а равно треніе между ребордою бандажа и рельсомъ. Въ то время, когда вагонъ CDFE пробѣгаетъ по кривой AB небольшой путь Am, онъ одновременно соскальзываетъ въ сторону по направленію радіуса, на величину пути $mn\left(\frac{eS}{2R}\right)$, черт. 454. Это скольженіе происходитъ потому, что вагонъ, стремясь идти по прямому направленію, постоянно отклоняется отъ этого направленія рельсами, при чемъ переднее наружное колесо набѣгаетъ на наружный рельсъ, а заднее внутреннее колесо набѣгаетъ на внутренній рельсъ. Величина этого сопротивленія тѣмъ больше, чѣмъ меньше радіусъ кривой и чѣмъ больше разстояніе между крайними осями вагона.

Черт. 454.

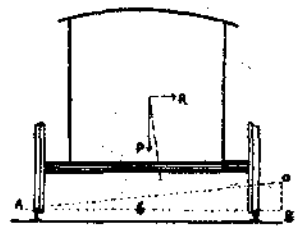


3. Центробѣжная сила груза вагона производитъ прижиманіе внѣшняго колеса ребордою къ рельсу и сообщаетъ вагону стремленіе опрокинуться. Опыты показали, что центробѣжная сила прямо пропорціональна вѣсу вагона и квадрату скорости при одной и той же кривой, и обратно

пропорціональна радіусу кривой, по которой вагонъ движется, при одной и той же скорости.

Для предупрежденія опрокидыванія вагона необходимо только поднять наружный рельсъ B кривой на высоту BC, черт. 455, такъ, чтобы равнодѣйствующая центробѣжной силы R и вѣса вагона P была бы перпендикулярна къ прямой AC, соединяющей обѣ поверхности рельсовъ.

Черт. 455.



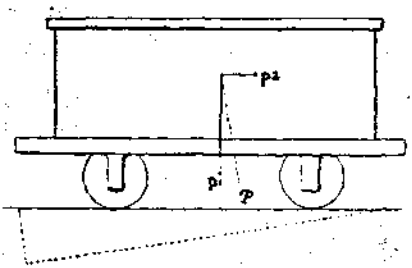
Изъ множества опытовъ, относящихся къ опредѣленію сопротивленія поѣздовъ при движеніи ихъ по кривымъ, оказывается, что вообще это сопротивленіе при большомъ радіусѣ весьма незначительно. Такъ при движеніи поѣзда по кривой радіуса около 250 саж. увеличеніе сопротивленія на тонну составляетъ ½ до 1 килограмма; на кривой радіуса около 400 саж.—наибольшее сопротивленіе составляетъ ½ килогр.; на кривой радіуса около 500 саж. и больше не замѣчается никакого увеличенія сопротивленія. На большей части нашихъ желѣзныхъ дорогъ радіусъ кривыхъ, за немногими исключеніями, не менѣе 300 саж., а потому при опредѣленіи сопротивленія поѣзда можно вовсе не принимать кривыхъ во вниманіе. Длина поѣзда не обнаруживаетъ никакого вліянія на сопротивленіе поѣзда на кривой; въ началѣ движенія по кривой величина сопротивленія наибольшая, а затѣмъ, если кривая длинна, то сопротивленіе мало по малу стремится прійти къ своей обыкновенной величинѣ.

Сопротивленіе поѣзда на подъемѣ.

При движеніи вагона по подъему вверхъ, грузъ его P разлагается на силу P_1, перпендикулярную плоскости пути и на силу P_2, параллельную этой плоскости, черт. 456.

Первая слагающая производитъ треніе въ колесахъ, а вторая, прямо противоположная направленію движенія, стремится сдвинуть поѣздъ внизъ. Такимъ образомъ, во время движенія поѣзда по подъему, сопротивленіе его увеличивается на величину слагающей силы тяжести P^2, величина которой зависитъ отъ уклона пути. Обыкновенно уклонъ выражается въ тысячныхъ доляхъ и число тысячныхъ долей въ подъемѣ прямо опредѣляетъ, сколько килограммовъ на тонну прибавляется къ сопротивленію поѣзда, двигающагося при тѣхъ же условіяхъ на горизонтальномъ пути. Такъ, на 0,006 подъемѣ сопротивленіе на тонну вѣса поѣзда увеличивается на 6 килограммовъ.

Черт. 456.



Съ увеличеніемъ сопротивленія поѣзда на подъемѣ, отъ дѣйствія силы тяжести, извилистое движеніе вагоновъ, вслѣдствіе большой натянутости ихъ на подъемѣ, по всей вѣроятности должно уменьшиться, а потому можно принять, что среднимъ счетомъ на каждую 0,001 подъема сопротивленіе возрастаетъ не на 1 килогр., а только на 0,9 килогр., т. е. отъ дѣйствія тяжести прибавляется 1 килогр., а отъ уменьшенія извилистости—сопротивленіе уменьшается на 0,1 килограмма.

Сопротивленіе поѣзда при вѣтрѣ увеличивается въ томъ случаѣ, когда вѣтеръ встрѣчный и въ особенности боковой, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ сопротивленіе возрастаетъ иногда до такихъ размѣровъ, что поѣздъ останавливается. Это происходитъ оттого, что встрѣчный вѣтеръ производитъ давленіе преимущественно только на первый вагонъ

поѣзда, между тѣмъ какъ боковой вѣтеръ прижимаетъ колеса поѣзда къ одной сторонѣ рельсовъ, заставляя колеса одной и той же оси катиться различными кругами и заставляя реборды колесъ тереться о боковыя поверхности рельсовъ.

Все вышеизложенное относительно средней величины сопротивленія поѣзда относится къ установившемуся уже равномѣрному движенію его, поѣздъ же, стоявшій нѣкоторое время, представляетъ въ первые моменты движенія его значительно большее сопротивленіе. Такимъ образомъ бываетъ очень часто, что паровозъ, вполнѣ способный везти поѣздъ по подъему въ 0,010 и преодолѣть сопротивленіе въ 12—13 килогр. на тонну вѣса поѣзда, не въ состояніи тронуть этого поѣзда съ мѣста, если всѣ вагоны должны одновременно придти въ движеніе. Это есть причина, почему товарный поѣздъ сцѣпляется такъ, чтобы вагоны могли начинать движеніе не всѣ сразу, а одинъ послѣ другого.

Такъ какъ треніе на шейкахъ зависитъ отъ температуры, то сопротивленіе движенію поѣзда увеличивается въ зимнее время, вслѣдствіе увеличенія тренія на шейкахъ осей, и уменьшается лѣтомъ. Если полное *среднее* сопротивленіе поѣзда было 2,5 килогр., то зимою оно можетъ быть болѣе 3,1 а лѣтомъ менѣе 2,2. Первое изъ этихъ двухъ болѣе второго почти въ 1½ раза. Кромѣ того, сопротивленіе поѣзда увеличивается вслѣдствіе увеличенія жесткости пути и происходящаго отъ того увеличенія силы ударовъ, получаемыхъ колесами отъ рельсовъ.

Сопротивленіе паровоза.

Паровозъ представляетъ сопротивленія двоякаго рода, какъ экипажъ и какъ машина. Первыя сопротивленія однородны съ сопротивленіями вагоновъ; вторыя сопротивленія являются вслѣдствіе тренія отдѣльныхъ частей движущаго

механизма. Сопротивленія паровоза, какъ машины, зависятъ отъ тренія поршней, золотниковъ и ихъ стержней, отъ тренія крейцкопфовъ, тренія ведущихъ и сдваивающихъ шатуновъ на цапфахъ кривошиповъ, отъ тренія эксцентриковъ и кулисъ. Полныя сопротивленія паровоза съ тендеромъ, идущаго на парахъ при различныхъ скоростяхъ и различномъ среднемъ (индикаторномъ) давленіи приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ, заимствованной изъ печатнаго курса профессора Н. Петрова «Сопротивленіе поѣзда на ж. д.».

Среднее давленіе пара на поршень въ атмосферахъ	Скорость въ километрахъ въ часъ.	Сопротивленіе на тонну общаго вѣса паровоза съ тендеромъ въ килограм.	Среднее давленіе пара на поршень въ атмосферахъ.	Скорость въ километрахъ въ часъ.	Сопротивленіе на тонну общаго вѣса паровоза съ тендеромъ въ килограм.
6.9	19.3	14.1	6	45	12
5.7	23.7	5.5	5.8	45	12.8
7.2	27.6	9.4	5.3	48.8	10.3
6.3	29.4	9.4	6.5	51.2	11.4
6	31.7	9.4	4.2	52.5	14.1
6	35.8	14.5	3.9	60.8	13.9
4.9	38	10.6			

Сопротивленіе паровоза при слѣдованіи его въ холодномъ состояніи, безъ дѣйствія пара, немного меньше, такъ какъ въ этомъ случаѣ золотники его не прижимаются паромъ и въ свою очередь не прижимаютъ эксцентриковыхъ хомутовъ къ эксцентрикамъ; шатуны не прижимаются паромъ къ цапфамъ кривошиповъ и крейцкопфы не давятъ такъ сильно на параллели, вслѣдствіе чего треніе этихъ частей уменьшается значительно.

Первое мѣсто по величинѣ тренія занимаютъ поршни и поршневые стержни, на долю которыхъ вмѣстѣ съ ведущими и сдваивающими шатунами приходится почти половина полнаго сопротивленія паровоза. Величина тренія поршней и ихъ стержней крайне измѣнчива и зависитъ отъ многихъ условій, преимущественно же отъ разныхъ способовъ на-

бивки. Слишкомъ туго закрѣпленная набивка сальника и слишкомъ жесткія кольца поршня очевидно вліяютъ на увеличеніе сопротивленія. Необходимо и возможно держать поршень и сальники всегда въ такомъ состояніи, чтобы не тратить лишней работы на треніе и въ то же время не допускать протековъ пара. Кольца не должны туго ходить въ цилиндрѣ, а сальники нужно чаще заправлять свѣжею набивкою, которая не требуетъ большаго сжатія ея; если же приходится уже подвинчивать ее слишкомъ сильно, то пора замѣнить ее новою. Та набивка, которую нужно сильно сжимать въ первое же время постановки ея въ сальникъ, не годится вовсе къ употребленію.

Треніе золотниковъ и ихъ стержней представляетъ также довольно значительное сопротивленіе, въ особенности когда золотники совершенно новы и не пришлифовались къ золотниковымъ столамъ. Съ увеличеніемъ тренія золотниковъ увеличивается прижатіе эксцентриковыхъ хомутовъ къ эксцентрикамъ, вслѣдствіе чего треніе послѣднихъ также увеличивается, хотя вообще оно весьма незначительно. Треніе остальныхъ частей машины отзывается на ея сопротивленіи настолько незначительно, что о немъ не стоитъ распространяться. Вообще же необходимо замѣтить, что обильное смазываніе трущихся поверхностей играетъ весьма существенную роль. Чѣмъ совершеннѣе будетъ смазываніе, тѣмъ лучше будутъ результаты, какъ бы дорого ни обходился смазочный матеріалъ. Экономія же въ смазкѣ далеко не покрываетъ неизбѣжныхъ потерь въ работѣ и топливѣ и лишнихъ расходовъ на ремонтъ вслѣдствіе тренія и болѣе скораго изнашиванія частей машины.

Вредныя движенія паровоза.

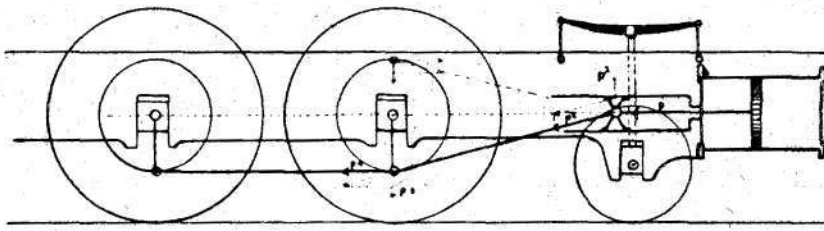
Движеніе паровоза, наблюдаемое со стороны, вблизи пути, кажется вполнѣ покойнымъ, равномѣрнымъ и направленнымъ по оси пути; между тѣмъ если стать на площадку паровоза, то замѣтимъ, что движеніе его вовсе не такъ покойно и однородно, какъ казалось раньше, и что поступательное движеніе паровоза сопровождается одновременно разными другими движеніями, какъ то: подпрыгиваніемъ, подергиваніемъ, перевалкою, извилистостью и др. Изслѣдованіе вредныхъ движеній паровоза происходило не только теоретическими разсужденіями и разсчетами, но также помощью опыта, съ какою цѣлью подвѣшивали паровозъ въ четырехъ углахъ рамы на длинныхъ шпяхъ такимъ образомъ, чтобы колеса его не касались вовсе рельсовъ, а затѣмъ, заправивъ его, приводили въ движеніе его машины. Результатами этихъ изслѣдованій найдено, что всѣ вредныя движенія паровоза бываютъ двоякаго рода, а именно: движеніе всего паровоза (котла, рамы и колесъ) и движеніе одного груза, расположеннаго на рессорахъ. Причины вредныхъ движеній заключаются частью въ самомъ устройствѣ паровоза и дѣйствіи его машинъ, частью же обусловливаются состояніемъ пути и самаго паровоза.

Въ кривыхъ частяхъ пути колеса паровоза, катящіяся по наружному рельсу, должны проходить большее разстояніе, чѣмъ колеса, катящіяся по внутреннему рельсу, при чемъ въ одно и то же время дѣлать одинаковое число оборотовъ; вслѣдствіе этого происходитъ скольженіе колесъ и поступательное движеніе паровоза дѣлается нѣсколько неправильнымъ. Дальнѣйшими причинами, нарушающими правильность движенія паровоза, это мѣстныя случайныя неправильности пути и стыки рельсовъ. На прямомъ пути стыки располагаются одинъ противъ другого и поэтому

удары обоихъ колесъ каждой оси происходятъ одновременно и чрезъ извѣстные одинаковые промежутки времени, вслѣдствіе чего паровозъ періодически поднимается и опускается, что называется *подпрыгиваніемъ* паровоза. На кривыхъ же частяхъ пути стыки рельсовъ располагаются иначе и послѣдніе дѣйствуютъ разъ на одно колесо, другой разъ на другое, откуда происходятъ боковыя колебанія паровоза или такъ называемая *перевалка* его.

Пусть сила P выражаетъ собою направленіе и величину силы пара, дѣйствующаго на поршень. Черт. 457. Раз-

Черт. 457.



ложимъ эту силу на двѣ слагающія: одну p^1, направленную вдоль шатуна и дѣйствующую на палецъ кривошипа, а другую p^2—вертикальную и направленную вверхъ. Силу p^1 въ свою очередь можно разложить на силу p^3, направленную внизъ, вдоль кривошипа, и силу p^4, перпендикулярную къ кривошипу. Очевидно, что только сила p^4 будетъ вращать кривошипъ по направленію, указанному стрѣлкою; сила же p^3 будетъ прижимать ведущее колесо къ рельсу и какъ бы увеличивать его нагрузку. Сила же p^2 будетъ дѣйствовать на верхнюю параллель и, такимъ образомъ, будетъ облегчать нагрузку на переднее колесо. Когда кривошипъ приходитъ въ мертвую точку, силы p^2 и p^3 будутъ равны О, т. е. не будетъ прижатія колеса къ рельсу и поднятія параллели. Если затѣмъ предположить, что кривошипъ находится въ наивысшемъ положеніи, обозначенномъ пунктиромъ, то раз-

лагая силу пара, дѣйствующаго уже въ обратномъ направленіи, на слагающія силы, какъ и раньше, найдено, что одна изъ слагающихъ будетъ снова прижимать ведущее колесо къ рельсу, а другая слагающая будетъ вращать кривошипъ. Крейцкопфъ будетъ давить при этомъ также на верхнюю параллель и облегчать нагрузку на переднюю ось. Такъ какъ кривошипы расположены подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, то наибольшему прижатію ведущаго колеса и наибольшему облегченію нагрузки передняго колеса съ одной стороны паровоза соотвѣтствуютъ наименьшія величины съ другой; поэтому и происходитъ перевалка паровоза. Вслѣдствіе такого дѣйствія силы пара является скорѣйшее изнашиваніе бандажей ведущихъ колесъ въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ, а равно возможность схода паровоза съ рельсовъ при совпаденіи этого поднятія паровоза съ болѣе сильнымъ вертикальнымъ толчкомъ на пути. Соединеніе переднихъ рессоръ поперечнымъ балансиромъ или же замѣна ихъ одною поперечною рессорою уничтожаетъ перевалку паровоза; соединеніе же балансиромъ смежныхъ рессоръ передней и ведущей осей уравновѣшиваетъ лишь нагрузку на нихъ, но не вліяетъ на измѣненіе непосредственнаго давленія на кривошипъ. При обратномъ движеніи паровоза перевалка его будетъ также имѣть мѣсто съ тѣмъ лишь различіемъ, что нагрузка на переднія колеса будетъ попеременно увеличиваться, а на ведущія—уменьшаться.

Когда поршень находится въ среднемъ своемъ положеніи, то дѣйствіе его на кривошипъ ведущаго колеса самое большое, во время же прохожденія его чрезъ мертвую точку дѣйствіе его равно О и онъ увлекается инерціею колеса. Отсюда слѣдуетъ, что сила тяги паровоза дѣйствуетъ непостоянно и, такъ какъ кривошипы расположены подъ прямымъ угломъ, то наибольшее дѣйствіе поршня происходитъ разъ съ одной стороны паровоза, другой разъ съ другой,

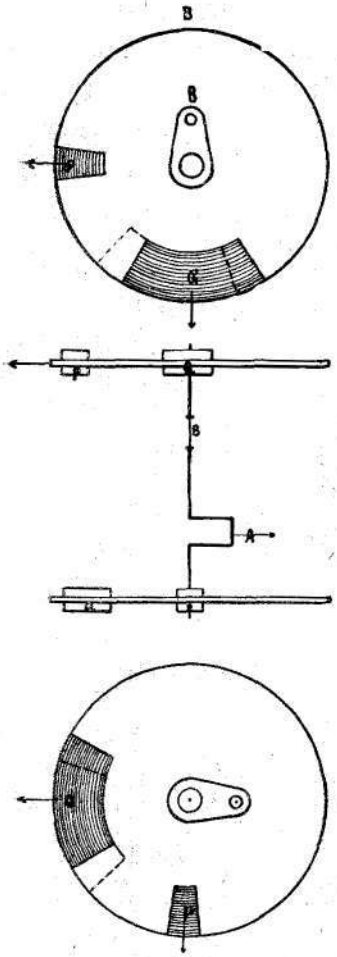
вслѣдствіе чего движеніе паровоза происходитъ не по прямой, а прижимается то къ одной сторонѣ рельса, то къ другой, принимая такимъ образомъ *извилистое* направленіе.

Поршень съ штокомъ, крейцкопфъ и движущій шатунъ находятся въ непрерывномъ движеніи взадъ и впередъ, при чемъ, приближаясь къ мертвой точкѣ, скорость ихъ уменьшается и доходитъ до 0, а затѣмъ снова возрастаетъ и на половинѣ хода имѣетъ наибольшую скорость. Вслѣдствіе такого движенія этихъ массъ измѣняется центръ тяжести паровоза и послѣдній получаетъ *подергиваніе* взадъ и впередъ. Уничтоженіе этой неправильности движенія паровоза, а равно извилистости и перевалки его возможно достигнуть постановкою на паровозѣ, съ каждой стороны его посрединѣ длины рамы, по два цилиндра такимъ образомъ, чтобы одинъ дѣйствовалъ на переднее колесо, а другой на заднее, при чемъ когда одинъ поршень движется впередъ, то другой назадъ и наоборотъ. Легче достигнуть того же результата употребленіемъ кромѣ двухъ наружныхъ цилиндровъ еще третьяго, равнаго по силѣ двумъ первымъ, при чемъ наружные кривошипы колесъ должны быть параллельны между собой, а средній подъ прямымъ угломъ къ первымъ. При этомъ конструкція паровоза также сложна и, кромѣ того, котелъ долженъ быть приподнятъ подъ рамою, чтобы было мѣсто для движущаго шатуна.

Самый простой способъ уничтоженія подергиванія и извилистости при движеніи паровоза состоитъ въ устройствѣ особыхъ противовѣсовъ, укрѣпляемыхъ между спицами противъ кривошиповъ. Величина противовѣсовъ зависитъ отъ величины уравновѣшиваемыхъ массъ, разстоянія между цилиндрами, радіуса кривошипа, удаленія противовѣса отъ оси и отъ разстоянія между осями. Если цилиндры внутреннія и одна ведущая ось, то массу движущихся: поршня, штока, крейцкопфа и шатуна праваго цилиндра можно

принять сосредоточенною въ шейкѣ колѣна A, черт. 458—460. Если бы шейка эта находилась въ плоскости перваго колеса, то достаточно было бы одного противовѣса, помѣщеннаго на этомъ колесѣ прямо противоположно шейкѣ; но такъ какъ шейка находится между обоими колесами, то нужно два противовѣса, помѣщенныхъ на обоихъ колесахъ, при чемъ на колесѣ ближайшемъ къ A противовѣсъ будетъ больше, положимъ Q, на другомъ же колесѣ будетъ значительно меньше, положимъ q. Разсуждая такимъ же образомъ для лѣваго цилиндра, найдемъ, что для уравновѣшиванія массы, сосредоточенной въ шейкѣ B, нужно еще два противовѣса Q′ и q′. Такимъ образомъ на каждое колесо нужно поставить по два противовѣса, которые возможно замѣнить однимъ для каждаго колеса, находящимся на равнодѣйствующей обоихъ противовѣсовъ. Такъ какъ разница положенія равнодѣйствующей отъ большого противовѣса весьма незначительна, то на практикѣ большею частью располагаютъ противовѣсы прямо противоположно направленію кривошиповъ.

Черт. 458—460.

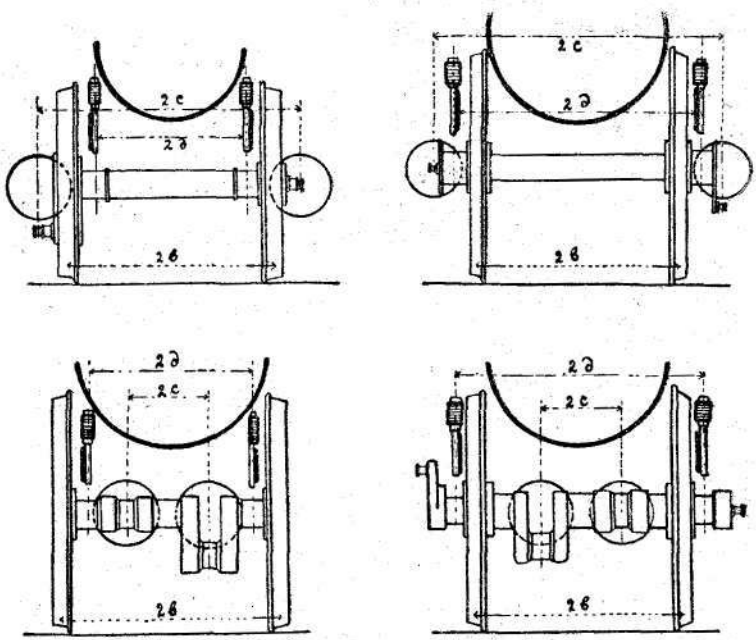


Для уменьшенія противовѣсовъ при сдваивающихъ шатунахъ располагаютъ кривошипы ихъ, при внутреннихъ цилиндрахъ, прямо противоположно ведущимъ кривошипамъ. При наружныхъ цилиндрахъ въ паровозѣ противовѣсы выходятъ значительно тяжелѣе.

Типы паровозовъ.

Уменьшеніе вредныхъ движеній паровоза обусловливается главнымъ образомъ соблюденіемъ извѣстныхъ соотношеній въ разстояніяхъ отдѣльныхъ частей его. Разстояніе между рельсами, а слѣдовательно и разстояніе между колесами остается всегда постояннымъ, всѣ же другіе размѣры зависятъ вполнѣ отъ конструктора паровоза. На черт. 461—464 представлены четыре главныхъ типа паровозовъ.

Черт. 461—464.



Разстояніе между срединами цилиндровъ, соотвѣтствующее разстоянію между крейцкопфами и срединами цапфъ, обозначимъ черезъ $2c$; разстояніе между срединами колесъ или ширину пути—черезъ $2в$, а разстояніе между срединами рессоръ, соотвѣтствующее разстоянію между срединами осевыхъ шеекъ—черезъ $2∂$.

На черт. 461 рессоры расположены между колесами, а цилиндры—снаружи рамы. Удары колесъ о рельсы передаются рессорамъ въ отношеніи $^{a}/_{b}$; такъ какъ величина b, разстояніе между колесами, постоянна, слѣдовательно ослабленіе ударовъ на рессору тѣмъ больше, чѣмъ больше разстояніе между ними. Измѣненіе нагрузки на переднія рессоры, происходящее отъ перемѣннаго давленія крейцкопфа на параллели, обусловливается отношеніемъ $^{c}/_{b}$, т. е. чѣмъ меньше разстояніе между цилиндрами и чѣмъ больше разстояніе между рессорами, тѣмъ меньше измѣненіе нагрузки рессоръ. Величина противовѣсовъ зависитъ отъ отношенія $^{c}/_{b}$, т. е. противовѣсы тѣмъ меньше, чѣмъ меньше разстояніе между цилиндрами.

На черт. 462 (сист. Галля) рессоры расположены снаружи рамы, такъ что разстояніе между ними больше, нежели ширина пути, а отношеніе $^{a}/_{b}$ меньше и слѣдовательно удары колесъ передаются рессорамъ болѣе ослабленными. Разстояніе между цилиндрами увеличено такъ-же, какъ и между рессорами, но въ меньшей степени, а потому отношеніе $^{c}/_{b}$ будетъ меньше, и слѣдовательно измѣненіе нагрузки рессоръ будетъ меньше, чѣмъ въ первомъ случаѣ. Отношеніе $^{c}/_{b}$ увеличивается, а потому противовѣсы въ типѣ Галля должны быть больше, чѣмъ въ первомъ случаѣ.

На черт. 463 цилиндры и рессоры расположены внутри рамы; при этомъ удары рессоръ будутъ тѣ же, какъ и въ первомъ типѣ, но измѣненіе нагрузки переднихъ рессоръ и величина противовѣсовъ будутъ значительно меньше, такъ какъ отношенія $^{a}/_{b}$ и $^{c}/_{b}$ уменьшаются.

На черт. 464 цилиндры расположены внутри рамы, а рессоры снаружи. Вслѣдствіе большого взаимнаго разстоянія рессоръ, послѣднія получаютъ незначительные удары и могутъ быть значительно слабѣе. Измѣненіе нагрузки переднихъ рессоръ также незначительно, вслѣдствіе незначительнаго

разстоянія между цилиндрами и большого разстоянія между колесами. Величина противовѣсовъ будетъ также мала, вслѣдствіе незначительнаго разстоянія между цилиндрами, и уменьшается еще больше при расположеніи сдваивающихъ шатуновъ въ направленіи обратномъ ведущимъ шатунамъ.

Изъ сравненія приведенныхъ четырехъ типовъ оказывается найлучшимъ—послѣдній, а затѣмъ—предпослѣдній, хотя эти типы вообще не имѣютъ у насъ большого распространенія. Причиною тому служатъ дорогія и не надежныя колѣнчатыя оси ихъ, значительный вѣсъ этихъ осей, высокое положеніе паровознаго котла и внутреннее расположеніе движущаго механизма, мало доступнаго для осмотра его. Выгода типа Галля заключается въ томъ, что, при наружныхъ рамахъ и рессорахъ, послѣднія могутъ быть легче, топка можетъ быть уширена, діаметръ котла можетъ быть больше и въ то же время занимать болѣе низкое положеніе. Недостатокъ системы Галля заключается въ дорогихъ и непрочныхъ кривошипахъ, въ большомъ разстояніи между цилиндрами, требующемъ большихъ противовѣсовъ, въ большихъ размѣрахъ осевыхъ шеекъ и слѣдовательне большихъ буксахъ и наконецъ, въ болѣе длинныхъ и тяжелыхъ осяхъ, вызывающихъ большой износъ рельсовъ и бандажей.

Сила тяги паровоза.

Давленіе пара на поршень передается посредствомъ поршневого штока и шатуна ведущему колесу и окончательно проявляетъ свое дѣйствіе въ точкѣ прикосновенія ведущаго колеса къ рельсу. Сила пара или сила тяги паровоза зависитъ отъ давленія пара, площади поршня и діаметра ведущаго колеса. Для опредѣленія ея величины имѣется слѣдующая простая формула:

$$S = \frac{d.e^2}{D} \times p;$$

гдѣ S—сила тяги паровоза въ килограммахъ.
» d—величина хода поршня въ сантиметрахъ *).
» c—діаметръ поршня » »
» D— » ведущаго колеса »
» p—среднее давленіе пара въ цилиндрѣ въ атмосферахъ.

Среднее давленіе пара въ цилиндрѣ, при разныхъ степеняхъ расширенія его, опредѣляется изъ нижеслѣдующей таблицы (инженера Борриса), вполнѣ удобной для практическаго примѣненія. Въ ней верхнія числа выражаютъ впускъ пара въ цилиндръ, въ процентахъ отъ полнаго хода поршня или отсѣчку пара, а нижнія—отношеніе средняго давленія пара въ цилиндрѣ къ найвысшему въ котлѣ или прямо среднее давленіе пара въ цилиндрѣ при давленіи его въ котлѣ въ одну атмосферу.

Отсѣчка пара.	10	20	30	40	50	60	70	80
Среднее давленіе.	0,153	0,318	0,446	0,549	0,627	0,690	0,737	0,844

Если впускъ пара въ цилиндръ прекращается, приблизительно, на $^1/_3$ хода поршня, т. е. составляетъ всего 30% наполненія, а рабочее давленіе пара въ котлѣ 9 атмосферъ, то среднее давленіе его въ цилиндрѣ за все время хода поршня будетъ $9 \times 0{,}446 = 4{,}014$ атмосферы.

Подставляя въ вышеприведенную формулу численныя величины, существующія въ восьми-колесныхъ паровозахъ завода Р. Об., въ которыхъ $d=65$ сантиметр., $c=50$ сант., $D=122$ сант., а $p=9\times0{,}446$ или 4,014 атмосферы, найдемъ, что сила тяги такого паровоза будетъ $\frac{65.50.50}{122} \times 4{,}014 =$ 5328 килограм.

Эта сила тяги паровоза опредѣлилась въ зависимости отъ давленія пара въ котлѣ и въ предположеніи, что паро-

*) 1 сантиметръ=10 миллиметрамъ.

возъ работаетъ при отсѣчкѣ пара въ 30%. При измѣненіи же величины впуска пара, будетъ мѣняться и сила тяги паровоза, а такъ какъ величина впуска мѣняется вмѣстѣ съ измѣненіемъ скорости движенія поѣзда, то изъ этого слѣдуетъ, что и сила тяги измѣняется также съ измѣненіемъ скорости движенія. Обыкновенно механическую работу паровоза расходуютъ двоякимъ образомъ: или для передвиженія большого груза съ малою скоростью, или же наоборотъ, для передвиженія малаго груза съ большою скоростью. Иначе говоря, выигрышъ въ скорости сопровождается потерею въ вѣсѣ и наоборотъ. Скорость поѣздовъ при одинаковомъ ихъ вѣсѣ и одинаковыхъ условіяхъ пути зависитъ отъ количества впускаемаго въ цилиндръ пара, т. е. отъ величины отсѣчки. Каждому полному ходу поршня соотвѣтствуетъ опредѣленное количество пара, подъ давленіемъ котораго и происходитъ движеніе поршня. Отъ количества впускаемаго пара зависитъ скорость поршня, а слѣдовательно и всего поѣзда. Но такъ какъ паропроизводительность котла, зависящая главнымъ образомъ отъ поверхности нагрѣва его, болѣе или менѣе постоянна, то и расходъ пара въ единицу времени долженъ соотвѣтствовать этому парообразованію. Если котелъ доставляетъ въ секунду 5 куб. фут. пара извѣстной упругости, а поршень дѣлаетъ въ то же время только одинъ ходъ, то все количество пара, распредѣляясь на обѣ золотниковыя коробки, выполняетъ каждый цилиндръ $2^1/_2$ куб. фута пара. Когда же скорость поѣзда увеличится и поршень, положимъ, дѣлаетъ пять ходовъ въ секунду, то очевидно, что за каждый ходъ поршня поступитъ въ цилиндръ только $^1/_8$ куб. фута пара. Такимъ образомъ, чѣмъ быстрѣе движется поѣздъ и, слѣдовательно, чѣмъ большее число полныхъ ходовъ въ секунду дѣлаетъ поршень, тѣмъ меньше пара поступаетъ въ цилиндръ во время каждаго хода поршня. Отсюда слѣдуетъ, что произведеніе изъ ско-

ростѣ поѣзда на величину впуска не измѣняется, иначе говоря, величина впуска пара въ цилиндръ обратно пропорціональна скорости поѣзда.

Опредѣленіе состава поѣзда для даннаго паровоза, при извѣстныхъ условіяхъ пути и скорости движенія, опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Пусть вѣсъ товарнаго восьми-колеснаго паровоза вмѣстѣ съ тендеромъ будетъ 65 тоннъ, сила тяги его, опредѣленная выше при обыкновенной отсѣчкѣ пара въ 30%, будетъ 5328 килограммовъ. Наибольшіе подъемы на участкѣ — 0,006, а скорость движенія — 20 верстъ. Принявъ все сопротивленіе паровоза съ тендеромъ, при данной отсѣчкѣ и скорости, 5,5 килогр. на тонну, найдемъ, что все сопротивленіе на 0,006 подъемѣ будетъ $(5,5+6)\times 65=747$ килогр. Такимъ образомъ для движенія вагоновъ остается сила $5328-747=4581$ килогр. Принявъ сопротивленіе вагона на тонну его вѣса на 0,006 подъемѣ и при 20 верст. скорости $=2,23+6$ килогр., все сопротивленіе одного вагона вѣсомъ 16 тоннъ будетъ $8,23\times 16=131$ килогр. Раздѣливъ всю силу 4581 килогр. на сопротивленіе одного вагона, равное 131 килогр., получимъ число всѣхъ вагоновъ поѣзда, равное 35.

На подъемѣ 0,010 восьми-колесный паровозъ можетъ везти тѣ же 35 груженныхъ вагоновъ, но при условіяхъ большаго наполненія цилиндра свѣжимъ паромъ и соотвѣтственномъ уменьшеніи скорости поѣзда.

Тендеръ.

Необходимую принадлежность всякаго паровоза составляетъ тендеръ, соединенный съ нимъ непосредственно помощью прочной винтовой стяжки или желѣзной скобы, и служащій для помѣщенія на немъ запаса воды и топлива, а

также инструментовъ и матеріаловъ, необходимыхъ во время службы паровоза. Тендеръ состоитъ изъ слѣдующихъ главныхъ частей: изъ рамы съ колесами, рессорами и другими частями, сходными отчасти съ такими же частями паровоза, изъ желѣзнаго бака для воды, помѣщенія для топлива и изъ тормаза. Рама тендера состоитъ обыкновенно изъ двухъ продольныхъ прокатныхъ листовъ, толщиною около $^3/_4$ дюйма, и нѣсколькихъ поперечныхъ листовъ, соединенныхъ съ первыми помощью угловыхъ накладокъ и заклепокъ. Наружные листы рамы образуютъ направляющія для буксъ и бываютъ иногда двойные, при чемъ толщина листовъ ихъ уменьшается въ этомъ случаѣ до $^3/_8$ дюйма. На рамѣ тендера находится желѣзный резервуаръ или бакъ для воды, большею частью подковообразной формы, расположенный по краямъ тендера съ трехъ его сторонъ и прикрѣпленный прочно помощью угольниковъ и болтовъ; съ четвертой стороны тендеръ открытъ и служитъ для помѣщенія топлива. Для большей вмѣстимости тендера надъ бакомъ съ наружной стороны дѣлается рѣшетка или сплошная стѣнка, чтобы имѣть возможность грузить топливо на самый бакъ. Вмѣстимость бака около $1^1/_2$ куб. сажени; толщина стѣнокъ его $^1/_4$ дюйма; для предупрежденія выпучиванія ихъ отъ напора воды укрѣпляютъ ихъ угловымъ желѣзомъ и соединяютъ еще тягами или поперечными стѣнками, но не сплошными, чтобы имѣть возможность проникать вовнутрь для чистки и ремонта бака.

На нѣкоторыхъ тендерахъ баки ихъ продолжаются подъ площадку, между продольными листами рамы, при чемъ запасъ воды конечно больше, а съ пониженіемъ центра тяжести тендера, ходъ его дѣлается покойнѣе, но эта конструкція болѣе сложна и потому дороже. Иногда устраиваютъ бакъ надъ всею площадкою тендера, при этомъ высота его значительно меньше и покрытіе его дѣлается наклоннымъ къ

сторонѣ паровоза: топливо въ такомъ случаѣ помѣщается уже на самомъ бакѣ.

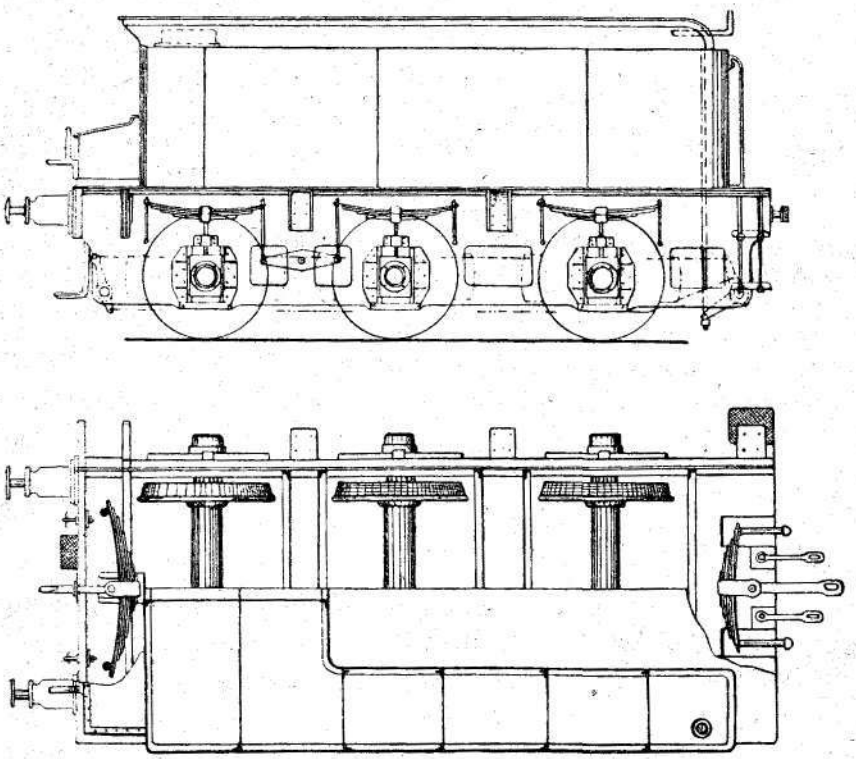
Для наполненія бака водою вверху его имѣется одно или два отверстія, надъ которыми возвышаются ящики или круглыя невысокія трубы, закрываемыя крышками, чтобы въ бакъ не падали соръ и пыль. Кромѣ того, вставляютъ вовнутрь отверстія коническую сѣтку, чтобы вмѣстѣ съ наливаемой водой не попадали въ бакъ щепки, накля или что-нибудь подобное, которыя, пройдя въ инжекторъ, могли бы нарушить правильное его дѣйствіе. Для опредѣленія количества воды, имѣющейся въ бакѣ, служатъ три пробныхъ крана, поставленныхъ съ наружной стороны тендера недалеко отъ машиниста. Вмѣсто кранов употребляютъ иногда водоуказательное стекло или же поплавокъ съ указателемъ. Сзади и спереди тендера, а иногда и надъ бакомъ, устраиваютъ желѣзные ящики съ крышками для храненія въ нихъ паровознаго инструмента, смазочнаго, освѣтительнаго и др. матеріаловъ. Черт. 465 и 466.

Для остановки паровоза устраиваютъ на тендерѣ тормазъ, состоящій изъ тормазныхъ колодокъ, деревянныхъ или металлическихъ, расположенныхъ съ каждой стороны колесъ и укрѣпленныхъ въ желѣзныхъ башмакахъ; послѣдніе подвѣшиваютъ къ рамѣ тендера и соединяютъ внизу посредствомъ тягъ съ кривошипами тормазного вала, такъ что при вращеніи вала однѣ колодки прижимаются къ одной сторонѣ колесъ, а другія—къ другой. Для вращенія тормазного вала имѣется тормазной винтъ, выходящій наружу около бака и имѣющій рукоятку.

Тендеръ бываетъ преимущественно 6-ти колесный со столькими же рессорами, при чемъ задняя и средняя оси иногда сближены, такъ какъ эта часть тендера всегда больше нагружена; кромѣ того рессоры двухъ смежныхъ заднихъ колесъ соединяютъ большею частью балансирами.

Буксы тендера бываютъ обыкновенно чугунныя, а направляющія ихъ щеки—отвѣсныя. Сзади тендера имѣются бу-

Черт. 465 и 466.



фера, такіе же какъ у паровоза, для ослабленія удара при подходѣ паровоза тендеромъ къ вагонамъ; между буферами помѣщается плоская листовая рессора, упирающаяся концами въ особые стержни. Тяговой крюкъ соединяется со скобою рессоры и направляется чугунною коробкою. При натяженіи крюка сила тяги воспринимается сначала упругостью рессоры, а затѣмъ уже передается вагонамъ; такимъ образомъ уничтожается дерганье вагоновъ при взятіи ихъ съ мѣста. Иногда взамѣнъ листовой тяговой рессоры употреб-

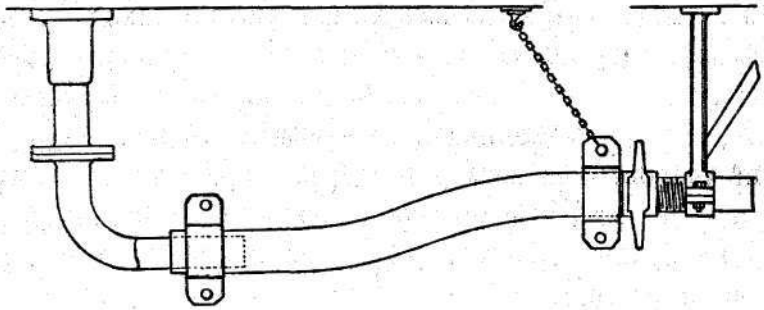
ляется обыкновенная спиральная пружина. По обѣимъ сторонамъ тягового крюка имѣлись раньше запасныя цѣпи.

Соединеніе тендера съ паровозомъ происходитъ посредствомъ одной стяжки по срединѣ и двухъ запасныхъ колецъ по сторонамъ ея. Средняя стяжка устроена такимъ же образомъ, какъ и винтовая вагонная цѣпь, только болѣе прочныхъ размѣровъ. Иногда вмѣсто нея употребляютъ сплошную желѣзную тягу съ ушками по концамъ, какъ это представлено на чертежѣ. Стяжки скрѣпляются со шкворнями, проходящими чрезъ площадки паровоза и тендера. Для ослабленія ударовъ паровоза о тендеръ, впереди тендера имѣются два небольшихъ буферныхъ стержня, упирающихся головками въ брусъ паровоза, а другими концами—въ концы поперечной рессоры.

Для провода воды изъ тендера къ инжекторамъ имѣются въ днищѣ тендера, по обѣимъ сторонамъ его, отверстія, въ которыя вставлены мѣдные стаканы, закрываемые сверху клапаномъ, а снизу соединяющіеся помощью фланцевъ съ мѣдными 2 дюйм. питательными трубами, идущими къ инжекторамъ. Чтобы въ трубу не попадалъ мусоръ, сверху клапана имѣется сѣтка. Закрытіе и открытіе клапана происходитъ помощью вертикальнаго стержня, который соединяется съ ушками клапана болтомъ, а вверху имѣетъ винтовую нарѣзку и оканчивается рукояткою или маховичкомъ. При вращеніи стержня въ ту или другую сторону въ неподвижной гайкѣ онъ поднимается или опускается, увлекая за собою клапанъ. Соединеніе питательныхъ трубокъ тендера и паровоза между собою должно быть вполнѣ плотное и въ то же время допускать нѣкоторое передвиженіе паровоза относительно тендера, не разстраивая этого соединенія. Самый обыкновенный способъ соединенія состоитъ въ употребленіи прочнаго резиноваго рукава, внутренній діаметръ котораго 2 дюйма, а толщина стѣнокъ около $^3/_4$ дюйма

Черт. 467. Такой резиновый рукавъ надѣвается на мѣдные (съ круговыми желобками) наконечники трубъ и скрѣпляется съ ними прочно помощью скобъ. Для возможности удобнаго разобщенія рукава паровоза съ тендеромъ на одномъ изъ наконечниковъ имѣется мѣдная гайка съ ручками. Для пре-

Черт. 467.



дупрежденія провисанія рукава при отцѣпкѣ паровоза резиновый рукавъ обыкновенно подвѣшивается къ тендеру на цѣпочкѣ. Чтобы облегчить свинчиваніе рукава, необходимо, чтобы одна труба не находилась противъ другой, а немного выше; въ такомъ случаѣ достаточно самаго незначительнаго изгиба рукава, чтобы навести его на трубу. Для большей прочности рукавовъ прокладываютъ внутри ихъ спиральную проволоку или обматываютъ ихъ снаружи.

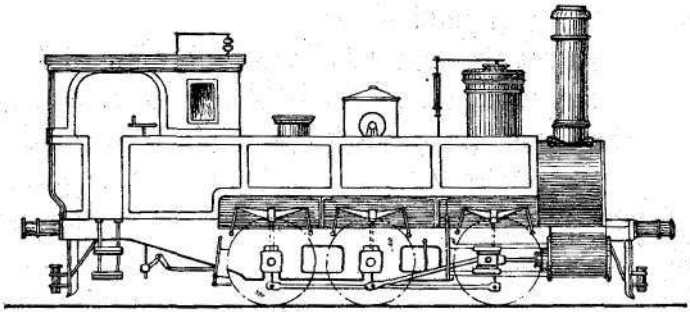
Обыкновенно тендеръ вмѣщаетъ около 350 пуд. угля или $1^1/_2$ куб. саж. дровъ. Вѣсъ его въ нагруженномъ состояніи принимается въ 25 тоннъ.

Тендера американскихъ паровозовъ располагаются на двухъ отдѣльныхъ телѣжкахъ, изъ которыхъ каждая на двухъ осяхъ и соединяется съ тендеромъ помощью шкворня.

ТАНКОВЫЕ ПАРОВОЗЫ.

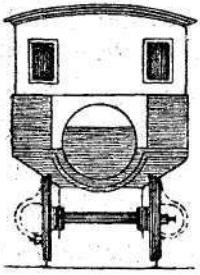
Паровозы, назначаемые исключительно для маневрной службы на станціи или же для передачи поѣздовъ на небольшомъ разстояніи, весьма часто устраиваютъ безъ особыхъ тендеровъ, помѣщая запасы воды и топлива на самомъ паровозѣ, называемомъ въ этомъ случаѣ *танковымъ паровозомъ*, черт. 468. Выгода этого рода паровозовъ заключается

Черт. 468.



въ томъ, что они, будучи нагружены запасомъ топлива и воды, представляютъ большее сцѣпленіе колесъ съ рельсами, а слѣдовательно могутъ имѣть большую тяговую силу и не расходуютъ напрасно пара на передвиженіе самаго тендера. Конструкція танковыхъ паровозовъ ничѣмъ особеннымъ не отличается отъ обыкновенныхъ паровозовъ. Площадка для машиниста дѣлается болѣе удлиненною для помѣщенія на ней топлива, а вода хранится въ бакахъ, расположенныхъ вдоль котла по обѣимъ сторонамъ его, на площадкахъ, черт. 469. Иногда бакъ для воды помѣщается надъ котломъ въ видѣ сѣдла, или же устраиваютъ его подъ цилиндрическою частью котла между осями. Послѣднее расположеніе выгодно

Черт. 469.



въ отношеніи покойнаго хода паровоза, но не удобно потому, что весь парораспредѣлительный механизмъ необходимо помѣщать снаружи и инжекторамъ труднѣе тянуть воду. Буфера располагаются одинаково спереди и сзади паровоза, почему при движеніи его съ поѣздами почти безразлично, идетъ ли онъ переднимъ или заднимъ ходомъ. Тормазъ устраиваютъ на самомъ паровозѣ и ручка тормазного винта находится въ будкѣ машиниста, почему возможно весьма быстро останавливать поѣздъ.

Вслѣдствіе большой силы тяги танковыхъ паровозовъ, пробовали примѣнять ихъ для движенія съ поѣздами на трудныхъ участкахъ пути съ большими подъемами, но результаты оказались не вполнѣ удовлетворительными, такъ какъ по мѣрѣ расходованія воды и топлива нагрузка на оси уменьшалась и слѣдовательно они не могли уже поднимать полнаго вѣса поѣзда.

ВЗРЫВЫ КОТЛОВЪ.

Несмотря на всѣ предохранительныя устройства, все-таки случаются иногда взрывы паровыхъ котловъ. Причины взрывовъ бываютъ весьма различныя, главнѣйшія изъ нихъ слѣдующія:

1. Неудовлетворительное качество матеріала, плохая работа и неправильности въ конструкціи котла. Чтобы предупредить эти причины, закономъ положено испытывать каждый котель раньше употребленія его въ дѣйствіе, подвергая его гидравлическому давленію вдвое большему противъ того, которому онъ будетъ подверженъ при работѣ,— это для постоянныхъ котловъ, работающихъ давленіемъ не свыше 5 атмосферъ; котлы же высокаго давленія и паровозы испытываются давленіемъ на 5 атмосферъ больше ра-

бочаго давленія. Такимъ образомъ паровозные котлы, работающіе на 9 атмосферъ, испытываются на 9+5, т. е. на 14 атмосферъ. Свыше назначеннаго предѣла давленіе не слѣдуетъ увеличивать, потому что въ противномъ случаѣ хотя котелъ и не лопнетъ, но прочность его стѣнокъ, т. е. связь между частицами можетъ нарушиться.

Самое испытаніе производится въ присутствіи фабричнаго инспектора или другого уполномоченнаго лица нагнетаніемъ въ котелъ воды помощью гидравлическаго пресса до требуемаго давленія, при чемъ давленіе въ котлѣ въ теченіи всего времени, необходимаго для его осмотра снаружи и топки внутри, не должно понизиться свыше $^1/_2$ атмосферы. На испытанный такимъ образомъ котелъ кладется клеймо *) и выдается свидѣтельство его хозяину или же составляется актъ за подписью лицъ, присутствовавшихъ при испытаніи.

2. Изнашиваніе котла. Прочность стѣнокъ котла отъ долговременнаго употребленія его уменьшается главнымъ образомъ отъ ржавчины и разъѣданія его жирными кислотами, заключающимися въ водѣ. Для предупрежденія значительнаго разъѣданія полезно окрашивать котелъ внутри свинцовымъ сурикомъ. Кромѣ того постановлено закономъ всѣ котлы безъ исключенія подвергать чрезъ каждые 6 лѣтъ и не позже 7 внутреннему осмотру вмѣстѣ съ гидравлическимъ испытаніемъ. Впрочемъ, для паровозныхъ котловъ это испытаніе на нѣкоторыхъ дорогахъ производится: для пассажирскихъ паровозовъ послѣ пробѣга ими 350000 верстъ и для товарныхъ—250000 верстъ.

3. Излишняя упругость паровъ. Чтобы устранить эту причину, положено имѣть при каждомъ котлѣ приборы: для измѣренія упругости паровъ—манометръ и для выпусканія излишняго количества пара 2 предохранительныхъ клапана.

*) Клеймо должно изображать допускаемое рабочее давленіе пара (по манометру), также время и мѣсто произведеннаго испытанія.

Эти приборы должны быть расположены такъ, чтобы удобно было наблюдать за ними.

4. Излишнее пониженіе уровня воды въ котлѣ. Для устраненія этого обстоятельства необходимо имѣть при каждомъ котлѣ приборы для указанія уровня воды и для питанія котла водою; послѣдніе должны накачивать въ котелъ воды въ единицу времени нѣсколько больше того количества, которое въ то же время обращается въ паръ. Если уровень воды понизится до того, что не будетъ больше покрывать потолка топки, верхнихъ дымогарныхъ трубъ и вообще частей котла, соприкасающихся съ пламенемъ и горячими газами, то эти части накалятся до такой степени, что, теряя надлежащую прочность, не въ состояніи уже сопротивляться давленію пара въ котлѣ и послѣдній взрываетъ. Существующее до настоящаго времени правило, не качать воды въ котелъ при оголеніи стѣнокъ котла или трубъ, находившихся въ соприкосновеніи съ горячими газами, оказывается неосновательнымъ, такъ какъ произведенные въ этомъ отношеніи опыты не подтверждаютъ возможности развитія большаго давленія при питаніи котла съ раскаленною стѣнкою вслѣдствіе небольшой теплоемкости металла. Рекомендуемое же въ этомъ случаѣ выгребаніе жара изъ топки весьма опасно, потому что взрывъ котла можетъ послѣдовать самъ собою и при томъ очень скоро (минутъ черезъ 10) послѣ того, какъ началось оголеніе стѣнокъ и трубъ.

5. Перегрѣтое состояніе воды. Въ паровомъ котлѣ паръ находится въ насыщенномъ состояніи, при чемъ температура пара и воды одинакова, соотвѣтствующая данной упругости. При извѣстныхъ обстоятельствахъ однако замѣчается иногда, что температура воды въ котлѣ бываетъ на 5 до 10° и болѣе температуры пара. При этомъ достаточно небольшого толчка или еще нѣкотораго повышенія температуры воды,

чтобы произвести моментальное испареніе значительнаго количества ея. Такое состояніе воды, нагрѣтой до температуры высшей ея точки кипѣнія при данномъ давленіи, называется перегрѣтымъ состояніемъ.

Перегрѣтому состоянію воды способствуютъ слѣдующія обстоятельства: а) спокойное нагрѣваніе воды въ котлѣ во время остановокъ, в) отсутствіе воздуха въ водѣ, т. е. когда вода перекипѣлая и г) присутствіе въ водѣ жирныхъ веществъ, которыя, какъ извѣстно, умѣряютъ волненіе воды (при кипѣніи) и содѣйствуютъ болѣе спокойному ея состоянію. Если при стеченіи подобныхъ обстоятельствъ сообщить водѣ толчекъ, напримѣръ, быстрымъ открытіемъ предохранительнаго клапана или регулятора, то можетъ произойти взрывъ котла.

6. Образованіе накипи. Накипь, образующаяся на стѣнкахъ котла и прогарныхъ трубокъ, представляя дурной проводникъ теплоты, заставляетъ расходовать излишне-большое количество топлива и служитъ причиною накаливанія до красна этихъ стѣнокъ. При такомъ чрезмѣрномъ накаливаніи металлъ, теряя надлежащую прочность, не въ состояніи уже сопротивляться давленію пара и разрывается, прогарныя же трубы сминаются. Раскаленіе частей котла особенно опасно потому, что прочность металла при этомъ значительно уменьшается; прочность желѣза, нагрѣтаго до темнокраснаго каленія, составляетъ только $^1/_6$ часть прочности холоднаго желѣза и слѣдовательно котелъ можетъ лопнуть въ этомъ мѣстѣ и при нормальномъ давленіи.

Накипь образуется какъ во время остыванія котла, такъ и во время дѣйствія его и осаждается главнымъ образомъ тамъ, гдѣ сильное парообразованіе. Составъ накипи различенъ, преимущественно соли извести и магнезіи. Самое дѣйствительное средство предупрежденія вреднаго вліянія на-

кипи—это механическая очистка котла, но существуютъ также и химическіе способы предупрежденія накипи. Послѣднія состоятъ въ томъ, что къ водѣ, питающей котелъ, прибавляютъ различныя вещества, смотря по составу накипи. Когда накипь состоитъ преимущественно изъ гипса, то къ водѣ прибавляютъ соду, но если накипь состоитъ изъ углекислыхъ солей извести и магнезіи, то должно прибавлять нашатыря; прибавленіемъ этихъ веществъ нерастворимыя соли обращаются въ другія—растворимыя въ водѣ. Постоянные котлы для той же цѣли покрываютъ иногда внутри слоемъ сала въ смѣси съ графитовымъ порошкомъ, слѣдствіемъ чего накипь не пристаетъ непосредственно къ стѣнкамъ котла и легко отдѣляется при чисткѣ.

КАЛОРИЧЕСКІЯ МАШИНЫ.

Еще въ прошломъ столѣтіи пробовали примѣнить къ машинамъ вмѣсто пара нагрѣтый воздухъ. Очевидно, что для этого необходимо имѣть закрытый сосудъ, въ которомъ возможно было бы нагрѣвать воздухъ и сообщать ему такимъ образомъ большую упругость. Впуская такой воздухъ то съ одной, то съ другой стороны поршня, какъ это дѣлается съ водянымъ паромъ, а затѣмъ выпуская отработанный воздухъ въ атмосферу, хотя при этомъ и будетъ теряться большое количество теплоты, заключающейся еще въ этомъ воздухѣ, тѣмъ не менѣе потеря эта будетъ значительно менѣе той, которая происходитъ при выпусканіи отработаннаго пара наружу.

Извѣстно, что для обращенія воды въ паръ или для нагрѣванія ея отъ 0 до 100° Ц., необходимо 650 тепловыхъ единицъ, изъ которыхъ 100 обнаруживаетъ термометръ, а 550 скрываетъ въ себѣ паръ. Послѣдняя теплота получается

обратно при охлажденіи пара водою или же теряется безполезно при выпускѣ его въ атмосферу, чего не представляютъ калорическія машины.

Одно лишь неудобство является при постройкѣ этихъ машинъ, что имъ необходимо придавать большіе размѣры для избѣжанія чрезмѣрнаго нагрѣванія воздуха и самаго котла, въ которомъ это происходитъ. Для уясненія этого обстоятельства необходимо знать, что воздухъ очень дурной проводникъ теплоты, и что, нагрѣвая его отъ 0° до 1° Ц., объемъ его увеличивается только на $^1/_{273}$ часть своего первоначальнаго объема; а потому, чтобы увеличить его объемъ вдвое или, что все равно, увеличить вдвое его упругость при томъ же объемѣ, необходимо этотъ объемъ воздуха нагрѣть отъ 0° до 273°. Извѣстно, что при 134° водяной паръ имѣетъ упругость 3 атмосферы, между тѣмъ какъ воздухъ при той же температурѣ имѣетъ давленіе=$1^1/_2$ атмосферы. Въ то время когда при 250 водяной паръ будетъ имѣть 50 атмосферъ, воздухъ при той же температурѣ будетъ оказывать упругость около 2 атмосферъ. Такъ какъ въ калорическихъ машинахъ, вслѣдствіе такого большого разогрѣванія котла и уменьшенія при этомъ его прочности принято вообще нагрѣвать имѣющійся въ немъ воздухъ до 250°, то, полагая температуру наружнаго воздуха=0°, получимъ давленіе воздуха въ котлѣ=$1+250\times{}^1/_{273}$, или почти $1^9/_{10}$ атмосферы—это абсолютное давленіе; калорическая же машина будетъ работать подъ давленіемъ относительнымъ=$13^1/_2$ фунт. на квадр. дюймъ. Чтобы возможно больше воспользоваться этимъ незначительнымъ давленіемъ нагрѣтаго воздуха, не было другого средства, какъ увеличить діаметръ поршня, но вслѣдствіе этого увеличиваются въ томъ же отношеніи и другіе размѣры машины, увеличивается вѣсъ ея и стоимость постройки.

Первая идея построить калорическую машину принадлежитъ геніальному шведскому капитану Эриксону, котораго первые опыты оказались не вполнѣ удачны, и только съ теченіемъ времени она нашла примѣненіе на небольшихъ фабрикахъ вслѣдствіе простоты устройства, ухода и полной безопасности отъ взрыва. Машина Эриксона работаетъ несжатымъ воздухомъ и потому требуетъ большихъ размѣровъ: для уменьшенія же этихъ размѣровъ возможно раньше сжать воздухъ до извѣстнаго давленія накачиваніемъ его насосомъ въ котелъ, а затѣмъ уже подогрѣвать его, вслѣдствіе чего машина при меньшихъ размѣрахъ можетъ имѣть большое давленіе.

Вмѣсто того, чтобы увеличивать упругость воздуха нагрѣваніемъ, возможно достигнуть того же сжатіемъ его въ сосудахъ до нѣсколькихъ атмосферъ, а затѣмъ оттуда, по мѣрѣ надобности, впускать въ цилиндръ, чему примѣры имѣются въ Сѣверной Америкѣ—въ городскихъ вагонахъ.

ГАЗОВЫЯ МАШИНЫ.

Основаніемъ дѣйствія газовыхъ машинъ послужила первоначальная идея образованія пустоты съ одной стороны поршня и давленіе атмосфернаго воздуха съ другой. Съ этою цѣлью сжигали въ цилиндрѣ сначала порохъ, но вслѣдствіе многихъ неудобствъ замѣнили его затѣмъ смѣсью водорода и кислорода. При этомъ въ обоихъ случаяхъ отдѣлялось большое количество теплоты, которая нагрѣвала образовавшіеся при горѣніи газы, дѣйствовавшіе вслѣдствіе этого расширеніемъ. Такъ какъ смѣсь водорода и кислорода весьма взрывчата и небезопасна, поэтому нѣкто Ленуаръ предложилъ сжигать въ цилиндрѣ смѣсь обыкновеннаго свѣтильнаго газа отъ 2 до 5 частей и атмосфернаго воздуха отъ

92 до 95 частей. Смѣсь эта содержитъ также кислородъ и водородъ, но не свободными, а въ соединеніи (именно: свѣтильный глазъ состоитъ изъ углерода и водорода, а атмосферный воздухъ--изъ кислорода и азота), почему при горѣніи они не такъ сильно взрываютъ. Продукты совершеннаго сгоранія этой смѣси: водяной паръ, углекислый газъ и азотъ, нагрѣваясь весьма значительно, производятъ давленіе на поршень, который поэтому и движется.

Газовая машина Ленуара на первый взглядъ весьма похожа на паровую машину и состоитъ изъ цилиндра, снабженнаго водяною рубашкою для охлажденія, поршня со штокомъ и движущаго шатуна; послѣдній, соединяясь съ кривошипомъ вала махового колеса, измѣняетъ прямолинейное движеніе поршня взадъ и впередъ во вращательное движеніе махового колеса. На валу находятся 2 эксцентрика, приводящіе въ движеніе 2 золотника, изъ которыхъ одинъ съ одной стороны цилиндра для впуска горючей смѣси, а другой—съ другой стороны для выпуска отработавшихъ газовъ.

Для зажиганія смѣси служатъ электрическія проволоки, платиновыя или мѣдныя, проходящія чрезъ крышки цилиндра во внутрь его. Во время горѣнія часть кислорода воздуха соединяется съ углеродомъ свѣтильнаго газа и образуетъ углекислый газъ, другая же часть кислорода соединяется съ водородомъ свѣтильнаго газа и образуетъ воду. Отдѣляющаяся при этомъ теплота служитъ какъ движущая сила, нагрѣвая газы. Машины Ленуара примѣняются для небольшихъ работъ и бываютъ отъ ½ до 2 паровыхъ лошадей.

ИСТОРІЯ РАЗВИТІЯ ПАРОВОЗА.

Первую идею примѣненія пара къ движенію экипажей подалъ докторъ *Робинсонъ* въ 1759 г., а первый инженеръ, который старался осуществить эту идею, былъ французъ *Кюньо*; въ 1769 г. онъ устроилъ въ Парижѣ телѣжку, приводимую въ движеніе паровою машиною съ двумя вертикальными цилиндрами простого дѣйствія, помѣщенными по обѣимъ сторонамъ небольшого мѣднаго сферическаго котла. При первыхъ опытахъ телѣжка его могла пройти въ часъ около 3½ верстъ; новые опыты, предпринятые затѣмъ, были нѣсколько удовлетворительнѣе, но такъ какъ Кюньо не нашелъ способа хорошо управлять движеніемъ этой телѣжки, то изобрѣтеніе его было оставлено безъ послѣдствій. Телѣжка его была назначена для движенія по обыкновеннымъ дорогамъ. Почти въ то же время *Оливеръ Ивенсъ* въ Филадельфіи работалъ также надъ примѣненіемъ пара къ движенію; въ 1797 г. онъ взялъ привиллегію на паровой вагонъ и просилъ у правительства дозволенія примѣнить его для общественнаго пользованія. Коммиссія, которой поручено было разсмотрѣть это дѣло, нашла, что Ивенсъ не въ полномъ разсудкѣ и отказала ему во всемъ. Затѣмъ, было еще нѣсколько попытокъ устроить паровыя кареты для движенія по обыкновеннымъ дорогамъ, но такъ какъ всѣ онѣ оказались неудачными, то возимѣли счастливую мысль примѣнить паровыя повозки къ движенію по рельсовымъ путямъ, которые были уже въ большомъ употребленіи въ Англіи при каменноугольныхъ копяхъ. Въ то время господствовало мнѣніе, что при гладкихъ поверхностяхъ колесъ и рельсовъ сцѣпленіе между ними недостаточно и движеніе поэтому паровыхъ экипажей невозможно. Вслѣдствіе такого убѣжденія дѣлались насѣчки на шинахъ колесъ и на рельсахъ, а успѣхъ пароваго движенія на время остановился, такъ какъ изобрѣ-

татели старались главнымъ образомъ объ усиленіи сцѣпленія колесъ съ рельсами. На этихъ основаніяхъ устроена была паровая повозка, которая двигалась по рельсамъ посредствомъ сцѣпленія зубчатаго колеса съ зубчатой рейкой, проложенной по дорогѣ между рельсами. Затѣмъ, зубчатая рейка замѣнена была цѣпью, проложенною вдоль пути и проходящею черезъ зубчатое колесо, придѣланное къ повозкѣ и приводимое въ движеніе паромъ. Наконецъ, предложена была система двухъ упиравшихся въ землю рычаговъ, игравшихъ роль ногъ.

Всѣ эти опыты надъ паровыми двигателями оставались безуспѣшны до тѣхъ поръ, пока не было доказано, что сцѣпленіе гладкихъ колесъ съ гладкими рельсами совершенно достаточно для движенія. Результатъ этотъ вмѣстѣ съ употребленіемъ двухъ цилиндровъ двойного дѣйствія, приводившихъ въ движеніе кривошипы, придѣланные къ колесамъ и расположенные подъ прямымъ угломъ между собою, составляли основаніе всѣхъ послѣдующихъ устройствъ паровозовъ. Въ 1814 году *Джорджъ Стефенсонъ* построилъ машину съ четырьмя колесами, сдвоенными сперва помощью системы зубчатыхъ колесъ, а впослѣдствіи посредствомъ безконечной цѣпи, надѣтой на два зубчатыхъ колеса, насаженныхъ на оси колесъ по ихъ срединѣ. Цилиндры были помѣщены вертикально надъ каждою осью. Машина эта имѣла цилиндрическій котелъ длиною около 8 футъ и діаметромъ около 3 футъ, сквозь который проходила труба діаметр. $1^1/_2$ фута съ внутреннею топкою. Діаметръ цилиндровъ былъ $^1/_2$ фута, а ходъ поршней $1^1/_2$ фута. Паровозъ этотъ могъ везти грузъ $30^1/_2$ тоннъ по подъему 0,002 со скоростью 6 верстъ въ часъ. Въ послѣдующихъ машинахъ Стефенсонъ ввелъ значительныя улучшенія, какъ-то: наружные сдавивающіе шатуны вмѣсто безконечныхъ цѣпей, стальныя рессоры для поддержанія паровоза, нагнетательный насосъ, приводимый

въ движеніе приводомъ отъ движущихъ поршей, а колеса дѣлалъ чугунныя съ желѣзными шинами и машины его сохраняли преимущество надъ всѣми другими, построенными въ это время до 1830 года.

Въ 1825 году *Гакуортъ* расположилъ цилиндры вдоль котла и предложилъ пропускать отработанный паръ въ дымовую трубу для усиленія тяги. Вообще, строители паровозовъ стремились къ увеличенію ихъ силы и скорости, но встрѣчали непреодолимое сопротивленіе въ огромныхъ размѣрахъ котла, который необходимо было устраивать для этой цѣли, пока французскій инженеръ *Марк Сегенъ* не изобрѣлъ трубчатый котелъ. Соединеніе трубчатаго котла съ искусственною тягою, достигаемой пропусканіемъ отработавшаго пара въ дымовую трубу, положило начало увеличенію силы паровозовъ и скорости ихъ движенія и по настоящее время составляетъ основаніе ихъ устройства.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Предисловіе.

ПАРОВАЯ МЕХАНИКА.

Общія понятія.

СТРАН.

Величина атмосфернаго давленія 5
Кипѣніе воды 7
Упругость водяного пара . . . 8
Паръ насыщающій и перегрѣтый 11
Механическая работа пара . . 13
Скрытая теплота парообразован. 14
Пріемникъ паровой машины . . 16
Величина паровой лошади . . 19
Работа паровой машины . . . 20
Расширеніе пара 22
Индикаторъ 26
Исторія паровой машины . . . 31

Паровые котлы.

Котелъ Уатта 40
Цилиндрическіе горизонтальные котлы 41
Котлы съ жаровыми трубами . 42
Котлы съ кипятильниками . . 44
Котлы съ подогрѣвателями . . 46
Трубчатые котлы съ внѣшнимъ давленіемъ 47
Трубчатые котлы съ внутреннимъ давленіемъ 48
Вертикальный котелъ съ поперечными трубами 50
Котелъ Фильда 51
Пароходные котлы 52
Трубчатые котлы Шухова . . . 53
Водотрубный котелъ Бродовскаго 56
Парообразователь Ярковскаго . 58
Размѣры паровыхъ котловъ . . 60
Печи паровыхъ котловъ 61
Вмазка цилиндрическаго котла 62
Вмазка котла Уатта 64

СТРАН.

Вмазка котла съ жаровою трубою 65
Вмазка котла съ кипятильник. 66
Вмазка котла съ по догрѣвател.
Вмазка трубчатыхъ котловъ . 69
Устройство очага 70
Пламенные ходы 72
Дымовая труба 74
Топливо 76
Помѣщеніе паровыхъ котловъ . 81
Экономайзеръ 82

Паровыя машины.

Раздѣленіе паровыхъ машинъ . 84
Машина Уатта 87
Маховое колесо и шаровой регуляторъ 93
Параллелограмъ Уатта 96
Горизонтальныя машины . . . 98
Вертикальныя машины 100
Паровой молотъ 103
Машины съ качающимися цилиндрами 105
Пароходныя машины 107
Машина Вульфа 109
Машины системы Компаундъ . 111
Машины троекратн. расширен. 112
Машина Мейера 113
Вредныя пространства 115
Машина Корлиса 117
Коловратныя машины 118
Локомобили 119
Пульзометръ 120

ПАРОВОЗЫ.

Паровозный котелъ.

Цилиндрическая часть котла . 127
Огневая коробка или топка . . 131
Колосники 137

СТРАН.
Дымовая каробка 139
Конусъ 142
Дымовая труба 146
Дымогарныя трубы 147
Связи 152
Поверхность нагрѣва 161

Арматура котла.

Водомѣрное стекло 164
Водопробные краны 166
Манометръ 167
Насосъ и инжекторъ 169
Эксгаустъ инжекторъ 179
Предохранительный клапанъ . 182
Предохранительная пробка . . 187
Регуляторъ . . . . . —
Промывательныя люки и спускной кранъ 194
Свистокъ 196
Сифонъ 198
Инжекторный паровой клапанъ 199
Питательная коробка . . . . . —
Песочная коробка 201

Экипажъ паровоза.

Рама, буфера и тягов. аппаратъ 204
Колеса и оси 211
Букса, подшипникъ и лица . . 219
Рессоры и балансиры 225

Паровая машина.

Цилиндръ и поршень 235
Крейцкопфъ и параллели . . . 242
Шатуны 246
Цапфы кривошиповъ 250
Смазочные приборы 251

Парораспредѣленіе.

Движеніе поршня и кривошипа 227
Распредѣленіе пара помощью золотника 261
Кулиса Стефенсона 270
Кулиса Гуча 273
Кулиса Аллана 274
Кулиса Гейзингера 276
Кулиса Джоя 278
Состояніе пара отъ начала образованія его до выхода наружу 282
Устройство частей парораспредѣлительнаго механизма . 287
Уравновѣшенные золотники . . 303
Дѣйствіе контръ-пара 306

Компаундъ-паровозы.

Общія понятія 311
Распредѣлительная коробка Маллета 315
Цилиндрическій распредѣлитель Юго-западныхъ ж. д. . 318
Приборъ фонъ-Борриса 321
Кранъ Линднера 323
Приспособленіе Гельсдорфа . . 326
Приборъ Коломенскаго завода . 327
Компаундъ-паровозъ съ четырьмя цилиндрами 328
Предохранительный клапанъ . 332
Клапанъ Рикура 333
Регулированіе тяги на паровоз. 334
Ѣзда одной стороной 337

Сопротивленіе поѣзда и паровоза.

Сцѣпленія паровоз. съ рельсами 338
Сопротивленія поѣзда на горизонтали 341
Сопротивленіе поѣзда на кривой 344
Сопротивленіе поѣзда на подъемѣ 346
Сопротивленіе паровоза 348
Вредныя движенія паровоза . . 351
Типы паровозовъ 356
Сила тяги паровоза 358

Тендеръ 361
Танковые паровозы 367
Взрывы котловъ 368
Калорическія машины 372
Газовыя машины 374
Исторія развитія паровоза . . . 376