ПРОФ. Ш. КАРТАЛЕВ

МЕТОДИКА НА ПРОВЕДЕНА

ФЕИТ-1037

НБ УДУНТ (ДИТ)

Проф., доктор Н. И. КАРТАШОВ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ ПАРОВОЗА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ ДОПОЛНЕННОЕ

Утверждено ГУУЗ НКТП СССР
в качестве учебного пособия
для машиностроительных втузов

Основное отделение
Инв. № 5341 м

ДИИТ
БИБЛИОТЕКА
№ 19757

ЦЕНА 4 р. ПЕР. 1 р. 50 к.

ОНТИ НКТП СССР 1937

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И АВТОТРАКТОРНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НБ УДУНТ (ДИИТ)

ПРОСЬБА К ЧИТАТЕЛЮ

Главная редакция машиностроительной и автотракторной литературы просит Вас прислать Ваш отзыв об этой книге.

Наиболее интересные отзывы будут напечатаны в журналах ОНТИ с оплатой авторского гонорара.

Отзывы присылайте по адресу Москва, ул. Куйбышева, пр. Владимирова, 4, Главная редакция машиностроительной и автотракторной литературы.

Редакция

АННОТАЦИЯ

Задачи, поставленные автором в настоящей книге, сводятся к изложению истории паровоза с точки зрения эволюции идей, вложенных в его устройство.

В книге с особой полнотой изложены моменты развития транспортного двигателя на протяжении времени до XIX в.—периода промышленной революции. Далее освещается период первоначального сформирования паровоза (1800 — 1830 гг.), окончательного сформирования (1830—1850 гг.) и, наконец, эволюции паровоза во второй половине XIX в.

С особой подробностью автор излагает эпоху интенсивной эволюции паровоза (1900—1920 гг.) и новых течений в области паровозостроения (после 1920 г.). Последний раздел посвящен развитию с точки зрения термического совершенства, разрешению вопросов улучшения индикаторной диаграммы и уменьшения внутреннего трения, борьбы с конденсацией и, наконец, повышения коэфициента полезного действия.

Книга предназначается для студентов паровозников и может служить также для самообразования.

Редактор **В. К. Запорожец** Тех. редактор **И. М. Зудакин**
Корректор **Е. М. Брамсон**. Граф. мат. изготовлен под наблюдением **С. И. Хорошилова**

Изд. № 43 Сдано в набор 18/V-37 Подп. к печати 9/VIII 1937 г.
Индекс МС-35-5-2 Тираж 3000 Печ. листов 16
Бум. листов 8 Печ. знаков в 1 бум. л. 109120 Форм. бумаги 70×108
Уполн. главлита Б-21704 Учет. авт. л. 20½ Учетн. № 2474 Зак. № 1243

1-я Журн. тип. ОНТИ, НКТП СССР. Москва, Денисовский пер., 30.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная техника представляет, с одной стороны, результат всего предшествующего ее развития, с другой — основу ее дальнейшего развития. С указанной точки зрения выступает огромное значение истории техники. Она вскрывает корни современной техники, указывая на ее зародыши и пути развития, а также на пережитки, тормозящие это развитие. В свете прошлого рельефно выступают особенности современного этапа в развитии техники, значение ее проблем, тенденции ее дальнейшего роста. Знание истории техники углубляет техническую мысль, расширяет ее горизонты, повышает сознательность и активность. Все сказанное подчеркивает важность изучения истории техники и объясняет, почему история техники вводится в учебные планы втузов в качестве специальной дисциплины.

Среди различных отраслей техники железнодорожное дело занимает особое место. Это объясняется тем, что деятельность железнодорожного транспорта касается всех сторон хозяйственной, политической и культурной жизни страны. Нет той отрасли промышленности, которая прямо или косвенно не соприкасалась бы с ним и не зависела бы от него, почему он вошел в структуру современного строя, как необходимый фактор его существования и развития. Из наличия многосторонней связи железнодорожного транспорта с жизнью страны вытекает, что история железнодорожного транспорта за все время его существования тесно переплетается со всей историей XIX и XX веков, с развитием промышленности, торговли, оборонной техники, со всеми условиями социальной жизни, завися от них и, с своей стороны, оказывая на них могучее, непрерывно возрастающее влияние.

Сущность взаимной связи между развитием техники и другими сторонами общественной жизни состоит в том, что возникающие хозяйственные и иные потребности, в поисках путей своего удовлетворения, ставят перед техникой определенные проблемы; техническая мысль в поисках путей разрешения этих проблем ставит с своей стороны задачи перед научной мыслью; поскольку наука разрешает поставленные перед ней задачи, постольку ее достижения становятся основой развития техники, а развитие последней становится средством удовлетворения хозяйственных и иных общественных потребностей. Такова же сущность многосторонней связи между развитием железнодорожного дела, как одной из отраслей техники, и развитием других сторон жизни. Следовательно, история железнодорожного транспорта, исходя из сущности связи ее развития с развитием других сторон общественной жизни, должна быть увязана под указанным углом зрения с историей хозяйственного, политического и культурного развития соответствующих стран в течение последних полутора столетий.

Это обстоятельство до чрезвычайности усложняет составление истории железнодорожного транспорта, которая, бесспорно, вследствие своей обширности, должна явиться результатом коллективной работы и потребовать много времени и труда для своего осуществления.

УКУНТ (ДИТ)

Так как в настоящее время, вследствие указанного обстоятельства, полной истории железнодорожного транспорта мы еще не имеем, то на первых порах задачу ее составления приходится весьма значительно диференцировать, частью ограничиваясь сбором обширного сырого материала, разбросанного в литературе всех стран за истекшее время, частью же ограничиваясь отдельными исследованиями в тесных рамках имеющегося материала и не выходя за их пределы из опасения впасть в излишнюю схематичность.

Ввиду сказанного мы поставили перед собою сравнительно узкую задачу, представляющую одно из многих звеньев полной истории транспорта: разобрать историю паровоза с точки зрения истории развития его конструкции в связи с развитием идей, вложенных в его устройство. Таким образом данная работа касается только паровоза и только конструктивной его стороны.

Каждая история есть история развития в данной области. Чтобы быть строго научной, каждая история в настоящее время должна быть основана на применении к познанию процесса развития в данной области марксистско-ленинской диалектико-материалистической теории развития, которая является последним словом науки о развитии и правильность которой многократно проверена. На прочном фундаменте этой теории развития мы и строим дальнейшее изложение, предварительно сделав несколько общих замечаний.

1. Согласно диалектико-материалистической теории развития процесс развития в каждой области представляет процесс последовательного превращения, или последовательной смены существующих форм соответствующего явления его новыми формами. Движущей силой процесса развития на каждой его ступени является борьба или взаимодействие прогрессивной и регрессивной стороны или тенденций, присущих каждой отдельной форме. В длинном историческом ряду последовательных форм существования данного явления каждая последующая форма представляет более высокую ступень развития по отношению к предшествующей и низшую по отношению к следующей за ней. Рассматривая историю железных дорог в свете этой теории, мы, с одной стороны, отмечаем длинный период или длинный ряд последовательных форм усовершенствования и развития пути (развития, создавшего почву для появления железных дорог), а с другой — постепенный ряд форм паровой машины, получившей в XIX веке уже полное конструктивное оформление и послужившей основой для развития паровоза. Таким образом появление железнодорожного транспорта связано с определенными ступенями в развитии пути и паровой машины. Возникший железнодорожный транспорт, с своей стороны, представляет сложный и продолжительный процесс последовательного развития железнодорожного пути, паровоза и других его элементов.

2. Теория развития учит, что всякий процесс развития является не только ступенчатым, но и скачкообразным. «Скачок», т. е. превращение одной формы в другую, совершается тогда, когда для него накапливается соответствующая масса материала. Энгельс говорит: «при всей постепенности переход от одной формы движения к другой является всегда скачком, решающим поворотом» («Антидюринг», отд. 1, раздел VII). В области железнодорожной техники это положение ярко подтверждается; например, каждый новый тип паровоза с увеличенным числом спаренных осей является уже «скачком», подготовляемым часто длительным периодом эксплоатации паровозов, уже не удовлетворяющих по своей слабости запросам транспорта.

НВ УДУНТ (ДИТ)

Каждое «изобретение» также подготовляется периодом работы коллективной технической мысли, является ее естественным продолжением и представляет «скачок», т. е., другими словами, представляет воплощение в жизнь или оформление уже созревшей технической мысли.

Это относится и к тем крупным нововведениям, которые образуют «новую эру». Таково, например, появление пароперегревателя Шмидта, изменившего конструкцию паровоза и введшего новый технический процесс. Корни этого изобретения, как мы увидим ниже, лежали в далеком прошлом и по существу Шмидт не сказал ничего нового. Здесь перед нами пример, подтверждающий правильность одного из важнейших законов диалектики, как бы возврат к старой форме на основе нового, добытого историей содержания.

Таково же введение принципа компаунд, подогрева питательной котельной воды и применение высокого давления пара: все эти идеи разрабатывались в течение всего XIX века и «носились в воздухе» десятилетиями, не осуществляясь часто только вследствие низкого раньше состояния техники. Когда же появился более высокий уровень развития техники, роль изобретателей очень часто сводилась только к более или менее рациональному, часто очень талантливому и глубоко продуманному, осуществлению готового зародыша идеи.

Таким образом будущее существует внутри настоящего, как его неотъемлемая принадлежность, и «открытие есть только мысленное продолжение в соответствии с известными закономерностями тех тенденций, которые уже есть налицо в развивающемся предмете».

Создающиеся новые конструкции (новые «формы») возникают потому, что старые перестают удовлетворять развивающемуся содержанию, зависящему от новых требований, новых технических приемов, материалов, новых научных достижений и пр. Вечное развитие такого содержания сопровождается неустанной сменой форм; потому-то происходит непрерывная смена конструкций, если даже являются неизменными те идеи, которые вложены в известный механизм или какую-нибудь его деталь. Но каждая новая форма (конструкция) заключает в себе зерно дальнейшего развития.

Следовательно, эволюция не исключает революцию («скачок»), но одно обусловливает другое; эволюционный процесс развития вполне закономерно заканчивается «скачком», после которого начинается опять эволюция, но может быть уже на основе иной закономерности. К сказанному добавим, что и понятие «случайности», после ее анализа, теряет свой кажущийся характер чего-то не связанного с окружающим и находящегося вне законов причинной связи. Каждая «случайность» есть также следствие существующего, как всякое другое явление мира.

3. Железные дороги возникли и бысто развились благодаря запросам жизни и резкому сдвигу, происшедшему в конце XVIII и в начале XIX века.

«Открытие Америки и морского пути вокруг Африки создало для развивающейся буржуазии новое поприще. Ост-Индский и китайский рынки, колонизация Америки, меновые сношения с колониями, увеличение средств обмена и товаров вообще вызвали небывалый подъем торговли, судоходства, промышленности, а вместе с тем и быстрое развитие революционного элемента в разлагающемся феодальном обществе.

Существовавший до сих пор в промышленности феодальный и цеховой способ производства были не в состоянии удовлетворить

НБ УДУНТ (ДИТ)

потребности, растущей вместе с новыми рынками. Его место заняла мануфактура.

Цеховые мастера были вытеснены промышленным средним сословием; разделение труда между различными корпорациями исчезло перед разделением труда внутри одной мастерской.

Но рынки все росли, спрос все увеличивался. Перестала удовлетворять мануфактура. Тогда пар и машина произвели революцию в промышленном производстве. Место мануфактуры заняла современная крупная промышленность, место промышленников среднего сословия заняли промышленные миллионеры, начальники цехов промышленных армий, современные буржуа.

Крупная промышленность создала мировой рынок, подготовленный открытием Америки. Мировой рынок вызвал гигантское развитие торговли, судоходства, сухопутных сообщений. Это развитие, в свою очередь, оказало влияние на развитие промышленности, и в той же мере, в какой расширялись промышленность, торговля, судоходство, железные дороги, развивалась и буржуазия, увеличивались ее капиталы, и она оттесняла на задний план все завещанные средними веками класса». (К. Маркс и Ф. Энгельс, «Манифест коммунистической партии»).

Первое время железнодорожное строительство являлось делом новым, государственная роль которого была еще недостаточно ясна и разрешение вопроса предоставлялось частной инициативе. Обыкновенно (особенно в Англии и США) постройка дорог производилась с чисто спекулятивными целями, носила характер грубого грюндерства, почему сопровождалась расточительством капитала и неправильным развитием железнодорожной сети, не соответствующим потребностям районов. Затем на почве развившейся конкуренции следовали тарифные войны между отдельными железнодорожными обществами, неизбежно влекшие за собой объединение многих дорог в отдельные Компании, иногда владеющие многими десятками тысяч километров ж.-д. пути.

Ничем не ограниченная свобода в установлении грузовых тарифов давала ж.-д. управлениям такое господство над интересами широких кругов населения, которое при плутократической концентрации ж.-д. акций в руках отдельных лиц имело и политическое значение. Потому, наконец, под давлением возмущенного общественного мнения были введены тарифные ограничения, и в ряде государств пришли к заключению о необходимости сосредоточить в руках государства железнодорожную сеть, полностью или частично, создавши сеть так называемых «государственных» или «казенных» дорог.

Указанная выше ж.-д. политика в капиталистических странах Европы и США сопровождалась рядом кризисов, например, в США с 1871 по 1873 гг. было построено 20 000 *км* пути и в 1873 г. был кризис; затем был кризис в 1893 г. после постройки в предыдущие три года 32 000 *км* пути и т. д. В 1893—94 гг. в США прекратили платежи железные дороги общим протяжением 58 500 *км*, а с 1876 до 1894 г. были проданы с аукциона или же поступили в конкурсное управление 593 дороги длиною в общем 101 000 *км*.

Понятно, каждый кризис сопровождался застоем в области паровозостроения и в его прогрессе. Особенно рельефен этот застой в период последнего мирового экономического кризиса капитализма. Он сопровождается закрытием крупнейших заводов в мире (Борзига, Геншеля, Ганомаг, Маффей и др.), иногда влекущим за собою даже распродажу оборудования. В США паровозостроительные заводы

НВ УДУНТ (ДИТ)

загружены не более как на 15%. Заводы США могли в год выпускать до 7000 паровозов, за 1932 же г. на железные дороги США выпущено только 12 новых паровозов и в 1933 г. только 42. Такая же картина имеет место и в настоящее время. Мы стоим, таким образом, перед фактом резкого снижения развития паровоза за границей под влиянием кризиса.

Дореволюционная Россия также пережила ряд колебаний ж.-д. политики (см. соч. Д. П. Ильинского и В. П. Иваницкого «Очерк истории русской паровозостроительной и вагоностроительной промышленности», М. 1929), отозвавшихся и на русском паровозостроении.

Совсем иное положение в СССР, где, в связи с реконструкцией транспорта, имеется налицо невиданный в истории нашей техники расцвет паровозостроения, сообразный с темпами развития всего нашего хозяйства.

На вторую пятилетку постановлением XVII съезда ВКП(б) локомотивный паровозный парк должен быть увеличен с 19,5 тыс. шт. в 1932 г. до 24,6 тыс. шт. в 1937 г., т. е. более чем на 1000 шт. в среднем в год. Строятся заводы-гиганты, которые будут выпускать паровозы новых мощных типов, еще не бывших в нашем паровозном парке, причем паровозы снабжаются всеми современными усовершенствованиями для поднятия их мощности и экономичности (стоккерами, бустерами и пр.).

Из сказанного ясна связь развития техники вообще и паровозостроения в частности с социальными условиями.

4. На конструкцию паровозов оказывает решающее влияние состояние промышленности и бытовые условия, для подтверждения чего мы имеем ряд ярких примеров. Американская промышленность, отделенная от Европы океаном и при недостаточных в первое время средствах сношения, развивалась своеобразно и самобытно, что отозвалось и на паровозостроении, где господствовали «американские» брусковые рамы, железные топки и пр. и десятки своеобразных деталей, резко отличающихся от европейских конструкций. С другой стороны, оказали влияние и бытовые условия США в первой половине XIX века: плохо построенные, легкие «пионерские» железные дороги, с кривыми малых радиусов, с плохим и недостаточным линейным обслуживанием, заставили создать паровоз с гибкой рамой, передней тележкой, маячным фонарем, мощным свистком и колоколом, отбрасывающим препятствия плугом, паровоз, который мог бы проходить по указанным путям, сам освещать себе путь, сам очищать его от животных и подавать далеко слышные сигналы. Был создан американский тип паровоза, приспособленный к американским условиям работы, который настолько же отличался от английского курьерского паровоза, насколько последний, в свою очередь, отличается от горного паровоза, перевозящего тяжелые поезда через Альпы.

Также германские, французские и другие паровозы имеют характерные черты в связи с национальными особенностями стран и требованиями места и времени, и это настолько очевидно, что можно было бы написать «географию конструкции паровоза», и только последнее время эти характерные национальные черты начинают сглаживаться в связи с широким распространением в мире общих завоеваний техники и науки и с взаимным обменом опытом и продукцией.

5. Как уже сказано, развитие машиностроения вообще и паровозостроения в частности находится в прямой связи с развитием промышленности и, главным образом, металлургии.

НВ УДУНТ (ДИТ)

В 1825 г. машиностроение довольствовалось только сварочным металлом, что, понятно, отзывалось на его прогрессе. Но при быстром развитии железных дорог, этого главного потребителя металла в то время (для рельс, мостов, паровозов и пр.), возникло требование к получению более дешевого, прочного и легче обрабатываемого литейного металла, и в результате этих запросов появились открытия знаменитых Бессемера (1855 г.) и Мартена, произведших переворот в области металлургии.

Внедрение стали и литого железа позволило широко раздвинуть рамки паровозостроения и безбоязненно поднять давление пара в паровозных котлах, благодаря чему увеличилась и их мощность. К концу XIX века сталь начала вообще вытеснять чугун, и в XX веке, когда возникла потребность в значительном увеличении мощности паровозов, чугун в паровозостроении почти исчез.

Но в настоящее время с переходом на высокое давление пара и на высокий его перегрев, с появлением автоматической сцепки, позволяющей силу тяги паровозов увеличивать до десятков тысяч килограммов, явилась потребность уже в специальной, высококачественной стали (никелевой, ванадиевой и др.), которая широко теперь утилизируется при постройке паровозов, допуская такие конструкции, каковые были невозможны еще в недалеком прошлом, чем и объясняется удивительный технический прогресс паровозостроения за последнее время.

Таким образом железнодорожный транспорт, непосредственно находясь в зависимости от состояния металлургии, в свою очередь, предъявлял определенные требования и, являясь мощным потребителем металла, — оказывал могучее влияние на развитие металлургии

6. Наконец, отметим, что в начале XIX века теории машин и термодинамики не существовало; научной базы, являющейся фундаментом современного строительства, еще не было. Первое время все железнодорожное строительство опиралось на незначительный опыт и практический инстинкт, но, при отсутствии научной базы, не было уверенности в правильности и целесообразности многих нововведений. Они часто неожиданно оказывались плодотворными, но чаще были неудачными, причем их непригодность обнаруживалась только в стадии уже практического применения, что влекло за собой большие издержки, а иногда катастрофы и жертвы.

Поэтому первое время были так многочисленны единичные экземпляры не только отдельных механизмов, но и паровозов, каковые уже больше не повторялись. Это относится и к стационарным установкам.

Уатт знал доктрину Блэка о скрытой теплоте, но еще много лет, после того как изобретения Уатта были закончены, не существовало никакой теории о произведении работы за счет тепла. Теория паровой машины, как машины тепловой, возникла только в 1824 г., когда Карно (Carnot) опубликовал свою работу «Réflexions sur la puissance motrice du feu». В ней он показал, что теплота производит работу только тогда, когда происходит падение температуры от более высокой до более низкой. Но Карно не имел представления о том, что часть теплоты исчезает во время процесса и только после того как закон о сохранении энергии был установлен в 1843 г. опытами Джауля (Joule), который определил механический эквивалент теплоты, началось настоящее развитие теории паровых машин.

Громадное значение имели также данные, полученные Реньо (Regnault) из его классических опытов над свойствами пара, результа-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ты которых были опубликованы в 1847 г. Начиная с 1849 г. термодинамика была с необыкновенной быстротой двинута вперед работами Клаузиуса (Clausius), Рэнкина (Rankine) и Томсона (лорда Кальвина) (Thomson, Lord Kelvin). Появление в 1859 г. соч. Рэнкина «Manual of the Steam-Engine» составило эпоху в научном развитии паровых машин и дало возможность инженерам, занимающимся ими, перестать быть только чистыми эмпириками.

До упомянутого сочинения Рэнкина все публикуемые сочинения носили эмпирический характер. Таково первое сочинение в области железнодорожной научной техники графа Памбура (Pambour) «Traité théorique et pratique des machines locomotives», первое издание которого вышло в 1835 г.; оно представляло описание опытов Памбура на Ливерпуль-Манчестерской железной дороге над паропроизводительностью и работою паровозов и разработанную на их основании теорию паровозов.

Хотя в настоящее время паротехника уже достигла высокого совершенства и теория паровых машин разработана весьма глубоко, тем не менее до последнего времени проектирование паровозов основывалось на практической интуиции и на подражании паровозам предшествующего времени, более или менее удовлетворительно работающим, и только теперь, в связи с колоссальным развитием науки и техники и предъявлении к транспорту резко повышенных требований, указанные приемы заменяются применением положений и выводов теории, подтвержденных широкими экспериментальными исследованиями и согласованных с конструктивными и эксплоатационными требованиями в области экономики, ремонта и управления.

Поэтому только теперь возможно быстрое точное разрешение проблем, выдвигаемых жизнью (высокое давление пара, высокий его перегрев, конденсация мятого пара, подогрев вдуваемого воздуха и пр.) в области паровозостроения, пользуясь помощью научно-теоретического и научно-экспериментального исследования в многочисленных лабораториях, на линии железных дорог и в научно-исследовательских институтах.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. ГЛАВНЕЙШИЕ ПЕРИОДЫ В РАЗВИТИИ ПАРОВОЗА

Влияя на все области человеческой жизни и подвергаясь одновременно воздействию со стороны предъявляемых жизнью требований, развитие паровоза представляет весьма сложное историческое явление.

Целый ряд идей, влиявших на устройство паровоза, развивался параллельно, взаимно переплетаясь с различными взглядами на них в различных странах и в разное время. Многие идеи, положенные в основу устройства современного паровоза, когда-то были оставлены (перегрев пара, подогрев воды, конденсация, искусственная тяга), и наоборот — пользовавшиеся всеобщим распространением признаны нецелесообразными теперь (двухцилиндровые паровозы компаунд и пр.). Поэтому поставить главные вехи в интересах предварительной ориентировки и некоторого освещения пути исторического изучения вопроса можно только весьма приближенно.

Тем не менее можно разбить историю на ряд периодов, в течение которых преобладало то или другое направление, — предпочтительно занимались разрешением тех или иных проблем, что эти периоды и характеризовало.

1-й период — «доисторический» — до XIX века.

Железных дорог еще не было, но ж.-д. путь и паровой транспортный двигатель уже развивались, независимо один от другого. Мысль о ж.-д. рельсовом транспорте носилась в воздухе, так как все составные его элементы уже были созданы. Оставалось их соединить, что и было сделано во втором периоде.

2-й период (1800—1825 гг.).

Уже изобретенный паровоз был поставлен на готовые рельсы. Началась эпоха первоначального формирования паровоза. Опыта еще не было. Паровоз последовательно снабжался теми или другими частями, потребность в которых вызывалась жизнью.

Паровозы этого периода имели только грубый контур современного паровоза.

В этот период вопрос о преимуществах паровой тяги над конной еще не был решен, и так как паровозы были еще крайне несовершенны, опасны для движения и неэкономичны, то развитие их шло относительно медленно.

3-й период — окончательного формирования паровоза (1825—1850 гг.).

К 1825 г. паровоз однако был уже настолько совершенным, что можно было открыть первую ж. д. общего пользования — Стоктон-Дарлингтонскую. Знаменитый конкурс в Ренхилле в 1829 г. окончательно доказал несравненное преимущество паровой тяги перед конной, поэтому железнодорожная сеть начала быстро увеличиваться. В разных государствах начали открывать паровозостроительные заводы. Паровоз стал быстро совершенствоваться и вскоре сформировался во всех своих частях, сохранившихся до сих пор.

УДУНТ (ДИТ)

4-й период — разрешение проблемы мощности и экономичности (1850—1900 гг.).

С развитием сети ж. д. и требовавшимся увеличением их пропускной способности возник вопрос о значительном увеличении мощности паровозов. От типов с двумя или тремя спаренными осями 2-го периода пришлось перейти последовательно к типам с четырьмя и более спаренными осями. Особенно быстро шло увеличение мощности в С. Америке, где появились типы с пятью и даже шестью спаренными осями.

Для горных ж. д. в интересах более легкого вписывания в кривые были сконструированы сочлененные паровозы.

Но вместе с тем поднимался вопрос об экономичности. Он всегда стоял перед ж.-д. техникой, но в этот период он особенно выдвинулся, так как малая экономичность уже ставила предел развитию мощности.

Во второй половине этого периода экономичность была резко повышена путем применения принципа двойного расширения пара, и время 1875—1900 гг. можно назвать периодом расцвета паровозов компаунд.

В конце 90-х годов снова появился на сцену уже давно изученный принцип перегрева пара.

5-й период — конкуренция.

Начало XIX в. прошло под знаком конкуренции паровой тяги с конной. Паровая тяга вышла победительницей, и затем она беспрепятственно господствовала весь XIX в., к концу которого сеть ж. д. возросла до 800 000 *км*, почему он справедливо назывался веком железных дорог.

Но в начале XX в. снова появились конкуренты и притом весьма могучие: электрическая тяга, затем автомобиль и аэроплан и даже на самых ж.-д. путях — двигатели внутреннего сгорания (тепловозы). Это заставило паровую тягу энергично бороться за свое существование,—этот период отмечен невиданным прогрессом паровозостроения, и за последние двадцать пять лет паровозы достигли высокой степени совершенства.

Это был период усовершенствования паровоза путем широкого введения перегрева пара, подогрева питательной воды, машин с быстрой отсечкой и пр. — вообще период значительного поднятия к. п. д. силовой установки.

Назовем условно это время периодом интенсивной эволюции и завершения развития паровоза (1900—1920 гг.).

Но этого оказалось мало для конкуренции, так как соперники оказались слишком могучими и надо было выбирать новые пути для изыскания новых конструктивных форм.

Это и составляет задачу последнего десятилетия: вырабатываются формы усовершенствования силовой установки паровоза путем применения высокого давления пара (до 100 *ат* и выше), конденсации пара и искусственной тяги воздуха, пылевидного топлива и пр. Это время мы называем периодом изыскания новых конструктивных форм.

Таким образом условно мы можем наметить следующие вехи исторического изучения вопроса:

1-й период — «доисторический» — до XIX в.;

2-й период — 1800—1825 гг. — период первоначального формирования паровоза;

НБ УДУНТ (ДИТ)

3-й период — 1825—1850 гг. — период окончательного формирования паровоза;
4-й период — 1850—1900 гг. — разрешение проблемы мощности;
5-й период — 1900—1920 гг. — период интенсивной эволюции и завершения развития паровоза;
6-й период — с 1920 г. — период изыскания новых конструктивных форм.

§ 2. ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА

Паровоз представляет подвижную силовую станцию, которая должна в зависимости от времени развивать большую или меньшую силу тяги, т. е. иметь большую или меньшую мощность.

Если описывать паровозы в том хронологическом порядке, в котором они строились в разных странах, то совершенно затушуется историческая последовательность в развитии тех многочисленных идей, которые вложены в их устройство.

Многие из этих идей имеют решающее значение при постройке и эксплоатации современных паровозов, например принцип компаунд, перегрева пара и др., и из истории видно, что многие идеи зародились еще на заре ж.-д. дела, много раз осуществлялись разнообразным образом в зависимости от состояния техники, часто забывались и вновь возникали. Их эволюцию необходимо рельефно обрисовать.

В то же время каждая часть паровоза имеет свою историю, часто очень богатую и очень интересную по тому бесконечному разнообразию иногда очень оригинальных изменений, которые она претерпела за 100 лет. Здесь много ценного и поучительного, но тесные рамки курса позволяют останавливаться отдельно только на развитии главнейших элементов паровоза.

Развитие паровоза шло несколькими, иногда параллельными, путями.

Первый путь—последовательное развитие паровоза в целом с точки зрения требуемой временем эксплоатационной мощности и развиваемой скорости.

Внешним выразителем этого является главным образом число спаренных и поддерживающих осей, а со стороны силовой установки — ее размеры (поверхность нагрева котла, площадь колосниковой решетки, давление пара и пр.).

По мере увеличения числа осей, т. е. базы паровоза, выдвигался вопрос о вписывании в кривые; первое время этот вопрос разрешался постановкой одно- или двухосных направляющих тележек, а затем — при увеличении числа спаренных осей до шести и более — разрешение нашли, комбинируя спаренные оси в двух или трех отдельных группах, помещенных в особых, связанных между собою экипажах, могущих поворачиваться один относительно другого. Эти паровозы, называемые дуплекс (двойными) и триплекс (тройными), или иначе — сочлененными, гибкими или сопряженными, образуют особую разновидность, имеющую свою историю.

Увеличение скорости вызвало тревожный вопрос о динамическом воздействии паровоза на путь, пренебрежение которым влекло за собою серьезное разрушение пути и мостов.

Возникла идея об уравновешенности паровозов, что, помимо общего снабжения всех паровозов противовесами, создало ряд особых уравновешенных паровозов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

До 1830 г. пассажирское движение не было введено, но затем произошло разделение и были созданы два основных типа паровозов: а) товарные — малой скорости и б) пассажирские — большой скорости. Есть и промежуточный класс, так что резкую грань не всегда можно провести.

С развитием ж.-д. сети были захвачены и горные области, потребовавшие паровозов особых типов — з у б ч а т ы х; наконец, имеются паровозы совершенно специальных типов, так называемых промышленных, например для л е с о в о з н ы х ж. д.

Таким образом, если до 1850 г. — времени окончательного формирования паровоза — еще можно было говорить о паровозе вообще, то дальше приходится историю диференцировать, иначе нарушится цельность картины развития известного цикла идей.

Вот почему изложение истории развития паровоза «в ц е л о м» мы разбиваем на ряд подотделов:

1) история паровозов обыкновенного типа (в одной жесткой раме);

2) история сочлененных паровозов, которые развивались обособленно;

3) история паровозов для горных, преимущественно зубчатых, железных дорог;

4) паровозы специального назначения.

Необходимо сделать еще одно замечание: на заре паровозостроения каждая страна вносила много местных черт в конструкцию в связи с бо́льшим или меньшим развитием техники. Можно было сопоставить паровозостроение английское с немецким или французским и пр. Но затем резко увеличился взаимный обмен опыта и знаний. Огромную пользу принесли: развившаяся техническая литература (особенно периодическая), всемирные или местные государственные выставки [1], на которых демонстрировались последние достижения в области техники, и наконец, крупнейшее явление в железнодорожном мире — организация технических съездов. Первый съезд инженеров службы тяги в России был созван в 1879 г. [2]. Он был и первым в мире, хотя мысль о таком съезде в Западной Европе явилась одновременно с нами.

Международные съезды (конгрессы) созывались в разных городах, первый был в Брюсселе в 1885 г. (четвертый в Петербурге в 1892 г.).

У нас съезды повторялись периодически раз в год, и их труды (десятки томов) по богатству мыслей и по ценнейшим практическим данным являются незаменимым вкладом в технику.

Благодаря указанным обстоятельствам местные черты начали постепенно сглаживаться, и в конце XIX в. уже можно было говорить об е в р о п е й с к о м т и п е вообще, сопоставляя его только с а м е р и к а н с к и м т и п о м, сохранившим еще много своеобразных черт.

Выведены нами отдельно и рассмотрены более подробно данные о развитии русских паровозов.

Таким образом, первый путь развития — увеличение мощности

---

[1] Всемирные выставки были: в Лондоне в 1851 и 1862 гг., в Париже в 1855, 1867, 1878, 1889, 1900 гг., в Брюсселе в 1910 г., в Вене в 1873 г., в Филадельфии в 1876 г., в Чикаго в 1895 г. и в С. Луи в 1904 г. Затем был ряд более мелких местных выставок — в Нюренберге, Дюссельдорфе, Милане, Льеже, Турине, Генте, Мюнхене, и др., и у нас — в Москве и Нижнем-Новгороде в 1896 г.

[2] Первые съезды были созваны в России: в 1882 г. — по службе движения, в 1891 г. — по службе пути, в 1894 г. — по службе телеграфа, в 1910 г. — по материальной службе.

РБ УДУНТ (ДИТ)

(сцепного веса, числа осей) и скорости движения и связанное с этим разрешение вопроса о динамическом воздействии на путь и вписывании в кривые, вообще о взаимодействии паровоза и ж.-д. пути. Эволюция паровоза на этом первом пути составляет предмет I отдела.

Второй путь заключается в поднятии экономичности паровоза или, другими словами, в увеличении к. п. д. его силовой установки, что настоятельно требовалось общими государственными интересами. Кроме того, современная мощность паровоза, доходящая в Европе до 3 000 *л. с.* и в США до 5 000, могла быть достигнута при ограниченном ж.-д. габарите только при условии повышения экономичности, что достигалось упорной работой научно-технической мысли в течение целого века.

Здесь мы имеем несколько течений.

1. Изобретенный Уаттом индикатор дал технике первое могучее оружие для изучения рабочего процесса паровой машины. Поэтому неудивительно, что железнодорожные инженеры прежде всего обратили внимание на улучшение индикаторных диаграмм путем усовершенствования внешнего (кулисного) и внутреннего (золотникового) парораспределительного механизма.

Вместе с тем обращалось внимание на уменьшение внутреннего трения, что привело к изобретению усовершенствованных плоских, а затем круглых золотников. Наконец неоднократно были попытки применения механизмов с быстрой отсечкой (клапанов).

2. Попутно изучались явления конденсации и влияние ее на расход пара. Первый раз определенный взгляд на термические свойства стенок паровых котлов был высказан в Париже проф. Тома (Thoma) в 1837—1838 гг. Первые опыты в этой области были произведены Ишервудом (Icherwood) в 1850—1852 гг., но точные данные дал только Кларк (Clark) в 1861 г. и вполне разработанную теорию дал знаменитый Гирн (Girn). Тем не менее на практике роль конденсации была ясна почти с самого изобретения машин, и потому борьба с конденсацией составляет крупнейшее из течений паротехники.

С этой целью в паровозах применялись: 1) паровые и газовые рубашки, 2) принцип последовательного расширения пара (почти исключительно двукратного — компаунд) и принцип прямого потока пара, 3) перегретый пар.

3. В самое последнее время паротехника занята вопросом о поднятии идеального к. п. д. путем расширения интервала между наивысшими и наинизшими пределами температур рабочего тела (водяного пара). С этой целью: 1) повышают давление пара вместе с высоким его перегреванием, 2) изучают вопрос о применении в паровозах холодильников и 3) делают попытки заменить в паровозе поршневую машину турбиной.

Все эти течения переплетаются во времени, и поэтому для более ясного указания на последовательность развития соответствующих идей все они излагаются отдельно.

Наконец, паровозный котел изменяется очень мало, но для поднятия его к. п. д. применяются только своды и подогрев питательной воды.

Вопросы о паровозном котле также выделены.

НБ УДУНТ (ДИТ)

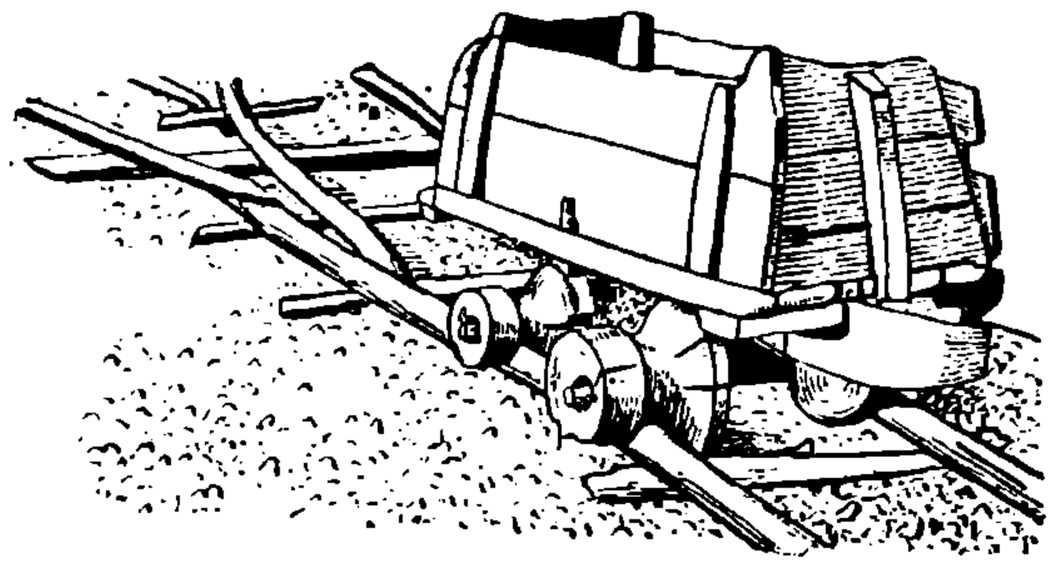
I. РАЗВИТИЕ ПАРОВОЗА С ЭКСПЛОАТАЦИОННОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

ПЕРИОД НЕЗАВИСИМОГО РАЗВИТИЯ ПУТИ И ДВИГАТЕЛЯ (до XIX в.)

Глава первая

§ 3. РЕЛЬСОВЫЙ ПУТЬ

Первым конным рельсовым путем надо считать деревянные рельсы, которые в средние века употреблялись в немецких рудниках в Саксонии, Эльзасе и других местах и состояли из двух рядов более или менее обработанных брусьев (бревен). Колеса тележек имели посредине желоба, чтобы они не сходили с рельсов (фиг. 1). Трение было весьма значительное.



Фиг. 1

Позднее брусья, связанные поперечными шпалами, углубляли в дорожное полотно, оставляя над землей только верхнюю, рабочую поверхность. Подобный путь был очень дорог и скоро изнашивался, почему брусья стали покрывать сверху железными полосами. В 1767 г. Рейнольдс (Reynolds) изготовил особые чугунные корытообразные рельсы длиной 1,5 *м*, которые прибивали к брусьям тремя гвоздями (фиг. 2).



Фиг. 2

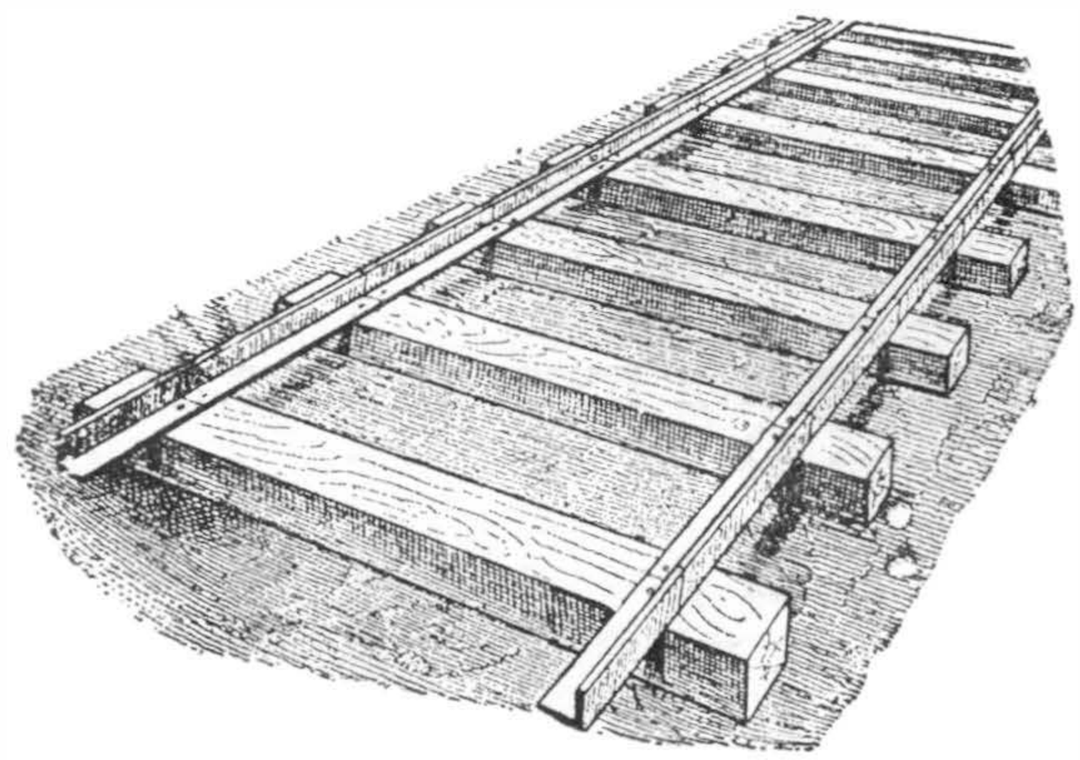
Это была первая железная дорога, имевшая блестящий успех: при помощи тех же лошадей можно было перевозить значительно бóльшие грузы и с гораздо большей скоростью. Недостаток — легкий сход с рельсов благодаря низким краям корыт, почему Кюр (Curr) в 1776 г. предложил чугунные угловые рельсы (фиг. 3), боковые высокие края которых препятствовали сходу с рельсов.

Подобные рельсы применяются до сих пор в Англии и имеют ту выгоду, что вагончики с обыкновенными колесами могут двигаться и по обыкновенным дорогам.

Подобные дороги, называемые колейными, усиленно пропагандировались и позднее проводились длиной до 120 *км*, причем вагоны приводились в движение конною тягою; эти дороги служили и для пассажирского движения (фиг. 4).

НБ УДУНТ (ДИТ)

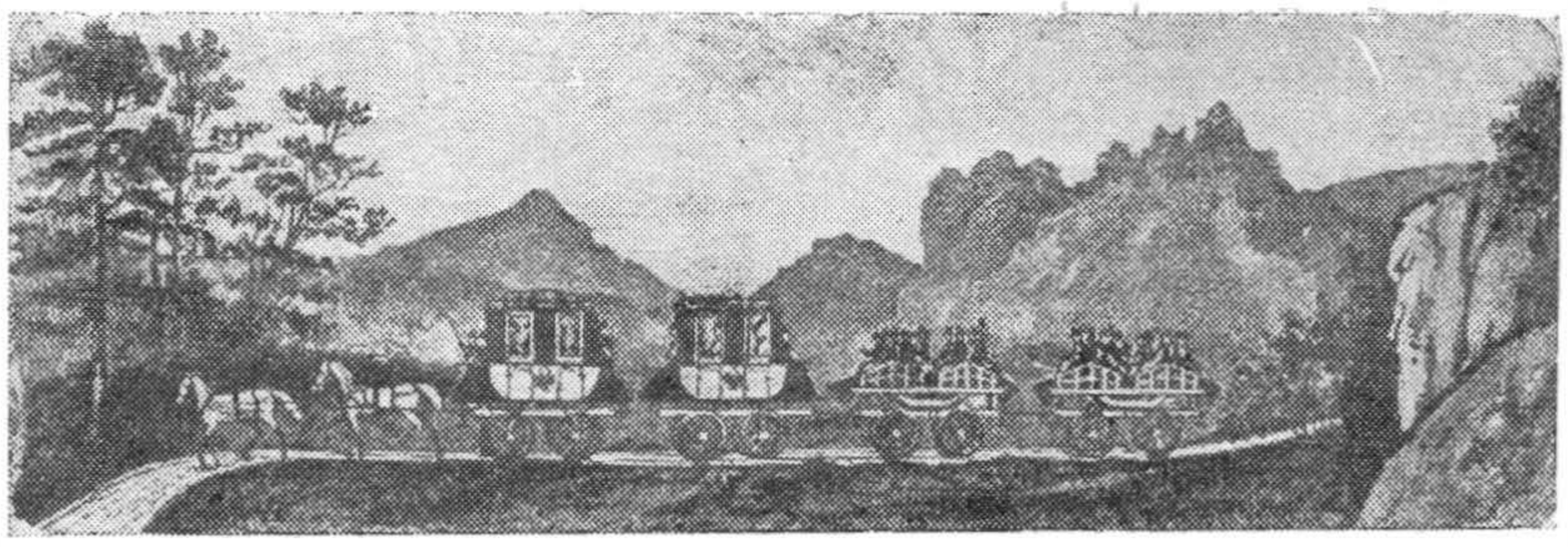
В 1789 г. Джесоп (Jessop) ввел чугунные грибовидного сечения рельсы длиной около метра и для лучшей сопротивляемости придал им рыбообразную форму, причем концы рельсов начал вставлять в особые чугунные подушки, скрепляя их винтовыми костылями. Вместо деревянных шпал затем стали употреблять особые каменные стулья (фиг. 5).



Фиг. 3

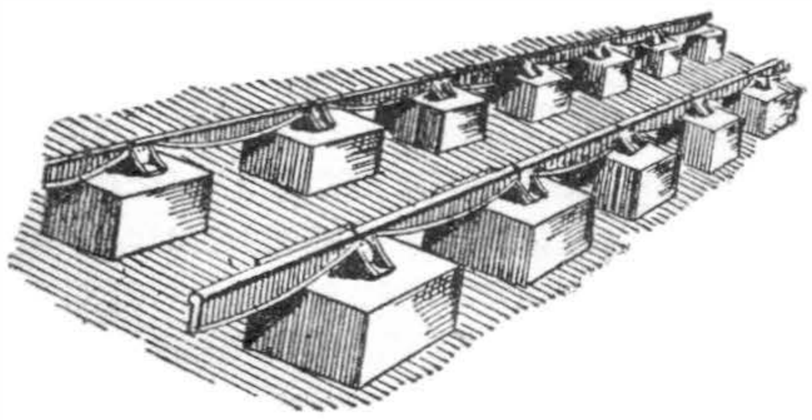
Так как по таким рельсам гладкие, безребордные колеса двигаться не могли, то их начали снабжать закраинами (гребнями). На фиг. 6 изображены угольные вагоны того времени с ручным рычажным тормозом.

Подобный путь на каменных опорах сохранялся в течение нескольких десятилетий, и еще в 1835 г. первая в Германии железная дорога Нюренберг — Фюрст имела подобное же устройство.



Фиг. 4

Изобретение Джесопа произвело переворот в железнодорожном деле. Таким образом, еще в XVIII в. был создан железнодорожный путь, позволявший организовать безопасное движение со значительной скоростью. Но тяга была еще конная.



Фиг. 5

Подобного типа дорог было много построено в XIX в. Утрамом (Outram). Эти дороги были известны под названием Outramway или, сокращенно, Tramway (по-английски слово way значит дорога), откуда, как полагают, произошло слово трамвай.

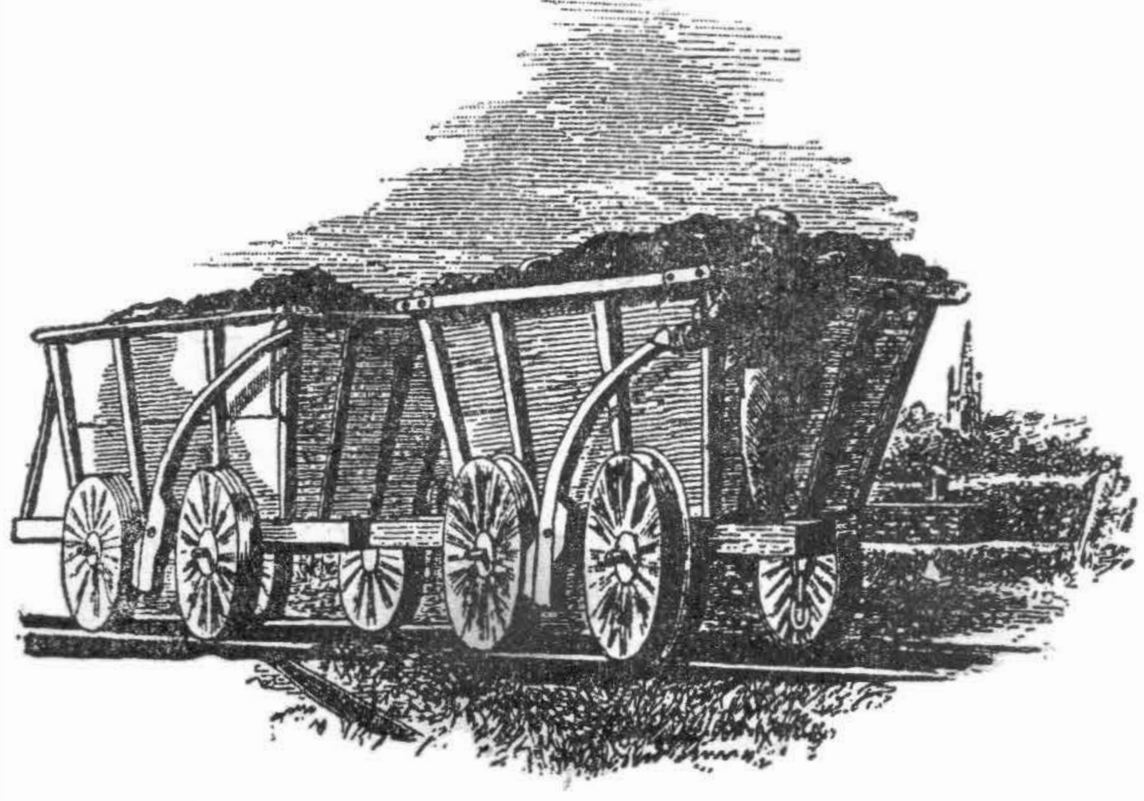
В дальнейшем прогресс пути заключался только в усовершенствовании отдельных его частей, например, постоянные поломки чугунных рельсов побудили заменить их рельсами из полосового железа (1803 г., в Ньюкестле); в 1820 г. Биркиншоу (Berkinshaw) изобрел валки для прокатки рельсов с головками, но они еще стоили дорого,

НБ УДУНТ (ДИТ)

так как им вручную придавали рыбообразную форму; затем они были заменены грибовидными же, но одинаковыми по всей длине, что делало их значительно более дешевыми.

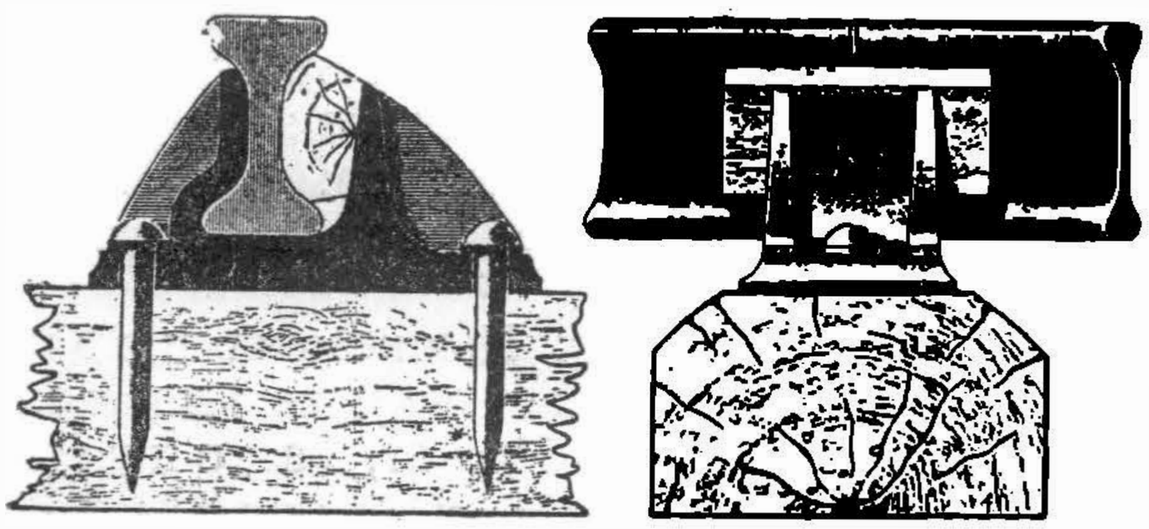
Так как езда по дороге на каменных опорах была тяжела и неприятна, причем вагоны и путь сильно страдали, то вскоре нашли необходимым сделать путь более упругим, для чего дорогу засыпали баластом и положили на него деревянные ш п а л ы.

В 1830 г. в Америке Стивенс (Stevens) спроектировал рельс новой формы; в верхней части он имел форму гриба (головка), а нижняя часть делалась плоской и расширенной, т. е. рельс современного типа. В 1836 г. этот рельс Стивенса стал известен в Англии благодаря Виньолю (Vignoles) и получил затем широкое распространение в Европе под названием в и н ь о л е в с к о г о.



Фиг. 6

В 1837 г. Лок (Loche) предложил двухголовый рельс, который можно эксплоатировать путем переворачивания два раза (фиг. 7). Этот рельс применялся Г Стефенсоном (G. Stephenson) при постройке первых английских ж. д. с паровозной тягой и известен под названием с т е ф е н с о н о в с к о г о.



Фиг. 7

Таким образом были получены два основных типа рельсов: виньолевский, получивший повсеместное распространение в мире, и двухголовый — стефенсоновский, употребляемый до сих пор на некоторых ж. д. Англии.

Рассмотрение различных других усовершенствований и изменений типов рельсов и вообще верхнего строения пути не входит в нашу задачу; отметим только, что вес рельса непрерывно возрастает по мере увеличения нагрузки на него от двигающегося подвижного состава. Для нас же важно только то, что уже к XIX в. ж.-д. путь был создан независимо от паровоза и достиг значительного совершенства. По этому пути уже ходили товарные (преимущественно угольные) и пассажирские экипажи (повозки, омнибусы) и даже составленные из них небольшие поезда, приводимые в движение конной тягой. Идея применения здесь механического двигателя уже достаточно созрела к этому времени.

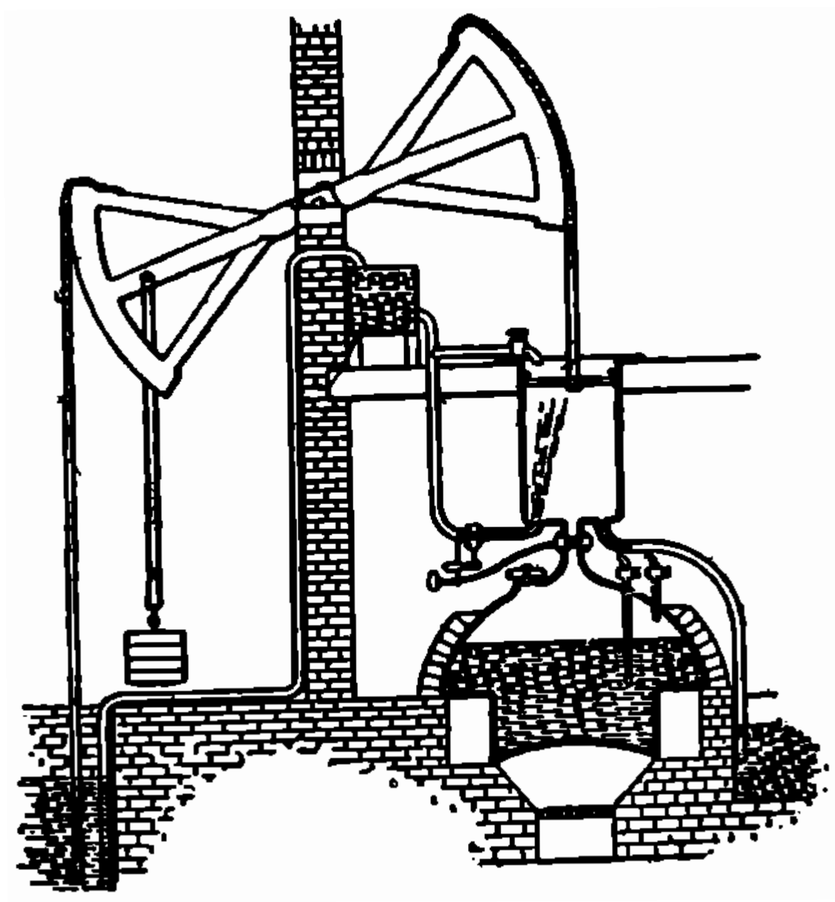
БИБЛИОТЕКА
Инв. №
Основной отдел
фундаментальной
библиотеки
Инв. № 5341
НБ УДУНТ (ДШТ)

§ 4. СОСТОЯНИЕ ПАРОТЕХНИКИ К XIX в.

Возникновение ж. д. находится в непосредственной связи с изобретением в XVIII в. паровых машин, что привело к мысли о применении их и для транспорта. Вообще транспортная и стационарная теплотехника всегда были в тесном соприкосновении, и те конструкции, которые находили себе применение в стационарных установках, переносились и на паровозы — понятно, в соответственно измененном виде. Поэтому для лучшего выяснения той технической атмосферы, среди которой зародились первые ж. д., опишем первые этапы развития паровых машин.

Первое описание приборов, действующих нагретым воздухом и паром, дано Героном (Hero), преемником Архимеда, жившим за 200 лет до нашей эры. В сочинении итальянца Рочта (1601 г.) имеется описание прибора для подъема воды при помощи всасывания путем применения конденсации пара для образования пустоты (вакуум) и ее нагнетания непосредственным действием пара на ее поверхность.

Савери (Savery) взял в 1698 г. патент и в 1702 г. устроил первую водоподъемную машину промышленного значения, почему этот год можно считать годом рождения паровых машин. Машина была устроена по принципу современного пульзометра.



Фиг. 8

В 1705 г. Ньюкомен (Newcomen) изобрел поршневую водоподъемную машину. Эти изобретения вызывались насущными потребностями практики, так как по мере углубления шахт при откачивании воды замена лошадиной силы механической представляла вопрос первостепенной важности, потому что при увеличивающемся притоке воды для ее откачки в некоторых шахтах требовались целые табуны лошадей (до 500).

В машинах Ньюкомена поднятие поршня производилось паром, давление которого было только $1^1/_4$ *ат*, а опускание — давлением атмосферы поверх поршня, причем под поршнем получалась пустота путем впрыскивания воды в самый цилиндр, почему такие машины (с переменным действием пара и атмосферы) назывались атмосферическими (фиг. 8). Парораспределение производилось кранами вручную. Котел непосредственно соединялся с цилиндром. Непроницаемость поршня достигалась слоем воды на его наружной поверхности. Котел был снабжен водопробными кранами и предохранительным клапаном, изобретенным в 1690 г. Папином (Papin).

Первое самодействующее (автоматическое) парораспределение в этой машине сделал в 1713 г. мальчик, по имени Гёмпфри Поттер (H. Potter), на обязанности которого лежало открывать и закрывать краны машины. Этого он достиг, заставив балансир открывать и закрывать краны с помощью щеколд и веревок. В 1718 г. устройство

НВ УДУНТ (ДІТ)

это было упрощено Бейтоном (Beighton), который подвесил на балансире стержень, управляющий кранами с помощью системы рычагов.

С 1725 г. эта машина была уже общеупотребительной в угольных копях и держалась там без существенных изменений почти $^3/_4$ столетия. К концу своей карьеры атмосферическая машина была значительно усовершенствована Смитоном (Smeaton), который построил много машин большого размера этого типа, причем мощность их достигала до 150 *л. с.* и диаметры цилиндров имели размеры до 6 футов (1 825 *мм*). Смитон увеличил давление пара и скорость поршня. В 1774 г. он построил такую машину с отдельно стоящим котлом, из которого пар доставлялся в цилиндр отдельной трубой (паропровод).

Машины Ньюкомена и Савери употреблялись только для накачивания воды, но они имели тот крупнейший недостаток, что расходовали чрезмерно много пара благодаря чередующемуся нагреванию и охлаждению цилиндра, в который он впускался. Даже современники жаловались на громадный расход топлива. Но и вообще эти машины к концу 70-х годов XVII в. перестали удовлетворять требованиям и быстро устарели.

Новые рынки (колонизация Америки, развитие ост-индской и китайской торговли и пр.) уже не могли удовлетворить состояние господствовавшей в то время мануфактуры. Жизнь настойчиво требовала смены формы промышленности, что могло совершиться только при наличии мощного механического двигателя. На этой почве, опираясь на опыт своих предшественников, сделал гигантский шаг вперед (скачок) в усовершенствовании и распространении паровых машин знаменитый Уатт (Watt), который создал машину современного типа. Все наиболее существенное в поршневой паровой машине изобретено Уаттом.

В его патенте 1769 г. значатся следующие капитальные изобретения.

1. Применение отдельного холодильника взамен конденсации пара в самом цилиндре, в видах устранения охлаждения последнего.

Впрыскивание воды прямо в цилиндр по своей нерациональности не могло существовать долго. Смитон отделил паровой котел от парового цилиндра, и Уатту оставалось пойти дальше в том же направлении — устроить отдельный холодильник.

2. Впуск свежего пара попеременно по обе стороны поршня, чем атмосферическая машина была превращена в паровую.

3. Устройство вокруг цилиндра паровой рубашки.

4. Применение наружной обшивки из непроводников тепла.

5. Применение расширения пара для экономии топлива.

Вопрос о расширении пара научно разрабатывался и раньше Бойлем (1662 г.) и Мариоттом (1715 г.); на практике расширением пара пользовались для уменьшения скорости поршня в конце хода в рудничных машинах, работающих без маховых колес.

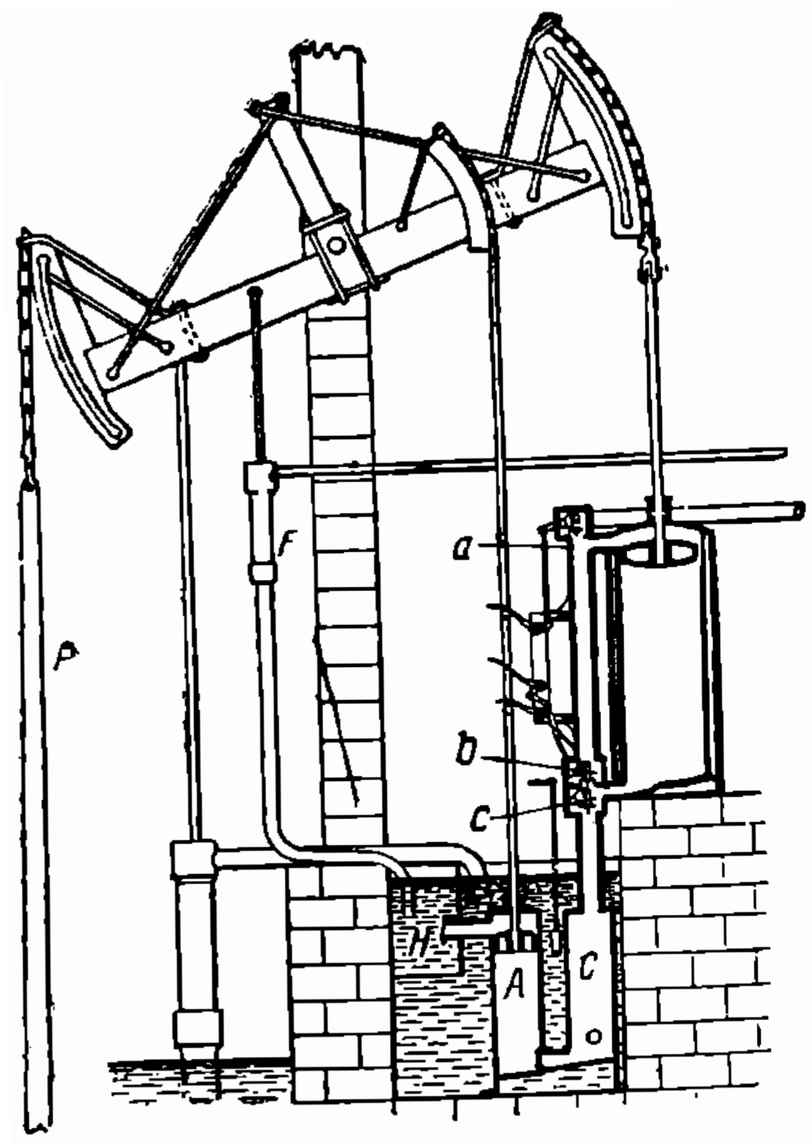
Затем в своих машинах Уатт начал применять маховые колеса, центробежные регуляторы и сальники.

Впоследствии им был введен парораспределительный золотник с внешней перекрышкой, приводимый в движение от эксцентрика, насаженного на вал махового колеса.

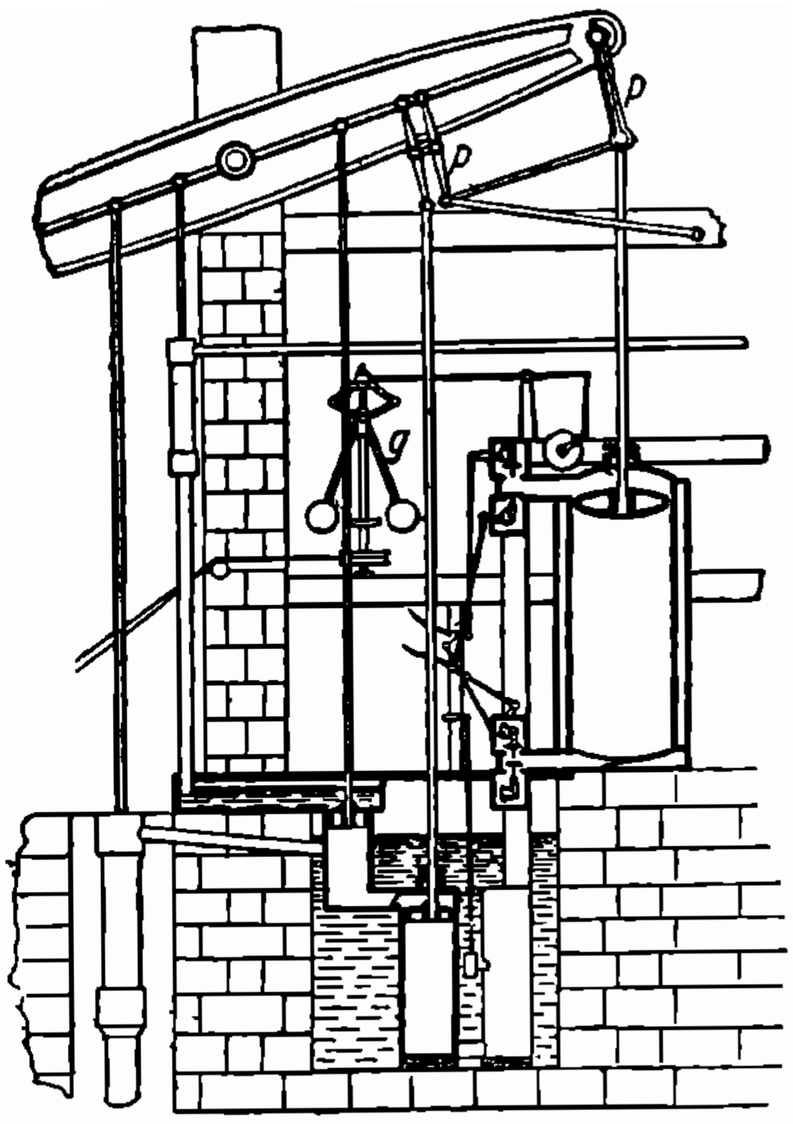
Наконец изобретение индикатора дало возможность производить научные исследования рабочего процесса машины и тем оценивать вводимые изобретения.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Первые машины Уатта являлись усовершенствованными машинами Ньюкомена, т. е. водоподъемными балансирного типа. На фиг. 9 представлена такая машина Уатта 1769 г. Здесь машина все еще одиночного действия, и с холодильником сообщалась только нижняя часть цилиндра, а в верхнюю, закрытую уже часть цилиндра пар впускался только для его обогревания. В машине имелись три клапана: *a*—паровой, *b*—клапан равновесия и *c*—выпускной. В начале нижнего хода клапан *c* открывался для того, чтобы произвести вакуум под поршнем, а клапан *a* — открывался для впуска пара поверх его. В конце хода клапаны *a* и *c* закрывались, а клапан *b* открывался. Это приводило поршень в равновесие и давало ему возможность подняться с помощью насосной штанги *P*, достаточно тяжелой для того, чтобы служить противовесом. *C* — холодильник; *A* — воздушный насос, работающий на горячий резервуар *H*, откуда питательный насос *F* брал воду.



Фиг. 9



Фиг. 10

Машины двойного действия с впуском пара по обе стороны поршня, несмотря на свой патент, Уатт стал строить значительно позже. Такова машина, построенная им в 1782 г. (фиг. 10). Она уже снабжена регулятором, направляющим параллелограмом Уатта и парораспределительным механизмом по обе стороны цилиндра.

Уатту в его изобретениях много помогал его помощник Мёрдок (Murdoch), изобретательности которого, по его словам, следует приписать «многие усовершенствования», в том числе введение золотника.

В компании с Бултоном (Bulton) Уатт устроил в Бирмингаме завод для постройки и продажи своих машин. Предприятие это имело огромный успех, и, несмотря на то что многие оспаривали действительность его патентов, Уатт удержал за собою поле борьбы. Специальный парламентский акт продолжил монополию его патента на 25 лет, считая с 1775 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для измерения мощности машины впервые Савери, а за ним и Уатт ввели термин паровая лошадиная сила, так как впервые машины, как уже сказано, заменяли лошадей при откачивании воды из рудников и шахт.

Невысокое состояние техники позволяло применять тогда пар только низкого давления, почему необходимости в многократном расширении не было, хотя первые машины с расширением пара в двух цилиндрах были введены еще Горнблауером (Hornblower) в 1781 г. Эти машины, из-за низкого давления пара, не дали ожидаемых экономических выгод, почему распространения не получили.

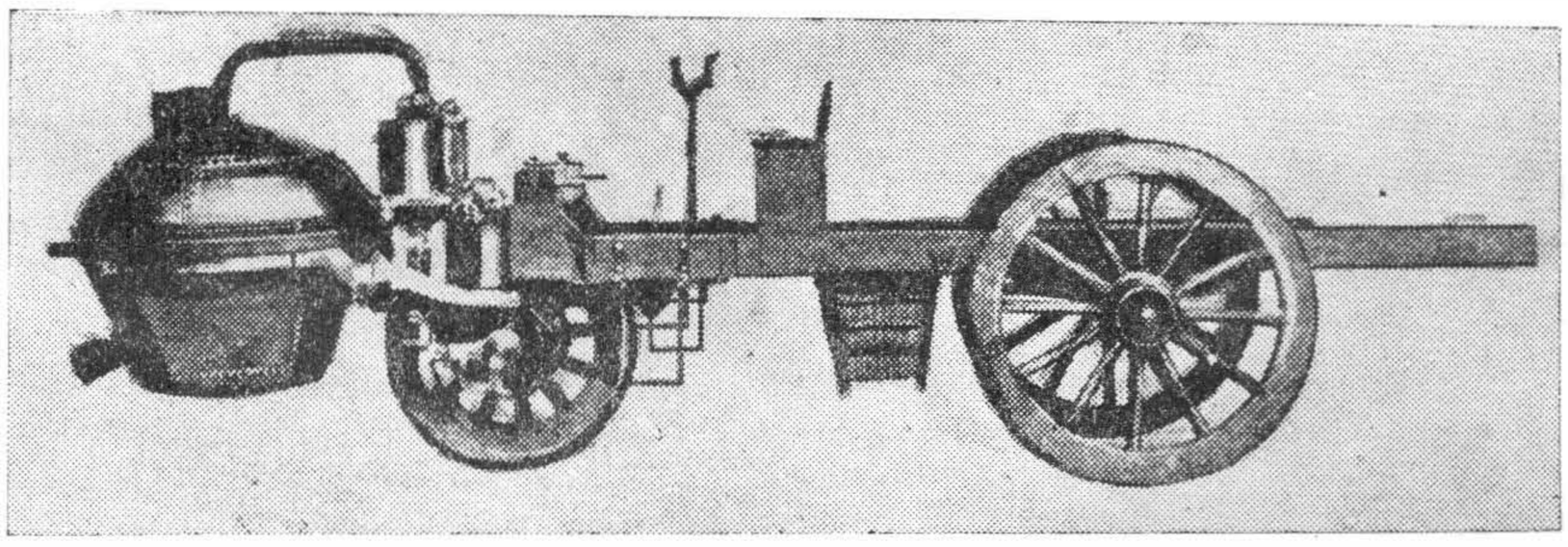
Введение в 1804 г. пара более высокого давления (3—4 *ат)* и значительное расширение в двух цилиндрах принадлежит Вульфу (Woolf), причем он же заменил уаттовские котлы фасонной формы, как нерациональные для высоких давлений, цилиндрическими.

Таким образом видно, что в последней четверти XVIII в. паровая машина не только в общих чертах, но и во всех своих главных деталях, была уже сформирована, и применение ее к транспорту являлось только вопросом времени. Уатт даже сам выдвигал идею паровоза для обыкновенных, не рельсовых путей, но это изобретение развития не получило.

Революция, произведенная в промышленности введением паровых машин, и потребность в более усовершенствованном транспорте только ускорили разрешение этого острого запроса того времени.

§ 5. БЕЗРЕЛЬСОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Повидимому, впервые Ньютону (Isaak Newton — 1680 г.) пришла идея приводить в движение повозки, пользуясь реакцией пара, вытекающего в атмосферу.



Фиг. 11

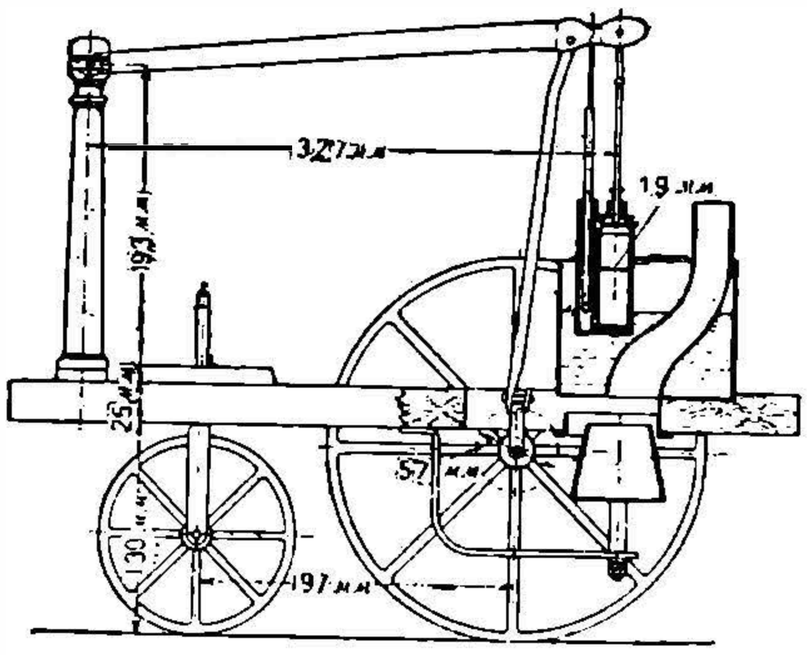
В 1759 г. Робинзон (Robinson), друг Уатта, обратил внимание на возможность применять силу пара для передвижения повозок. Уатт хотя и взял в 1784 г. патент на подобную паровую тележку, но, занятый стационарными установками, ее не осуществил. Впервые удалось построить паровую (трехколесную) повозку, предназначавшуюся для перевозки тяжелых орудий, французскому офицеру Кьюно (Cugnot) в 1769 г. (фиг. 11).

Эта машина могла работать только 15 мин., так как ее приходилось останавливать для подбрасывания топлива, — дверца находилась впереди, машина имела два цилиндра простого действия, пар впускался четырехходовым краном, котел был из красной меди. К тому же

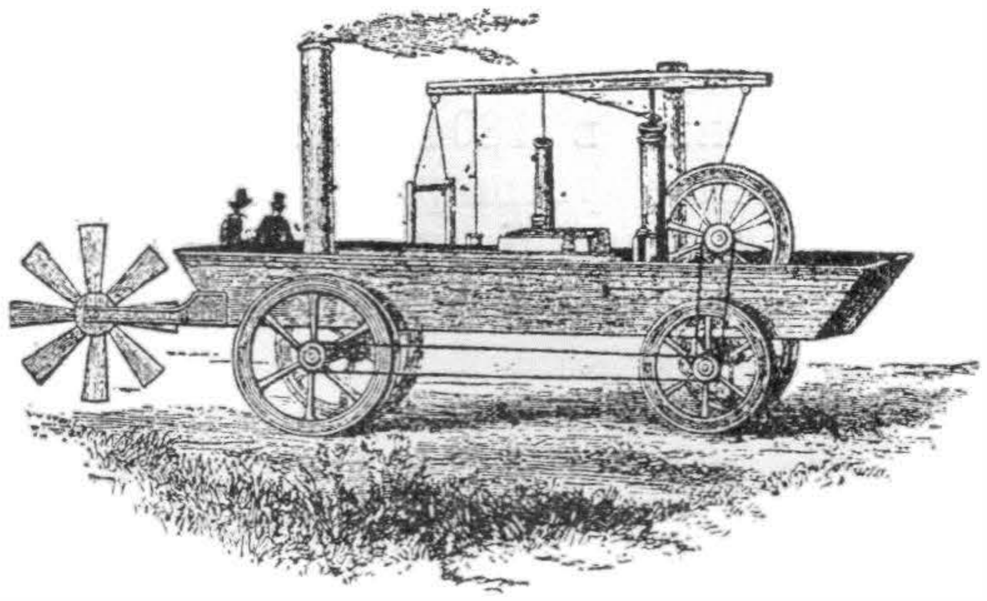
НБ УДУНТ (ДІТ)

при первых опытах на улицах Парижа машинист не сумел ею управлять, и машина ударилась в стену одного из домов, вследствие чего и была признана опасной.

В 1784 г. помощник Уатта Мёрдок (Murdoch) построил небольшую модель паровой повозки, которая, имея колеса большого диаметра, могла двигаться в два раза быстрее пешехода (фиг. 12).



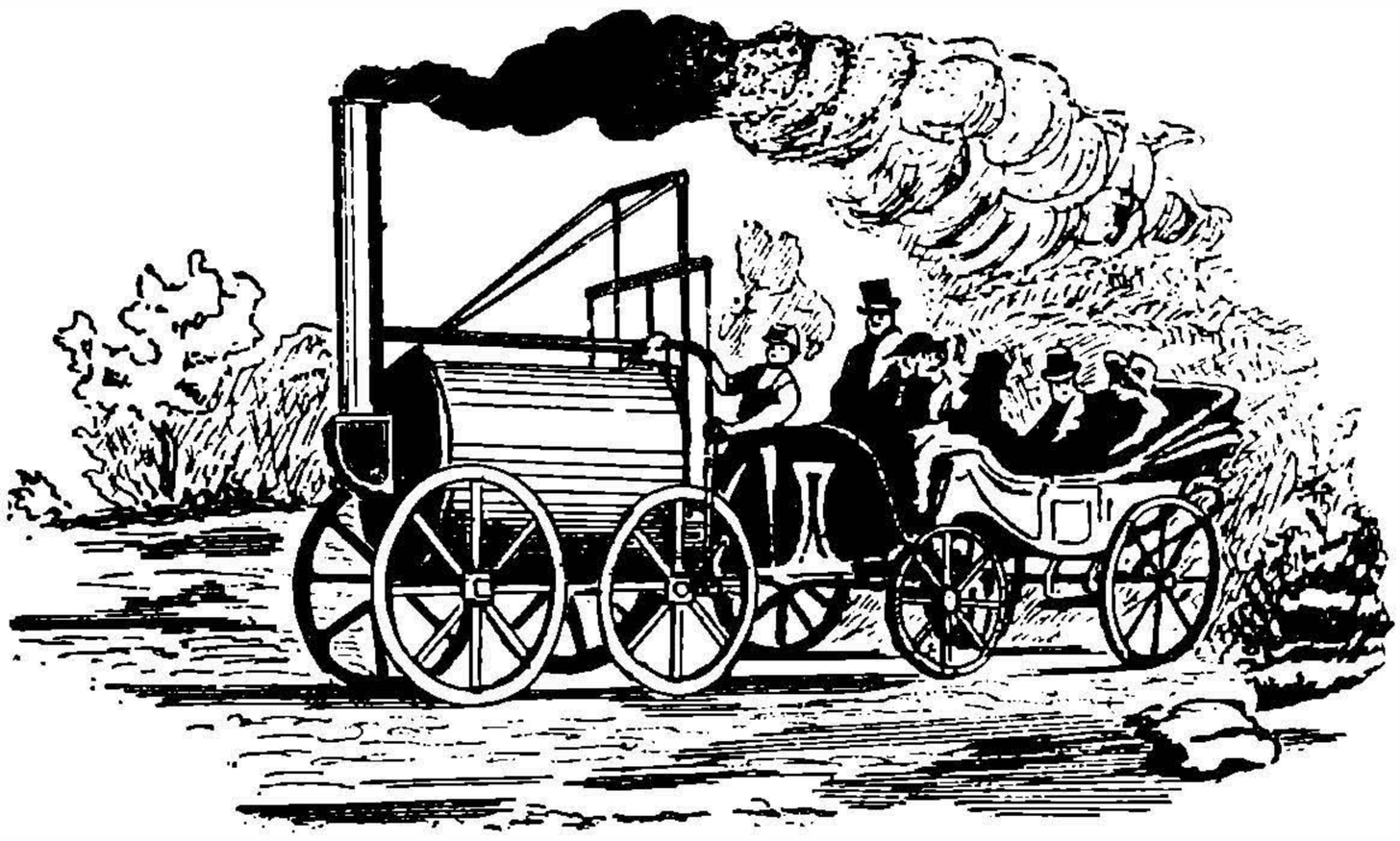
Фиг. 12



Фиг. 13

Были и еще некоторые модели и патенты, но без реальных результатов.

Первые сообщения о действительном движении при помощи паровых машин мы имеем из Америки: в 1784 г. Оливер Эванс (Evans) взял патент на машину высокого давления (10 *ат*), что пред-



Фиг. 14

решало ее применение в качестве ж.-д. тяги, между тем как машины Уатта того времени были низкого давления и потому были тяжелы для транспорта. Машины Эванса имели также незначительный вес, удобный для установки на повозках, почему его предложения разрешили вопрос о транспорте.

Всеми своими патентами Эванс не воспользовался, но в 1804 г. он применил одну из своих машин для перемещения землечерпалки. Это плоскодонное судно он поставил на колеса, поместил пятисиль-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ную паровую машину (фиг. 13) и в присутствии многотысячной толпы проехал по улицам Филадельфии от места изготовления к реке, где и спустил его в воду.

Сам Эванс паровой повозки не построил, но идея возможности ее осуществления окончательно установилась.

Гораздо больше успеха эта идея имела в Англии. Ричард Тревитик (Trevithick), ученик Мёрдока, совместно со своим двоюродным братом Вивианом (Vivian) в 1802 г. взял патент и затем построил в Корнуэлсе паровоз для обыкновенных дорог, обративший на себя всеобщее внимание. Его поэтому привезли в Лондон, где паровоз не только был выставлен для осмотра, но на нем делались поездки, причем паровоз вез экипаж с пассажирами (фиг. 14).

Подобных экипажей было построено несколько, разных систем, но они не могли получить распространения вследствие плохого состояния дорог; фактически однако паровоз уже был создан, и оставалось поставить его на уже готовый путь, что и было сделано Тревитиком же, который второй паровоз построил для рельсового пути.

Таким образом впервые паровые ж. д. были осуществлены в Англии.

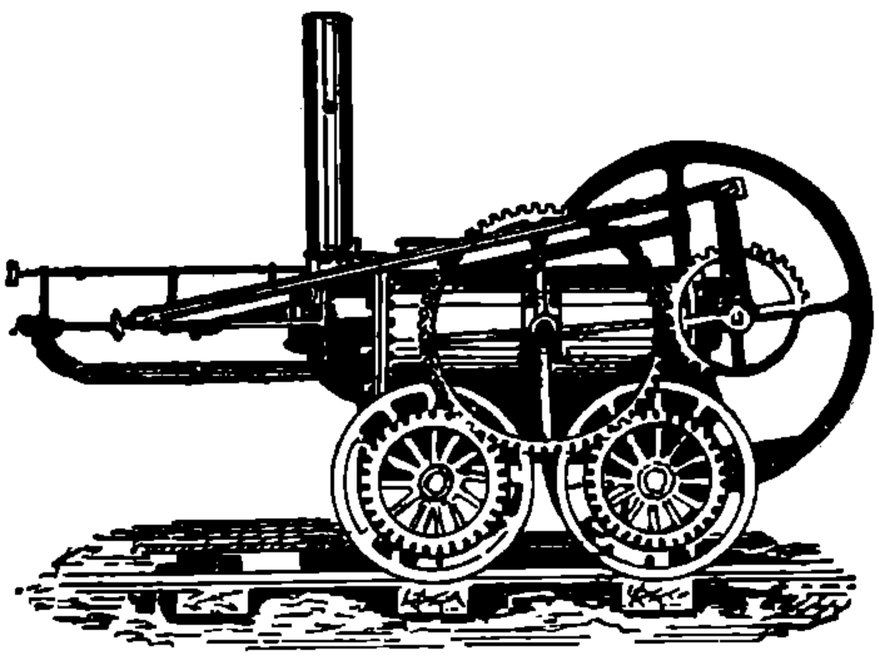
Впоследствии Англия долгое время поставляла паровозы почти на все строящиеся дороги в разных государствах, и если возникали местные паровозостроительные заводы, то первое время они строили свои паровозы, копируя английские образцы, пока не приобретали своеобразных черт в зависимости от местных условий эксплоатации. Поэтому сначала опишем развитие паровоза в Англии, а затем в других странах.

Глава вторая

ПЕРИОД 1800—1830 гг. — ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПАРОВОЗА

§ 6. ПЕРВЫЕ ПАРОВОЗЫ

В начале XIX в. идея соединения железнодорожного рельсового пути и парового двигателя была уже не нова: в 1768 г. Эджворт (Edgworth) подал английскому обществу Society of Arts записку, в которой предлагал строить ж. д., т. е. рельсовые пути, по которым поезда двигались бы силою пара, но он предлагал вдоль пути располагать бесконечный канат, приводимый в движение стационарными паровыми машинами.



Фиг. 15

Хотя Эджворт получил золотую медаль, но его идея осуществлена не была и первый паровоз, впервые поставленный на рельсы (ж. д. Pen-y-darren в Уэлсе), был Тревитика (1803 г.) (фиг. 15). Он имел один цилиндр, а потому был снабжен маховиком, и вращение колес осуществлялось посредством зубчатых передач. Машина Тревитика, справедливо считающаяся «праотцом» современных паровозов, имела уже ряд их существенных элементов: котел высо-

НБ УДУНТ (ДІТ)

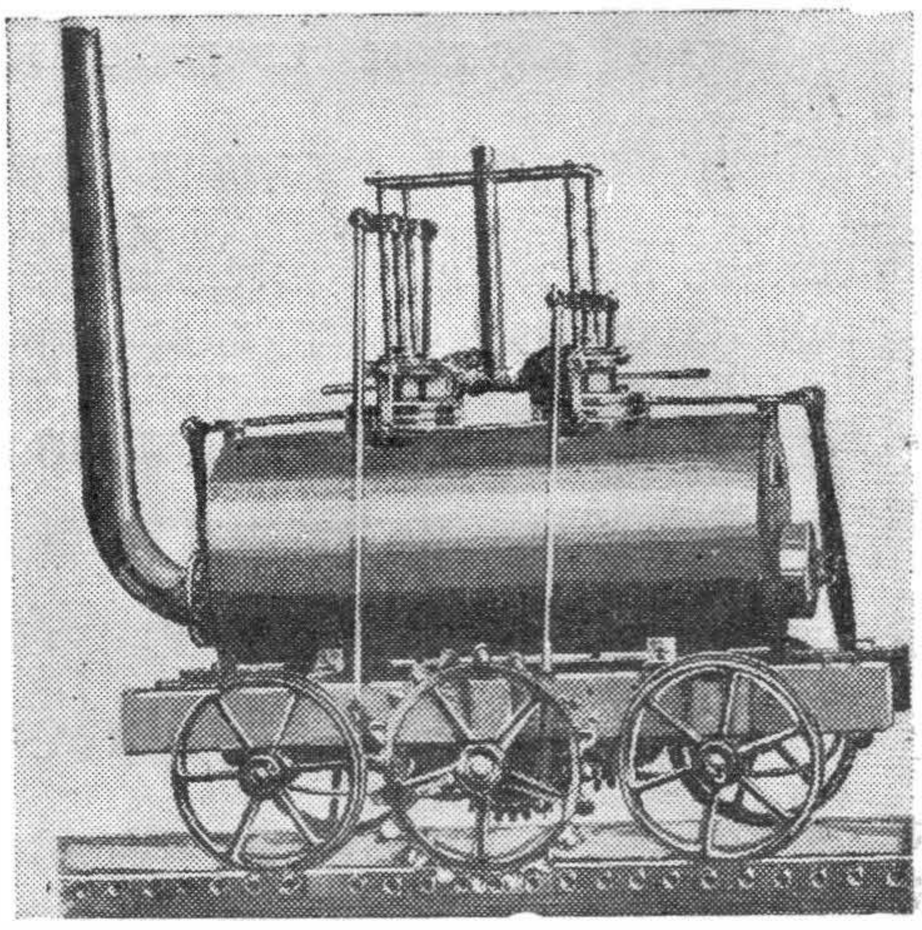
кого давления (3 *ат*), выпуск мятого пара в трубу (искусственная тяга) и гладкие колеса. Его вес был 5 *т*, и мог он вести поезд, нагруженный 10 *т* груза и 70 пассажирами, со скоростью 8 *км/час*. Но он оказался тяжелым для чугунных рельсов того времени, непрерывно их ломал, почему паровоз и был снят с эксплоатации, после чего его использовали для выкачивания воды из рудника. Тем не менее историческое событие совершилось: паровоз был поставлен на рельсы [1].

Портрет Тревитика, «отца паровоза», см. фиг. 16.

В 1811 г. Бленкинсоп (Blenkinsop), владелец угольных копей близ Лидса, взял патент на зубчатый рельс, так как тогда были уверены, что достаточного сцепления при гладких рельсах получить нельзя. Он поручил построить соответствующий зубчатый паровоз («Blenkin-



Фиг. 16



Фиг. 17

sop») своему инженеру Муррею (Murray) в 1812 г. (фиг. 17—18). Этот паровоз возил уголь из Middleton на верфь в Лидсе (5,6 *км*) до 1834 г. и таким образом был первым паровозом, несшим регулярную службу.

Паровоз этот имел одну жаровую трубу; машина его состояла из двух вертикальных цилиндров, вставленных до половины длины в котел; шатуны цилиндров приводили в движение кривошипы, насаженные под прямым углом друг к другу, и передавали при помощи шестерен движение плавному зубчатому колесу. Таким образом мы имеем здесь первую, сохранившуюся до сих пор, сдвоенную машину, изобретение которой принадлежит Муррею. Но мятый пар в ней выпускался не в дымовую трубу, а в трубку между цилиндрами (фиг. 18).

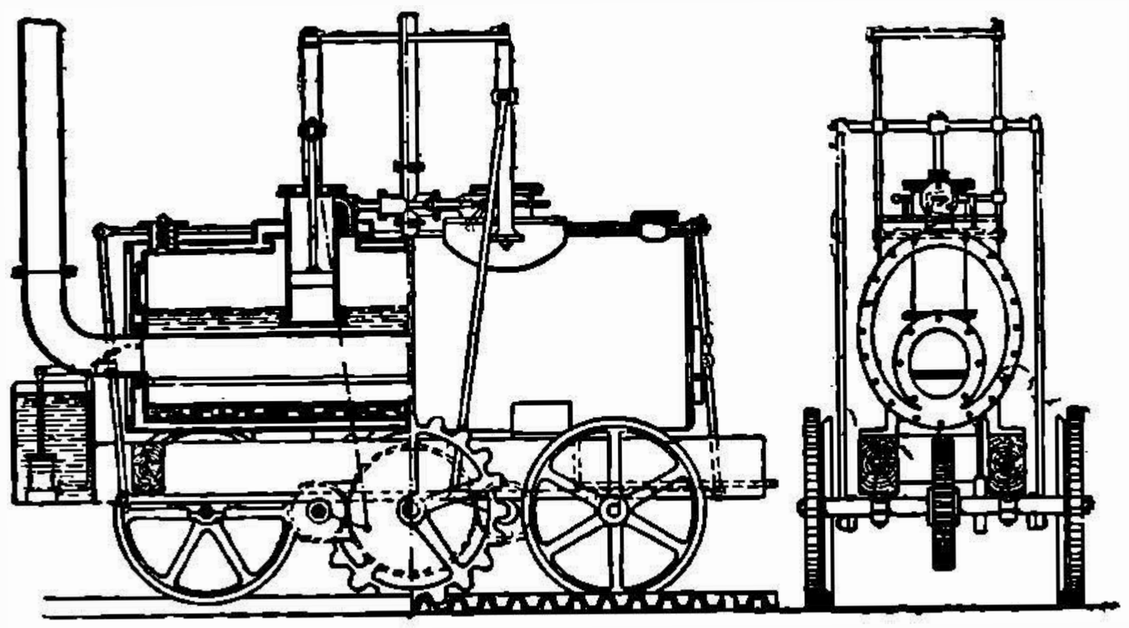
Насколько было твердо убеждение в недостаточности сцепления между гладкими рельсами и колесами, видно из того, что

---

[1] Таким образом первый паровоз был построен не Стефенсоном, как считается, а Тревитиком в 1803 г., и затем было еще построено несколько паровозов другими лицами, прежде чем появился практически пригодный тип паровоза Стефенсона.

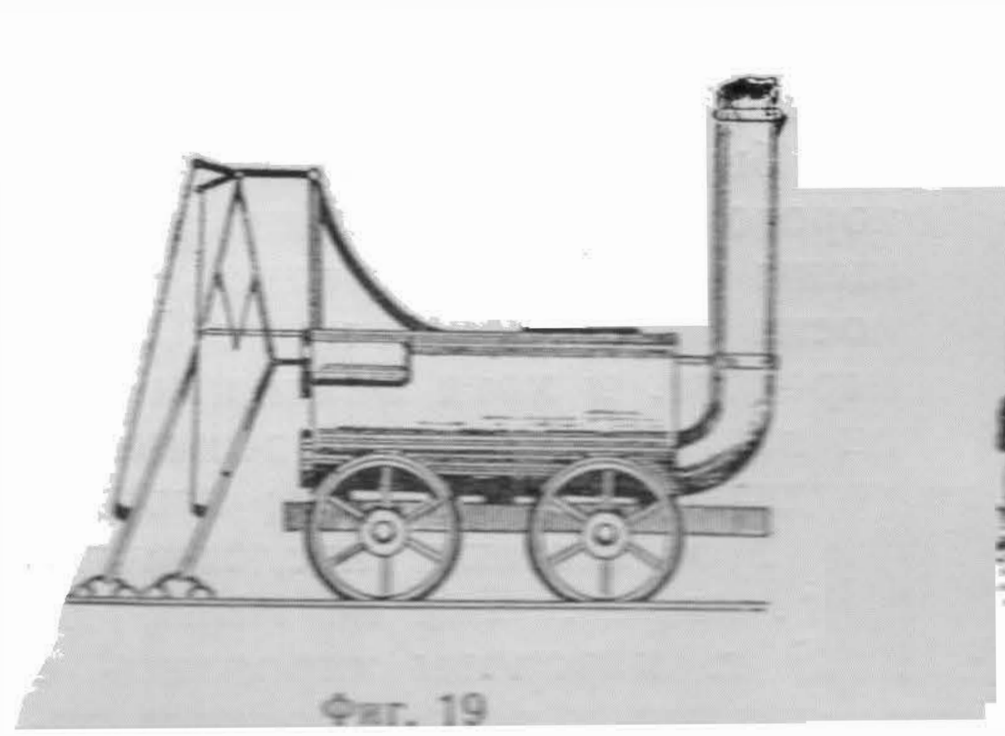
НБ УДУНТ (ДІТ)

в 1813 г. Брунтон (Brunton) даже построил паровоз, приводимый в движение системой рычагов, упиравшихся в землю на подобие ног (фиг. 19). При его испытании произошел взрыв котла, причем машинист и несколько человек были убиты (первый взорвавшийся паровозный котел).

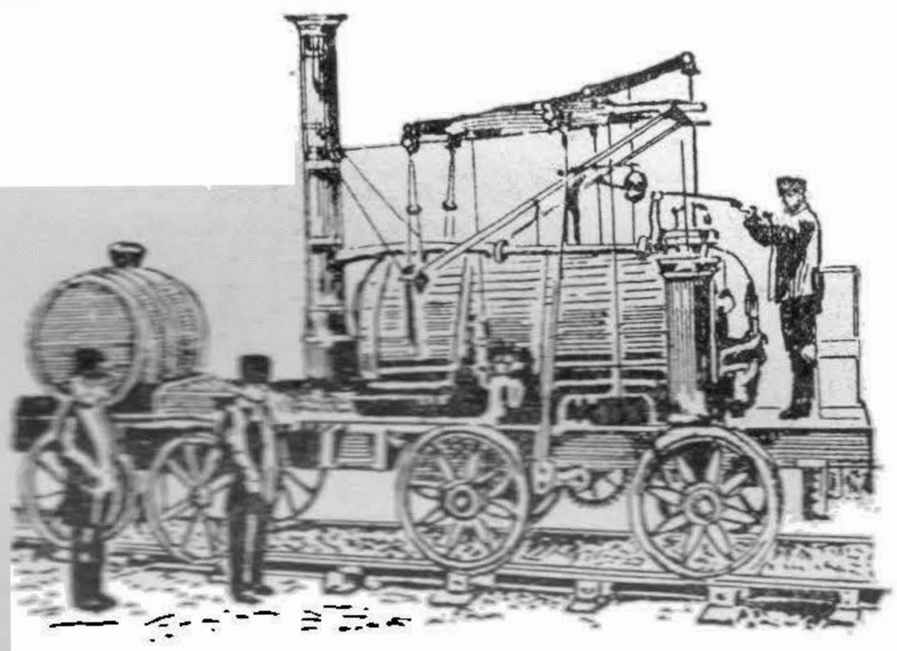


Фиг. 18

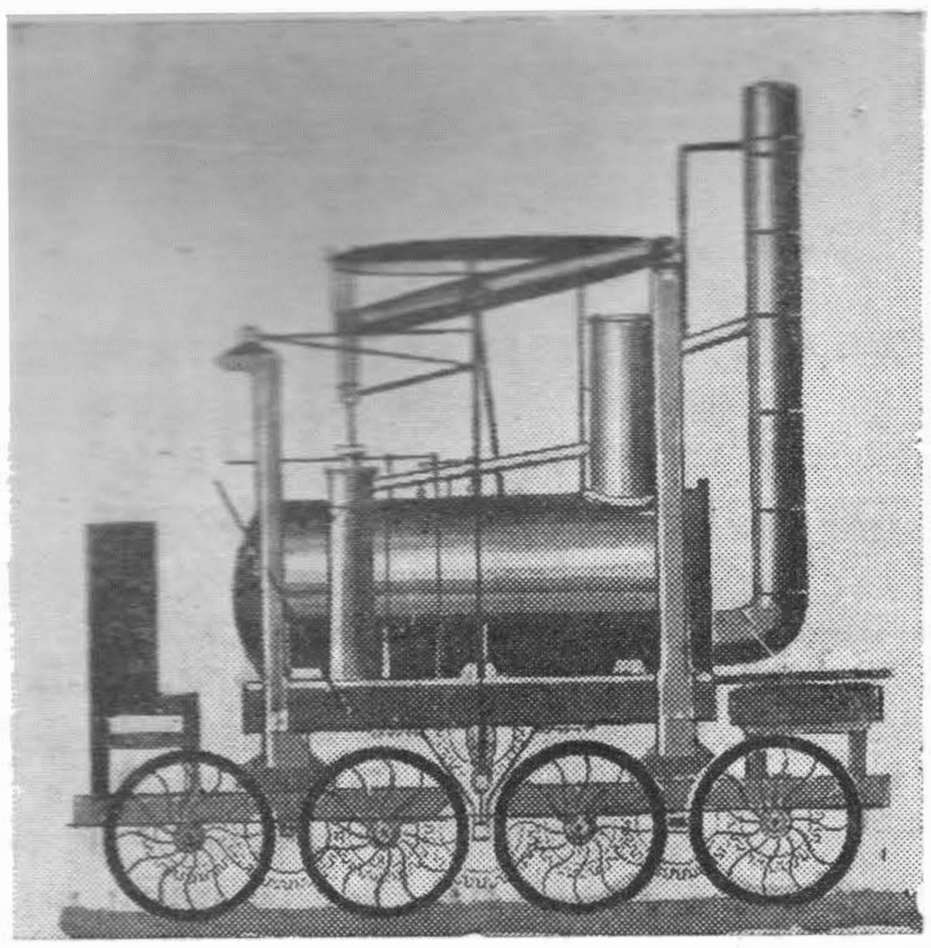
Так как зубчатые рейки и колеса были дороги, часто ломались и производили большой шум, то один из владельцев копей близ Ньюкэстля — Блекет (Blackett) и заведующий его копями Хёдлей (Hedley) в 1812 г. произвели опыты со специальной



Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21

тележкой и доказали, что трение между гладкими рельсами и колесами достаточно для получения значительной силы тяги. С тех пор зубчатые рейки, цепи и пр. были оставлены, и зубчатые железные дороги сохранились до настоящего времени только для горных железных дорог с исключительно большими подъемами.

Построенный в 1813 г. Блекетом и Хёдлеем паровоз — знаменитый «Пыхтящий Билли»[1] — (фиг. 20) оказался уже настолько удовлетворительным, что работал на Вулатской дороге до 1862 г. (50 лет!), после чего был поставлен в Кенсингтонский музей в Лондоне (подробное

[1] Первым паровозам всегда давались имена, как теперь даются пароходам, а назвали его так за сильный шум при выпуске пара. Впоследствии шум ослабили, выпуская пар в глушитель.

УДУНТ (ДИТ)

его описание — Organ, 1907 г., № 2). Во избежание поломки рельсов этот паровоз в 1815 г. был поставлен на четыре оси (фиг. 21), хотя и расположенные в двух рамках, но не поворотные и получающие движение от системы зубчатых колес (т. е. здесь поворотных тележек еще не было). В 1830 г., с заменой чугунных рельсов железными, он снова была сделан двухосным. Таким образом здесь увеличение числа спаренных осей имело целью не увеличение мощности паровоза путем увеличения его сцепного веса, а преследовало цель уменьшения нагрузки на ось (или удельного давления на путь), а потому подобные четырехосные паровозы, вследствие отсутствия необходимости в значительной силе тяги, были вообще преждевременны, сложны и быстро сошли со сцены.



Фиг. 22

Этот паровоз имел два вертикальных стоящих снаружи котла цилиндра, поршневые штоки которых соединялись балансирами и передавали движение промежуточному валу и затем осям колес при помощи зубчатых передач. Отметим, что это был первый паровоз, у которого цилиндры были размещены не в одной средней плоскости сверху котла, но по бокам паровоза, и хотя цилиндры были вертикальные, что весьма затрудняло подвешивание паровоза, это всетаки представляло шаг вперед. Тем не менее до 1826 г. паровозы строились с центральным расположением цилиндров.

Котел имел одну жаровую трубу, делающую оборот в котле таким образом, что колосниковая решетка находилась рядом с дымовой трубой на одной и той же стороне.

В это время на железнодорожную арену выступил знаменитый Георг Стефенсон[1] (фиг. 22).

Благодаря выдающейся энергии он из погонщика лошадей на угольных копях сделался машинистом при ньюкоменовской машине, затем в 1811 г. — инженером Килингворского рудника у Ньюкэстля. Через год, благодаря своим знаниям в области машиностроения, был назначен инспектором рудника. В это время он заинтересовался работой существующих уже тогда паровозов и, ясно видя их недостатки, занялся их усовершенствованием, на что ему давал средства владелец упомянутого рудника лорд Равенсворт (Ravensworth).

Начиная с 1814 г., в течение нескольких лет им был построен ряд паровозов в мастерских West Moor.

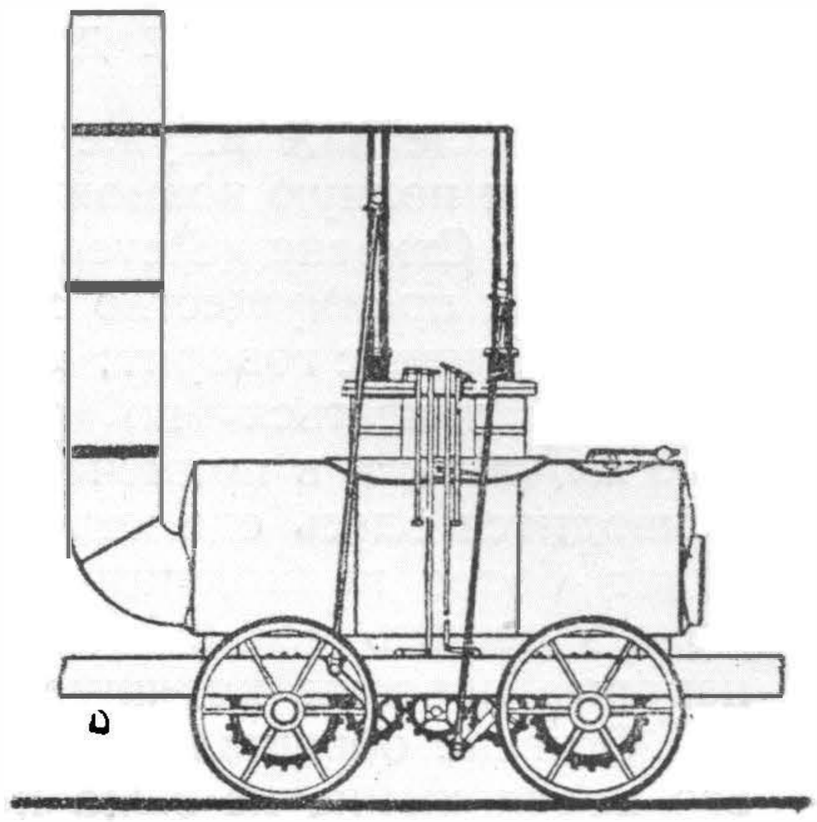
Построенный в 1826 г. паровоз «Killingworth» возил поезда весом 50 *т* со скоростью 10 *км* в час.

[1] Георг Стефенсон (Stephenson) родился 9 июня 1781 г в Виламе Ньюкэстля и умер 12 августа 1848 г. в Tapton-Hause у Честерфильда.

НБ УДУНТ (ДИТ)

25 июня 1814 г. Стефенсон пустил в ход свой первый паровоз, названный им «Блюхером» в честь знаменитого немецкого полководца, победителя при Ватерлоо.

Стефенсон в течение 15 лет при содействии других практиков придал паровозу настолько совершенный вид, что в главных чертах он остался без изменения до сих пор. В этом и заключается главнейшая заслуга Стефенсона.



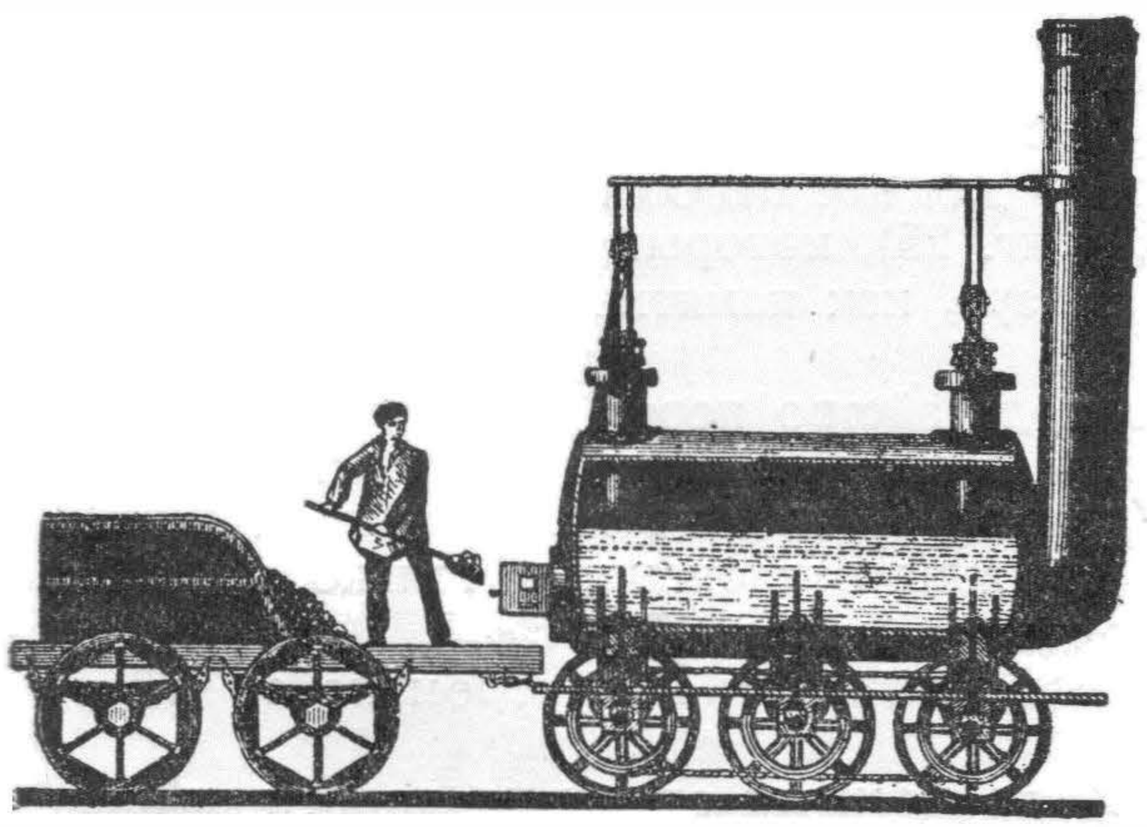
Фиг. 23

Но Стефенсон еще знаменит как наиболее выдающийся строитель ж. д. того времени, проведший ряд очень крупных и замечательных строительных работ (туннелей, мостов и пр.), составивших эру в области ж.-д. строительства и поставивших таковое на твердую почву. Он же построил первый паровозостроительный завод в Европе.

В лице Стефенсона мы имеем удивительное сочетание выдающегося инженера-конструктора и теплотехника, строителя дорог и заводов, администратора и политического деятеля.

Значение Стефенсона в ту эпоху было настолько велико и он пользовался такой славой и авторитетом, что англичане поставили ему памятник в Вестминстерском аббатстве рядом с памятником Ньютону и Уатту.

Первые паровозы Стефенсона еще не имели спарников, спаренные оси соединялись зубчатой передачей или бесконечной цепью, что не давало возможности развивать значительную скорость. Таков паровоз «Блюхер», построенный Стефенсоном в 1814 г. (фиг. 23).



Фиг. 24

В это же время был поднят вопрос о гибком, подвешивании, так как от сильных толчков со стороны плохого пути страдали все части паровоза, пассажиры были не в состоянии выдерживать продолжительную тряску, а также часто ломались чугунные рельсы.

Подвесные рессоры были известны уже давно и употреблялись для лучших карет, но применение их в паровозах при наличии вертикальных цилиндров не оправдывалось, и они стали применяться только тогда, когда цилиндры стали наклонными или горизонтальными. Поэтому в 1816 г. Стефенсон взял патент на паровые рессоры (фиг. 24), состоящие из небольших паровых цилиндров, расположенных над буксами и вделанных в котел. Штоки поршней опираются на буксы, цилиндры же сверху открыты, и на поршни действует котловое давление. Получается упругая связь, но при этом устройстве

УВ УМНТ (ДШТ)

наблюдалась постоянная течь и требовался большой ремонт. На фиг. 24 показана также упомянутая бесконечная цепь.

Всего до 1825 г. Стефенсон построил 16 паровозов с вертикальными цилиндрами.

§ 7. ПЕРВЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ ЧАСТНОГО И ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В начале XIX в. уже многие ясно сознавали не только значение ж. д., но и полную возможность практического их осуществления. Еще в 1812 г. Стивенс (Stevens) издал в Нью-Йорке записку, в которой доказывал преимущество ж. д. над судоходством по каналам. В этой записке Стивенс говорит: «Я не вижу ничего, что помешало бы паровой повозке двигаться по рельсам со скоростью 100 миль в час (150 *км/час*)», и в примечании добавляет: «Эта поразительная скорость приводится здесь единственно как возможная. Вероятно, на практике будет более подходящим не превышать 20—30 миль. Вопрос этот можно решить только опытом, и я не удивился бы, если бы увидел паровые повозки, ходящие со скоростью от 40 до 50 миль в час».

Стивенс обращался к властям и предлагал свои проекты ж. д., но его предложение не было принято.

Такими же борцами за ж.-д. транспорт были Эдворт (Edward) и Грей (Gray). Последний в 1820 г. издал замечательную книгу — результат его исследований: «Заметки об общем железном рельсовом пути», которая в два года выдержала четыре издания, пользуясь большим успехом. Грей доказывал исключительные преимущества ж. д. и указывал на желательность постройки ж. д. Ливерпуль — Манчестер.

До 1820 г. фактически ж. д. не было: существовали небольшие угольные пути, длиной не более 5—6 *км*, обслуживающие местные копи частных владельцев.

В 1819 г. Стефенсон был приглашен на должность главного инженера при постройке Hetton'ской ж. д. (при угольных копях), которая и была открыта 18/XI 1822 г. (длиной 13 *км*) при пяти действующих паровозах. В 1822 г. он построил для нее паровоз, похожий на нижеприведенный тип Locomotion (фиг. 25), который непрерывно работал до 1904 г. (более 80 лет!) и теперь, как памятник Стефенсону, стоит на пьедестале в Ньюкэстле.

В 1818 г. было возбуждено ходатайство перед английским парламентом о разрешении постройки первой междугородной ж. д. между Стоктоном и Дарлингтоном (длиной 61 *км*), но вследствие обширной опозиции[1] ходатайство было дважды отклонено, и только в 1821 г. постройка была разрешена. Закладка была в 1822 г.

В 1823 г. Георг Стефенсон был приглашен инженером по ее постройке.

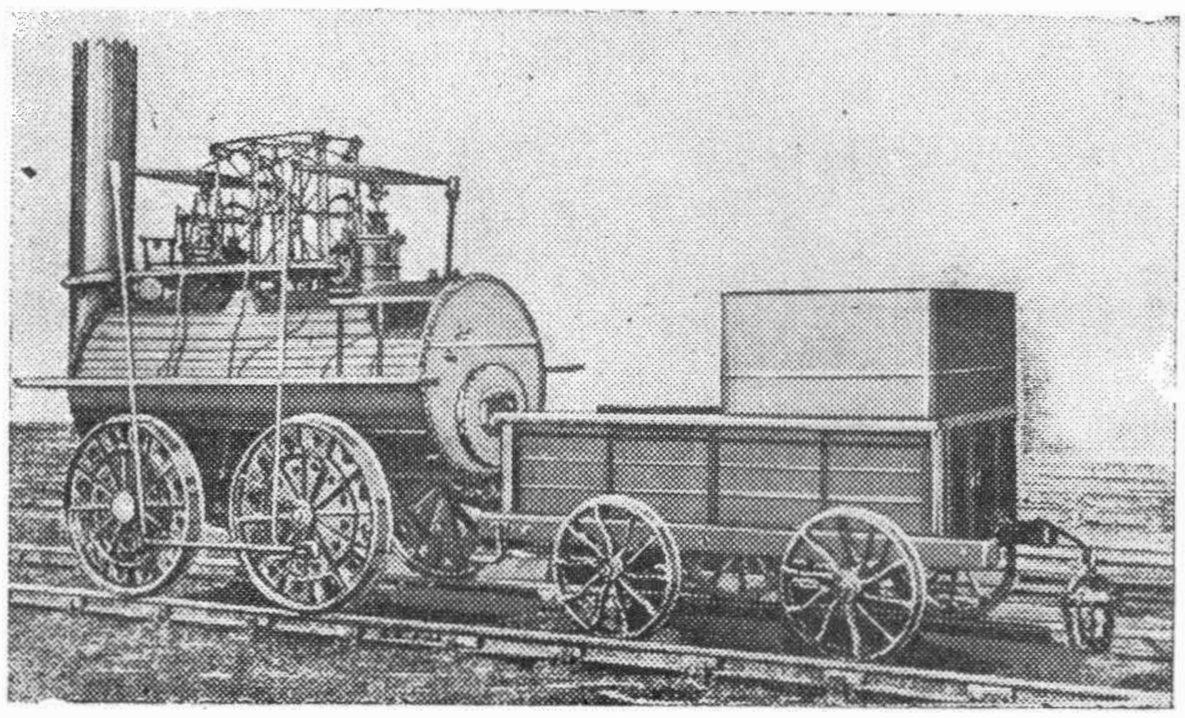
Вопрос о способе тяги почти до момента открытия дороги решен не был. Предполагалась конная тяга, почему Стефенсон принял для ширины пути расстояние между колесами обыкновенных повозок — 4' $8^1/_2$" — «стефенсоновская колея», общепринятая теперь во всем мире, равная 1 435 *мм*.

---

[1] Интересны мотивы, которые высказывались тогда в парламенте и в печати против ж. д. и в частности против паровозов: «Они помешают коровам пастись, курам нести яйца. Деревни по соседству с ними погорят. Отравленный паровозами воздух будет убивать птицу. Разведение фазанов и лисиц станет более невозможным. Лошади потеряют всякую цену. Содержатели придорожных гостиниц будут разорены. Путешествие по железным дорогам будет крайне опасно, так как паровики будут взрываться и пассажиры при этом будут разрываемы на куски».

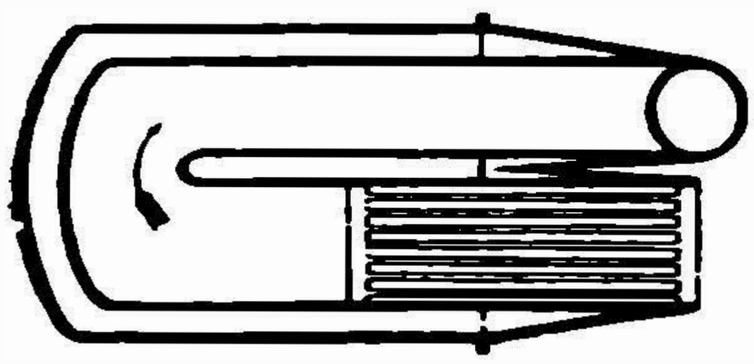
НБ УДУНТ (ДИТ)

Благодаря только влиянию Пииса (Peas) были заказаны для тяжелой работы с угольными поездами три одинаковых паровоза Стефенсону, который в 1824 г. открыл первый в мире паровозостроительный завод в Ньюкэстле[1]. Приспособить эти паровозы специально для пассажирского движения не предполагалось ввиду того, что ж. д. считалась углевозной и проходила по местности, где не ожидалось значительного пассажирского движения.



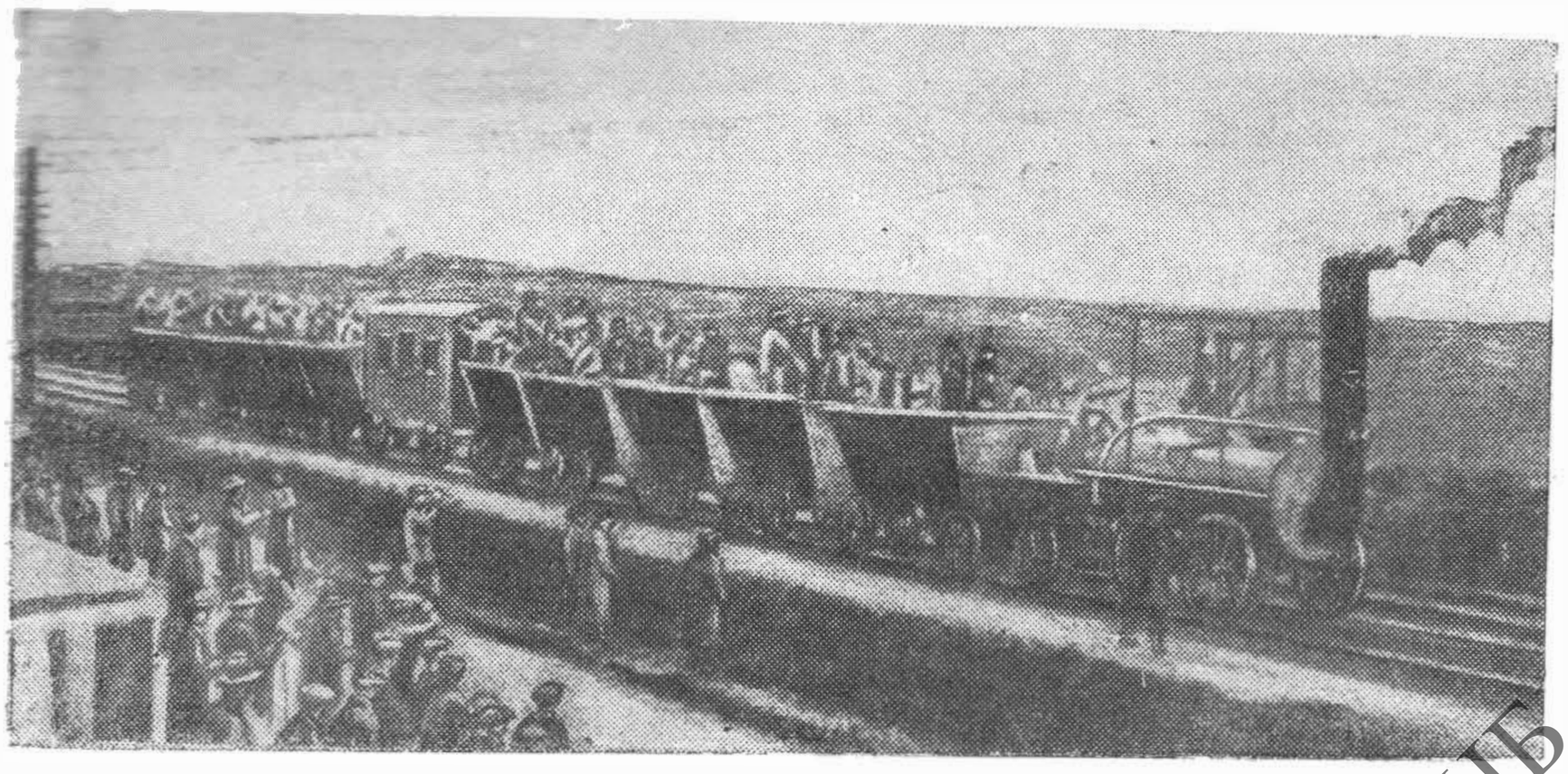
Фиг. 25

Доставленные в 1825 г. паровозы типа Локомошен (Locomotion) (фиг. 25) работали с давлением только 2 *ат*, весили 6 *т* и могли развивать нормальную скорость до 13 *км/час*. Они имели спарники, и по предложению Вуда (Wood), впервые имели подвешивание на листовых рессорах. При вертикальных цилиндрах, во избежание ударов поршней о крышки, пришлось дать очень большие вредные пространства, почему расход пара был очень велик, парообразование же при одной прямой жаровой трубе — крайне незначительно. Паровозы развивали всего 7—8 *л. с.*



Фиг. 26

Таким образом паровые котлы первых паровозов очень походили на современные стационарные котлы с жаровой трубой, прямой или «обратной»; труба, идущая от колосниковой решетки, в конобратно и соединялась с дымовой трубой, ко-



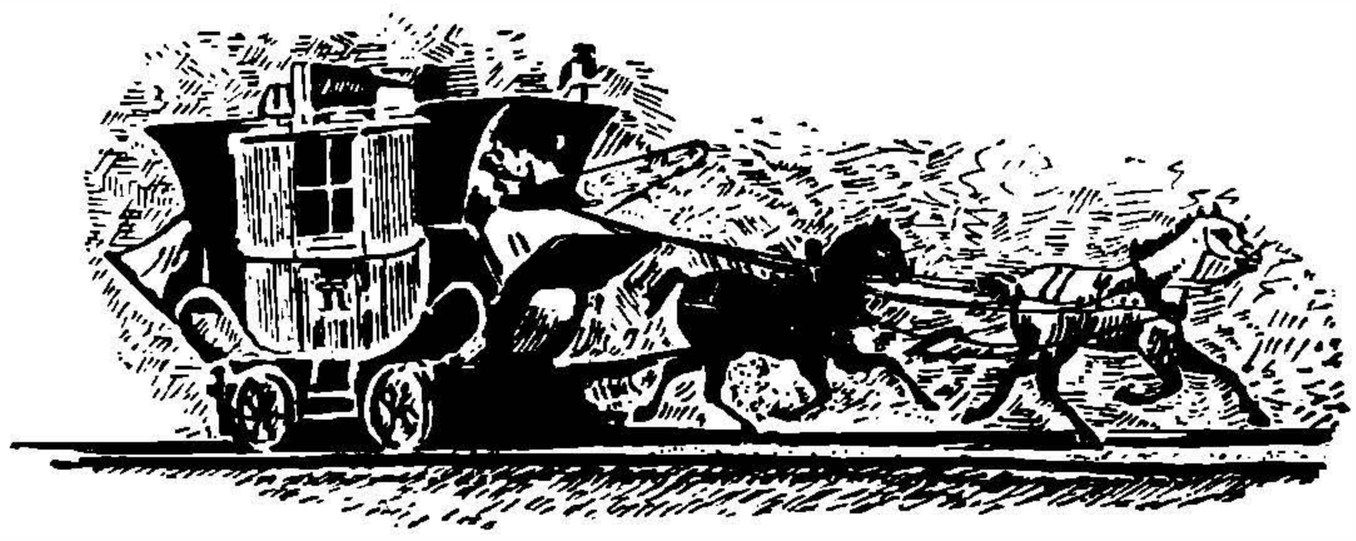
Фиг. 27

1 Его директором потом был знаменитый сын Георга Стефенсона — Роберт Стефенсон.

НБ УДУНТ (ДШТ)

торая таким образом находилась на одной стороне с дверцами топки (фиг. 26).

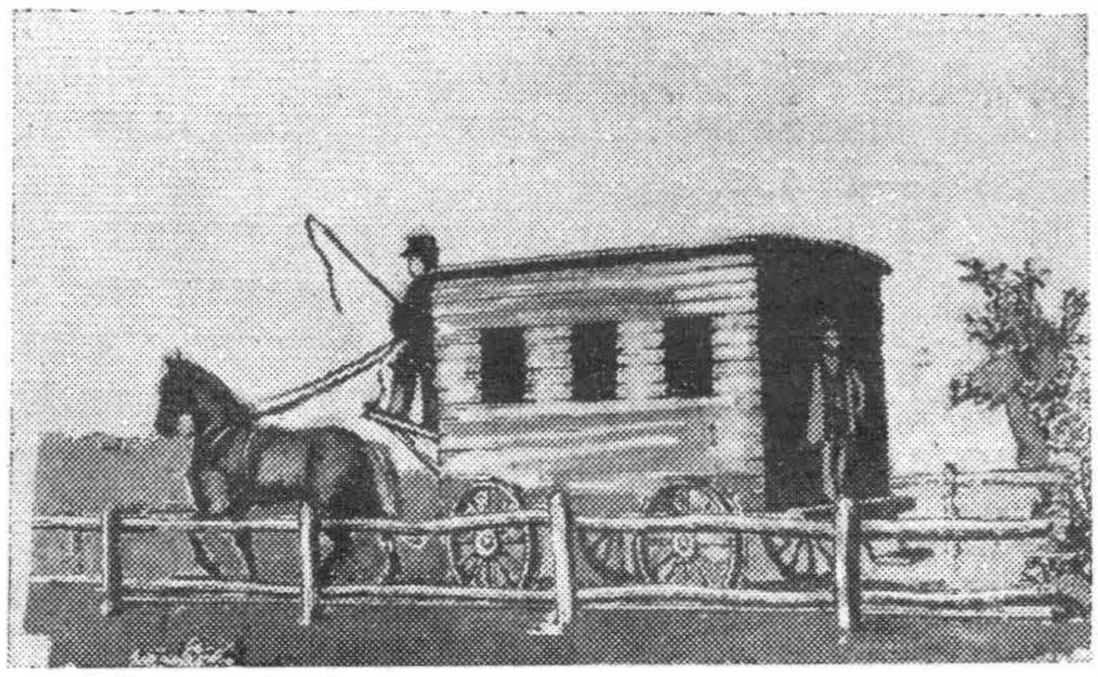
Для перевозки пассажиров и грузов дорога была торжественно открыта 27 сентября 1825 г. Первый поезд состоял из 12 вагонов с углем и мукою, 20 угольных вагонов, наполненных пассажирами в



Фиг. 28

числе 450 чел., и вагона с дирекцией и владельцами. Весил он 90 *т*. и скорость доходила до 24 *км/час* (фиг. 27).

Это была первая дорога в мире, открытая для общего пользования, почему указанная дата считается началом новой эпохи в культурном развитии мира, когда идея рельсового пути с механическим двигателем стала впервые общим достоянием человечества[1]. На этой дороге паровозы возили только тихоходные угольные поезда, пассажиры же перевозились лошадьми (фиг. 28) в специальных рессорных каретах или даже вагонах (фиг. 29), так как требовалась большая скорость, какой не могли дать паровозы, не приспособленные для движения с большой скоростью и имеющие малую паропроизводительность.



Фиг. 29

[1] Паровоз Locomotion № 1, шедший во главе поезда 27 сентября 1825 г., работал до 1841 г., после чего был поставлен на пьедестал ст. Дарлингтон как памятник своему творцу Г. Стефенсону. В день 50-летия в 1875 г. он был снят и на своих парах участвовал в торжественной процессии.

В 1925 г. во всех странах мира праздновался столетний юбилей этого исторического события. В день празднования было организовано прохождение праздничного поезда между Стактоном и Дарлингтоном, причем поезд в точности воспроизводил старинный поезд 1825 г. (фиг. 27). И тот же паровоз Locomotion № 1 снова был во главе поезда, но он уже не шел под парами, а приводился в движение бензиновым мотором, искусно и незаметно для публики помещенном в тендере, но из трубы шел дым, получаемый от сгорания пропитанных маслом концов, которые кочегары подбрасывали в топку. Поезд состоял из десяти угольных вагонов той эпохи, наполненных пассажирами, одетыми в костюмы 1825 г., а самый старый машинист в соответствующем костюме и гриме изображал Г. Стефенсона на паровозе. Посреди поезда был «служебный» вагон, точная копия такого же вагона 1825 г., и в нем ехали «директора» дороги в старинных костюмах. Впереди поезда, как и тогда, скакал вестовой с красным флагом. По пути поезд восторженно приветствовали многие тысячи собравшихся зрителей.

УДУНТ (ДИТ) НБ

Вскоре результаты эксплоатации превзошли все ожидания не только по части угольного, но и пассажирского движения. Дивиденды были настолько велики, что торговые круги Ливерпуля и Манчестера решили построить железную дорогу между этими городами и в качестве инженера-строителя пригласили Г. Стефенсона.

После некоторых трений в парламенте дорога была разрешена в 1826 г.; она представляла исключительные строительные затруднения, которые были преодолены Стефенсоном, но вопрос о тяге и здесь не был решен. Правление дороги было завалено массой проектов, а комиссия из двух известных тогда инженеров (Уокер и Рестрик) высказалась, после осмотра существующих дорог, за канатную дорогу с центральными станциями через каждые 2—$2^1/_2$ *км*.

Прежде чем окончательно решить вопрос, по настоянию Стефенсона был объявлен на 6 октября 1829 г. конкурс на паровоз, который при давлении не более 50 фунт. на кв. дюйм (3,6 *ат*) и весом 6 *т* мог бы регулярно возить поезда весом, включая и тендер, 20 *т* со скоростью не менее 10 миль в час (16 *км/час),* стоимостью не дороже 550 фунтов стерлингов. Премия была назначена 500 фунтов стерлингов за лучший паровоз.

И условия и срок казались совершенно невыполнимыми, но тем не менее к назначенному сроку были доставлены четыре паровоза, и 8—14 октября 1829 г. состоялось знаменитое их состязание, решившее судьбу паровозной тяги и ж. д. вообще, около Ренхиля вблизи Ливерпуля, на горизонтальном участке дороги длиной в 2,8 *км*.

§ 8. СОСТОЯНИЕ ПАРОВОЗОСТРОЕНИЯ В 1830 г. И СОСТЯЗАНИЕ В РЕНХИЛЛЕ

Предварительно укажем, что десятилетие 1825—1835 гг. отличалось исключительной продуктивностью, так как в это время начали строить железные дороги сразу в нескольких государствах Европы и в Америке, паровозостроительные заводы были завалены работой, и потому их открылось несколько.

1. Г. Стефенсон в компании с инж. Тейлором (Taylaur) открыл в 1832 г. второй завод Vulcan Foundry.

2. Выдающийся инж. Эдуард Бури (E. Bury), которому паровозы обязаны многими усовершенствованиями, открыл прославившийся своими паровозами завод Bury, Curtis and Kenendy в Ливерпуле.

3. Георг Фёрстер (Georg Forrester) основал в 1834 г. в Ливерпуле завод «Vauxhall Foundry».

4. Известный завод в Манчестере Scharp, Robert & C⁰.

5. Hawthorn & C⁰ и много других.

Кроме того, паровозы строили и ряд крупнейших ж.-д. мастерских, например известные мастерские Грю (Grewe) Лондон — Сев.-Зап. ж. д.[1] в Swidon и др.

Целый ряд выдающихся инженеров, прославивших свои имена (Гуч, Аллан, Брюнель, Гакворт и др.), вносили ценные вклады; паровоз создавался коллективно, и каждый выпускаемый паровоз обыкновенно имел ряд усовершенствований и представлял шаг вперед.

В то же время шло и его теоретическое и опытное изучение, и в 1835 г. появилась первая книга по теории паровозов графа Памбура (Pambour): «Traitè theorique et pratique des maschines locomoti-

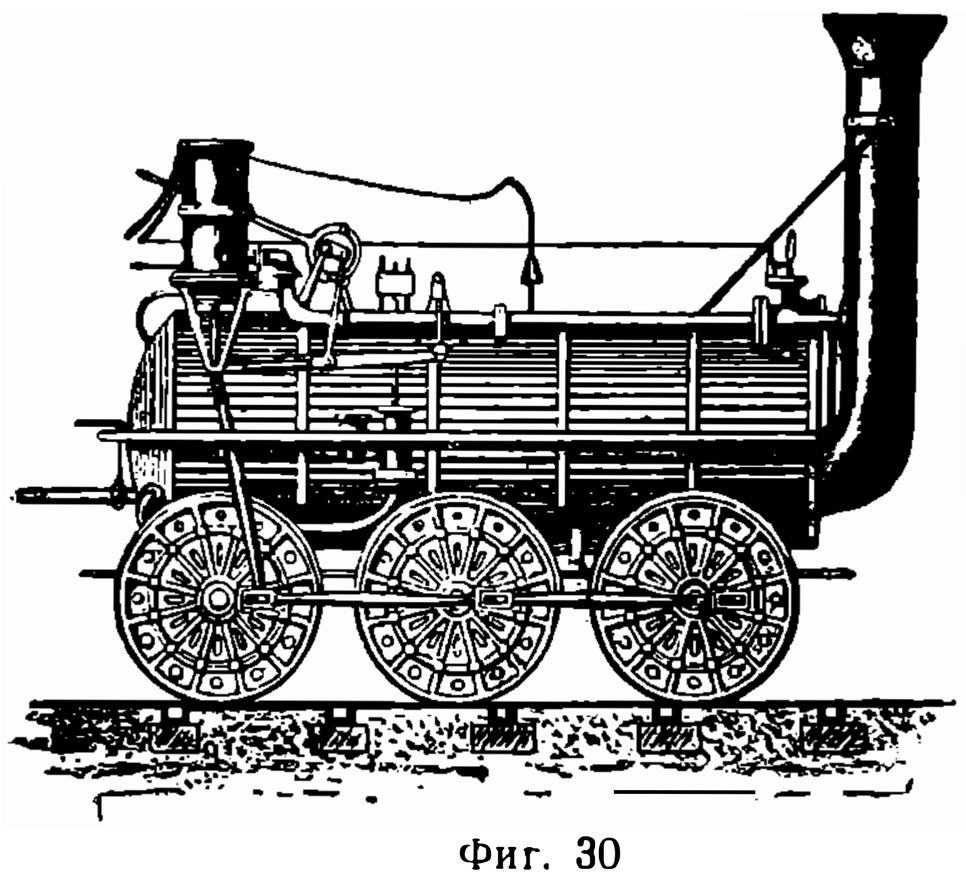
[1] В 40-х годах начальником этих мастерских был назначен знаменитый Аллан, сделавший много усовершенствований в паровозах.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ves», основанная на его опытах над паровозами на Ливерпуль-Манчестерской ж. д.

Время от открытия Стоктон-Дарлингтонской ж. д. (1825 г.) до Ренхиллского состязания отмечено было уже рядом крупнейших достижений в сбласти паровозостроения.

1. Гакворт (Hackworth), главный инженер подвижного состава Стоктон-Дарлингтонской ж. д бывший директор завода Стефенсона в Ньюкэстле, получив от фирмы Wilson & C⁰ в Ньюкэстле неудачный двухосный паровоз, переделал его на трехосный (1827 г.), причем: а) движение от цилиндров передал о д н о й оси (фиг. 30), введя с п а р н и к и; б) впервые правильно поставил к о н у с[1]; в) поставил рессоры на двух передних осях (задняя, во избежание сильной качки от вертикального цилиндра, рессор не имела; г) поставил насос, приводимый в движение эксцентриком; д) поставил предохранительные клапаны, нагруженные пружинами; е) снабдил паровоз рычагом перемены хода.



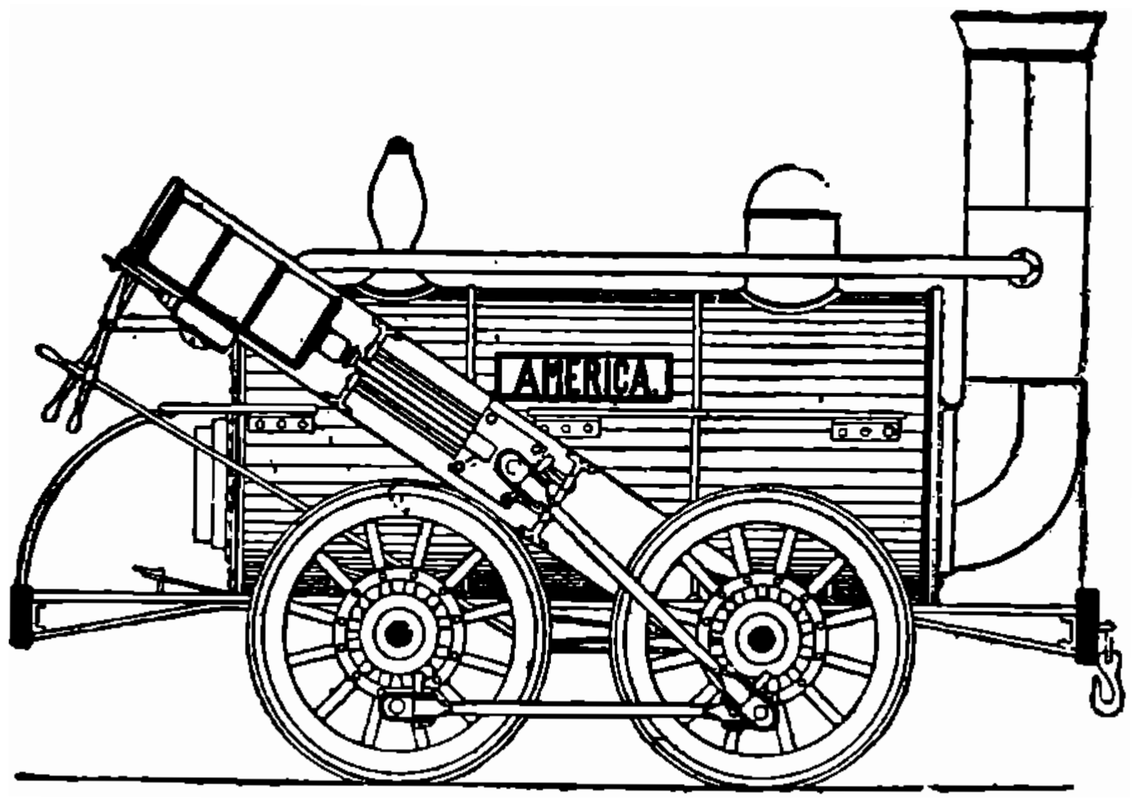
Фиг. 30

Все эти приспособления вводились впервые, откуда видны выдающиеся способности Гакворта как конструктора.

Паровоз получил название «Royal George» («Король Георг»).

2. В 1828 г. завод Стефенсона построил паровоз «America» («Америка») (фиг. 31), который был отправлен в Америку. Он имел два выдающихся нововведения:

а) цилиндры поставлены наклонно (под углом 33°), что уже позволило подвесить все оси и уменьшить вредное пространство в цилиндрах, сделав паровоз более экономичным; в виде опыта Стефенсоном еще в 1826 г. был построен п е р в ы й паровоз типа 0—3—0,



Фиг. 31

[1] Как иногда нужно много лет, чтобы возникла простая, повидимому, идея доказывают такие примеры.

Пар в первых паровозах выпускался в дымовую трубу, но пароотводная труба, входила в нее перпендикулярно к стенкам — получались вихревые движения. На то чтобы загнуть пароотводную трубу по оси дымовой, потребовались десятилетия.

Конус, повидимому, впервые был применен Горнеем (Gurney) в 1826 г. для дорожного локомотива. Даже Стефенсон применил еще в 1829 г. для своего конкурсного паровоза «Ракета» несимметричный выход пара из дымовой трубы.

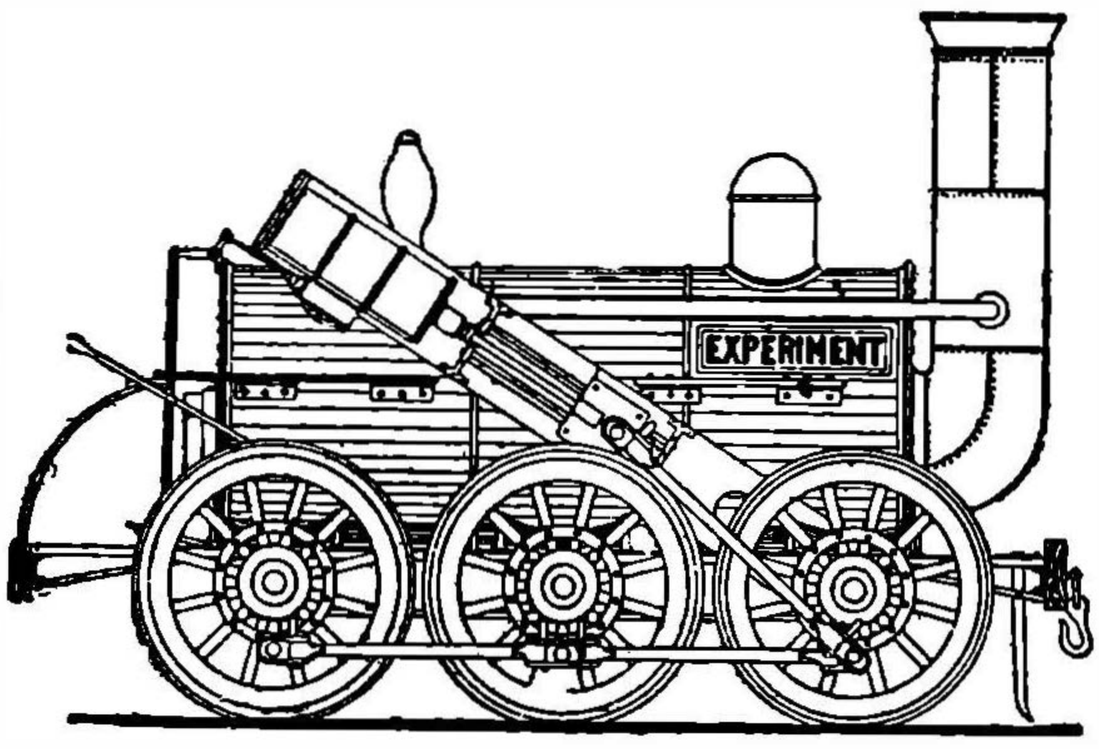
Во Франции конус независимо изобрел Пеллетан (Pelletan).

НТБ УДУНТ (ДИТ)

названный «Experiment» («Опыт»), (фиг. 32), с наклонными цилиндрами, но регулярной постройки подобных паровозов еще не было, и она началась только спустя несколько лет;

б) колеса были снабжены железными бандажами, которые впервые предложил Вуд в 1827 г.

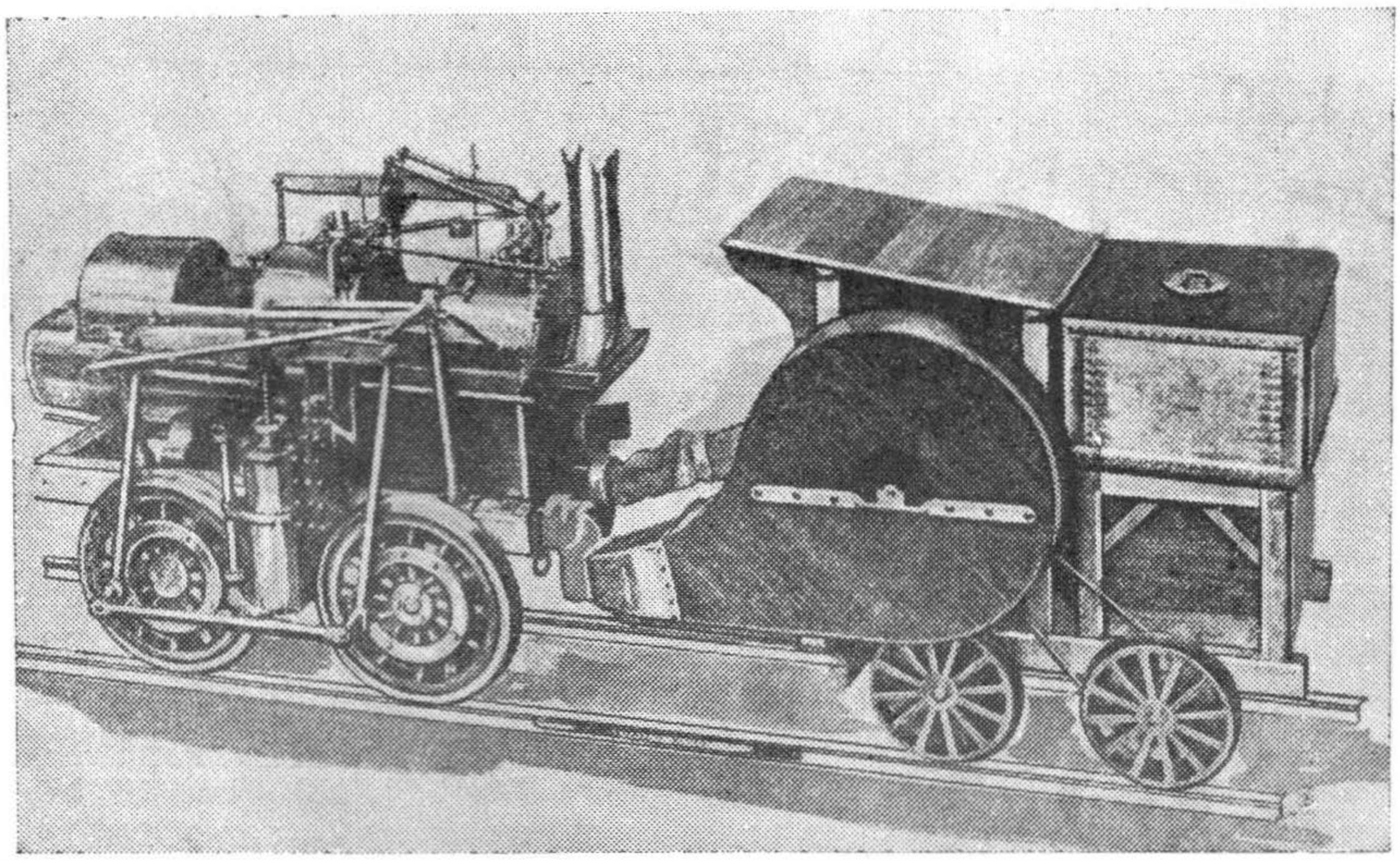
3. Исключительное значение имело изобретение трубчатого котла, решившего вопрос об интенсивном парообразовании, которое при жаровых трубах было недостаточно.



Фиг. 32

Трубчатый котел был в разное время изобретен и патентован разными лицами: в 1791 г. в С. Америке Ридом (Ried), в 1826 г. в Англии Невиллем (Nevill) и в 1828 г. во Франции Сегеном (Segnin).

Об осуществлении первыми двумя своих патентов на практике ничего неизвестно, но Сеген, переделывая неудачный паровоз, полученный на ж. д. Лион—Сан-Этьен от Стефенсона (паровоз которого не имел даже выпуска мятого пара в дымовую трубу), снабдил паровоз трубчатым котлом и для усиления силы тяги воздуха поставил на тендере воздуходувный аппарат (фиг. 33), который приводился в движение от оси тендера и вдувал



Фиг. 33

воздух под колосники. Но это громоздкое сооружение вскоре Сегеном было заменено конусом, который изобрел во Франции Пелетан.

Таким образом в это время в паровозостроении Сегеном был введен трубчатый котел с конусом, каковой господствует и до сих

ДИИТ
БИБЛИОТЕКА
УДУТ (ДИИТ)

На конкурс в Ренхилле были представлены четыре паровоза:

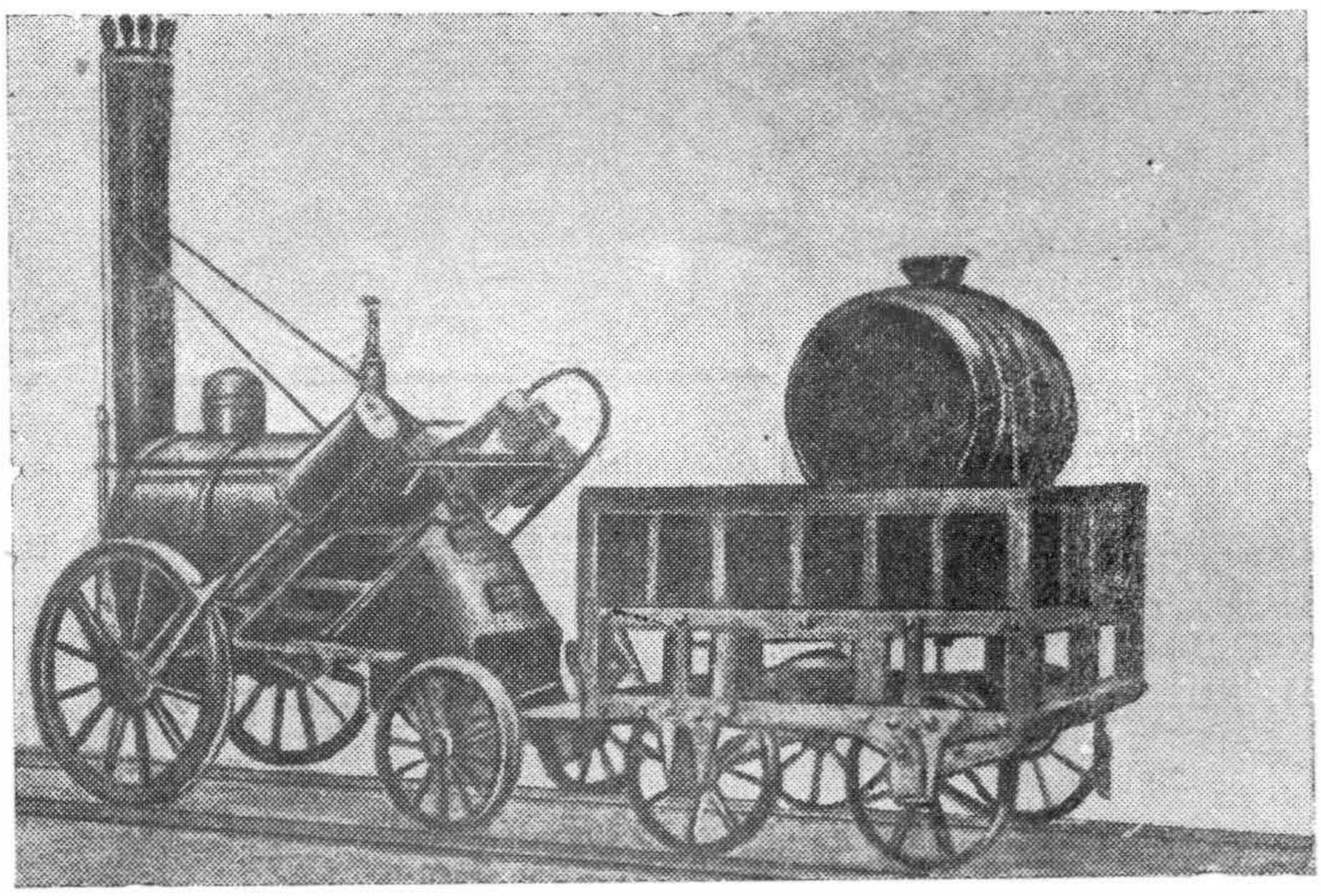
«Rocket» (Ракета) постройки Георга и Роберта Стефенсонов из Ньюкэстля на Тайне;

«Sanspareil» (Бесподобный) постройки Гакворта из Дарлингтона;

«Novelty» (Новинка) — постройки Брайтвейта (Braithwaite) и Эриксона (Ericsson) из Лондона;

«Perseverance» (Настойчивость) Бурстеля (Burstal) из Эдинбурга.

Паровоз «Perseverance» не удовлетворял многим условиям конкурса и прибыл на место в таком расстроенном состоянии, что вовсе не был допущен к состязанию.



Фиг. 34

«Sanspareil» не соответствовал условиям по весу, не имел рессор, предписанных конкурсом, вследствие вертикальных цилиндров и тратил слишком много топлива (его котел — фиг. 26).

«Novelty» удовлетворял всем требованиям и достиг скорости 45 *км/час*, но вследствие аварии (повреждение машины и разрыв питательной трубы) вышел из конкурса.

Таким образом победителем остался стефенсоновский паровоз «Ракета», который удовлетворял всем условиям конкурса: вез поезд весом в 13 *т* со средней скоростью в 22 *км/час* и без поезда развил скорость 56 *км/час*, что казалось невероятным, и таким образом были превзойдены самые смелые ожидания. Тем самым был не только решен вопрос о способе тяги на данной дороге, но окончательно была решена судьба паровоза и ж. д., почему дата — октябрь 1829 г. — одна из исторических дат в развитии ж. д. После этого ж. д. стал быстро покрываться земной шар.

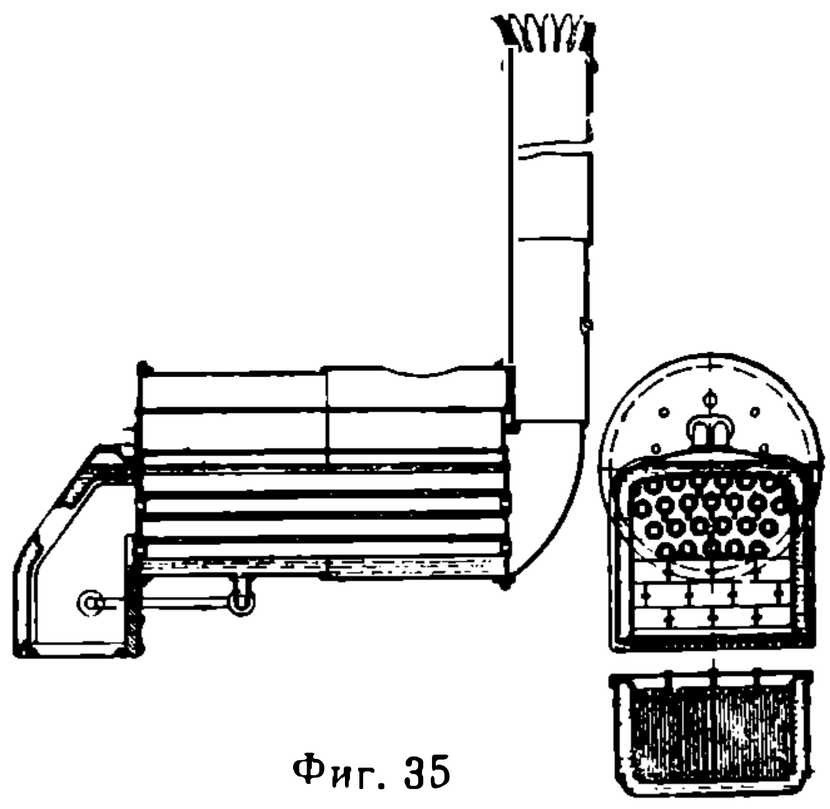
Паровоз «Ракета» представлен на фиг. 34; как видим, он очень походил на паровоз «Америка» (фиг. 31), но был снабжен трубчатым котлом, от которого почти исключительно и зависел его успех.

Повидимому, Стефенсон не знал об изобретении во Франции трубчатого котла Сегеном, так как идею его устройства ему внушил секретарь Ливерпуль-Манчестерской ж. д. Бутс (Henry Booth), почему

НВ УДУНТ (ДІІТ)

премия была присуждена Стефенсону вместе с Бутсом; Бутс не был техником.

Котел «Ракеты», имеющий историческое значение, показан на фиг. 35. Число медных дымогарных труб — 25, диаметром 78 *мм* и длиной 1,8 *м*. Пространство для воды цилиндрической части котла и кругом топки соединялось двумя боковыми трубами. Поверхность нагрева была 13 *м*², вес паровоза 4,5 *т* и мощность 13 *л. с.*



Фиг. 35

Этот паровоз сохраняется как реликвия в Кенсингтонском музее.

Дымогарные трубы в первых трубчатых котлах делались медными или латунными. Железные трубы впервые были введены Р. Стефенсоном в 1841 г.

К 1830 г. Стефенсон построил для Ливерпуль-Манчестерской ж. д. восемь паровозов, и она торжественно была открыта для общего пользования 15 сентября 1830 г.

Глава третья

ПЕРИОД 1830—1850 гг. — ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПАРОВОЗА

§ 9. ОТДЕЛЕНИЕ ПАССАЖИРСКОГО ДВИЖЕНИЯ ОТ ТОВАРНОГО

В 1830 г. Роберт Стефенсон, которому Георг Стефенсон передал управление первым своим заводом, построил паровоз типа 1 — 1 — 0 «Planet» (Планета) (фиг. 36) [1], имевший почти все черты современных паровозов: он имел горизонтальные внутренние цилиндры, коленчатую ось, трубчатый котел с 120 дымогарными трубками.

Его главные размеры: диаметр цилиндров — 279 *мм*, диаметр движущих колес — 1524 *мм*, давление пара — 3,5 *ат*, площадь колосниковой решетки — 0,6 *м*², поверхность нагрева 29,0 *м*², полный вес в рабочем состоянии 9 *т*. Сила тяги 470 *кг*. Скорость доходила до 50 *км/час*.

Паровоз «Planet» стал «нормальным типом» того времени, и им заканчивается первый период формирования паровозов.

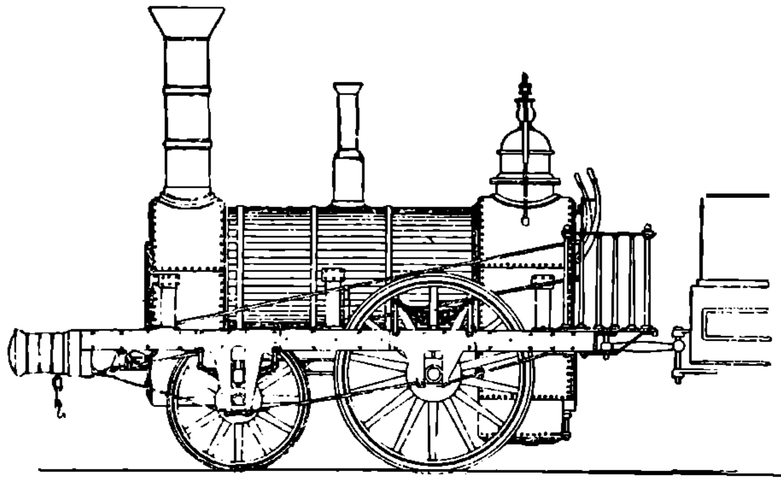
Размеры пассажирского движения оказались, несмотря на предупреждение, неожиданно большими, и правление Ливерпуль-Манчестерской ж. д. решило его отделить от товарного, почему заводу Стефенсона были заказаны два специальных товарных паровоза типа 0—2—0, которые были построены в 1831 г. по типу «Samson» (фиг. 37), с внутренними цилиндрами под дымовой коробкой. Вес паровоза был 10 *т*, и он мог вести товарный поезд весом 164 *т* (с паровозом) со средней скоростью 20 *км/час*.

---

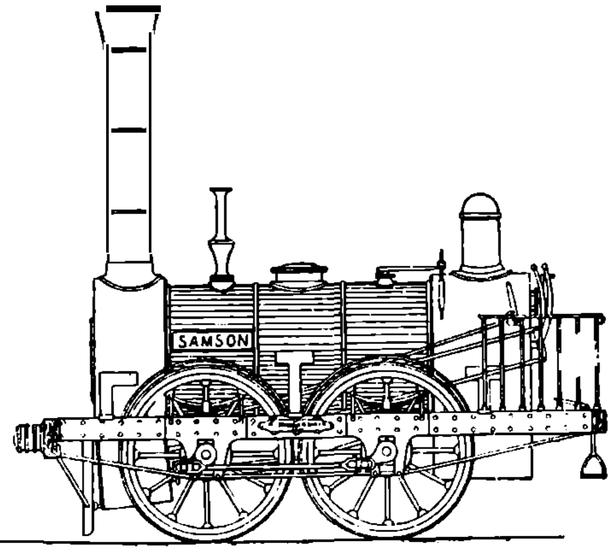
[1] Фиг. 36 представляет один из паровозов, построенный по типу „Planet".

Между прочим, на паровозе 0—2—0 („Globe"), построенном Робертом Стефенсоном в 1830 г. по проекту Гакворта, впервые был поставлен паровой колпак (сухопарник).

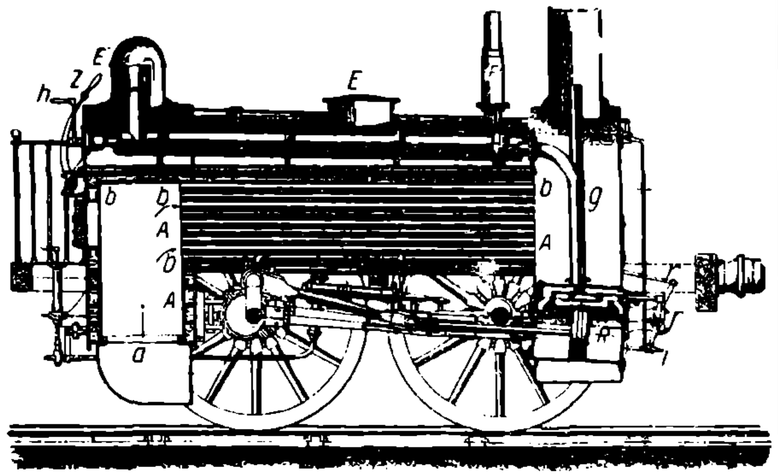
УДУНТ (ДИТ) НБ



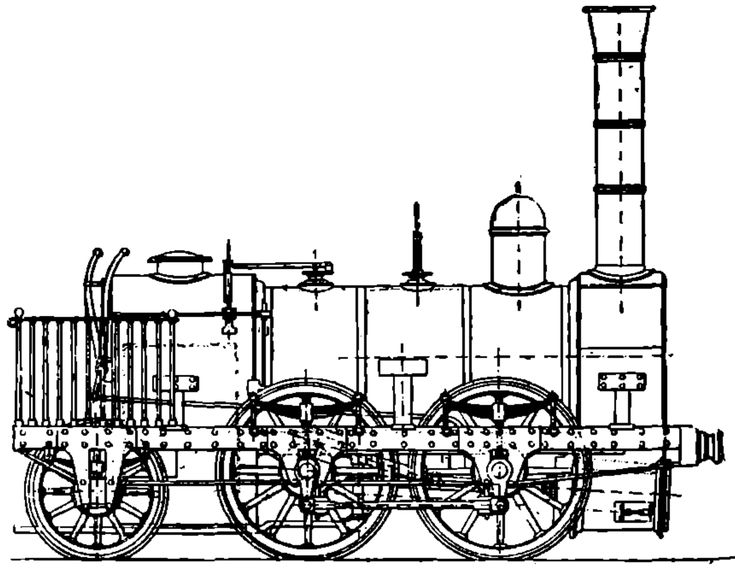
Фиг. 36



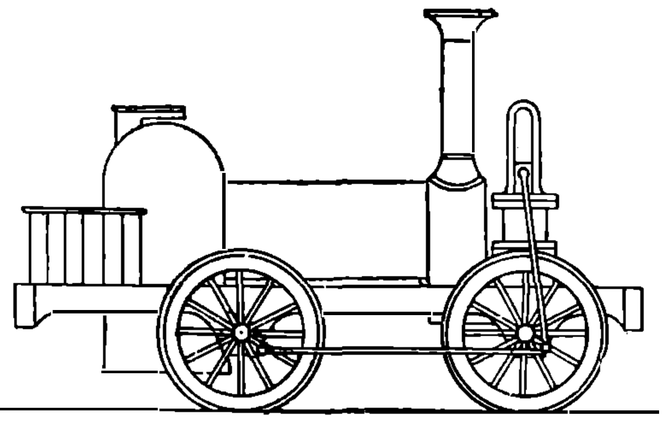
Фиг. 37



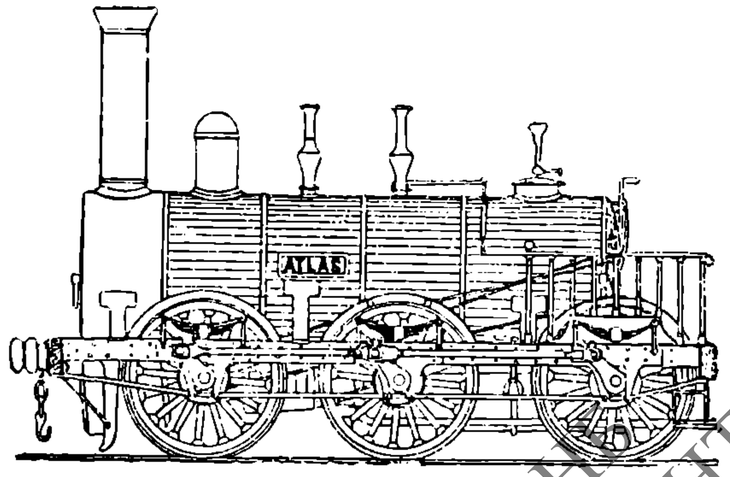
Фиг. 38



Фиг. 39



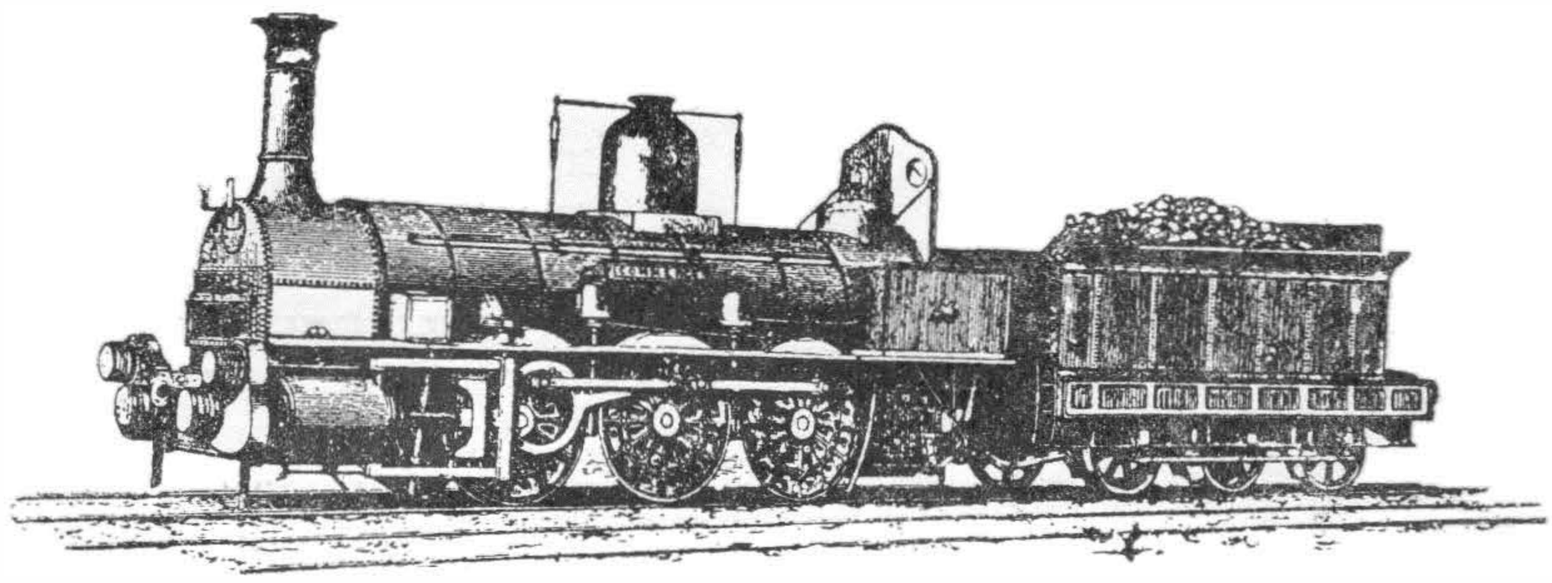
Фиг. 40



Фиг. 41

НТБ УДУНТ (ДПТ)

На фиг. 38 показан продольный разрез паровоза 0—2—0 постройки 1831 г., из которого видны все детали устройства: конуса еще нет, нет клапанов поддувала, золотники «раздельные» (см.фиг. 287), отсечка постоянная от эксцентриков через рычаги на валу *г* впереди цилиндров.



Фиг. 42

Но от этого типа скоро пришлось отказаться, так как «Samson», имея длинную раму и короткую базу, испытывал значительные колебания и вредно действовал на путь. Поэтому поставили сзади за топкой поддерживающую ось, перейдя в 1833 г. к типу 0--2—1 (фиг. 39). На практике получены были настолько благоприятные результаты, что было решено более двухосных товарных паровозов не строить и перейти к трехосным типам, тем более что этого требовали уже размеры увеличившегося товарного (вернее «угольного») движения.

Таким образом, уже в это время пришлось столкнуться с колебательными движениями паровоза и динамическим воздействием на путь. Это ярко сказалось и на паровозе 0—2—0 (фиг. 40), построенном заводом Galloway, Berman & Co., Glasgow для Ливерпуль-Манчестерской ж. д. в 1832 г. с вертикальными цилиндрами впереди дымовой коробки. Галопирование и разгрузка передней оси оказались настолько большими, что было несколько случаев схода с рельсов, после чего паровоз был перестроен и цилиндры помещены между рам.

В 1834 г. Роберт Стефенсон выпустил паровоз типа 0—3—0, названный «Atlas» (Атлас) (фиг. 41), который являлся в то время самым сильным паровозом в мире. Его вес был 17 *т* без тендера.

«Atlas» был первый паровоз типа 0—3—0 со спаренными колесами и внутренними цилиндрами; этот тип вскоре получил широкое распространение.

Вид паровозов 0—3—0 с более длинными котлами, уже вполне современной конструкции, постройки 1847 г., показан на фиг. 42. Здесь, между прочим, виден первый намек на будку машиниста: наружная стенка со стеклами, даже еще без козырька.

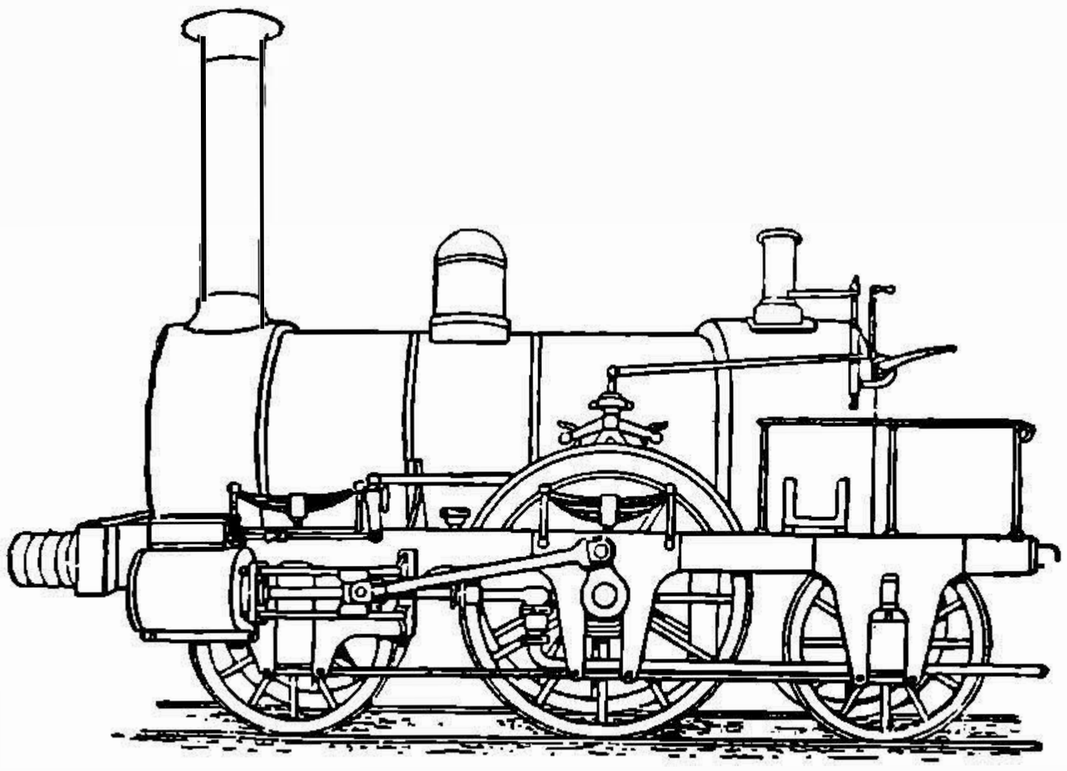
Паровоз 0—3—0 был создан не сразу. Как уже сказано выше, Стефенсон еще в 1826 г. построил первый опытный паровоз 0—3—0 с наклонными цилиндрами (как у «Ракеты»), названный «Experiment» («Опыт»).

Потом в 1827 г. Гакворт переделал паровоз 0—2—0 в 0—3—0 с вертикальными цилиндрами «Royal George» («Король Георг»), и в 1832 г. он построил еще один паровоз с тремя спаренными осями 0—3—0, тоже с вертикальными цилиндрами, но все постройки этих паровозов носили еще пробный опытный характер. Массовая же

РВ УДУНТ (ДИТ)

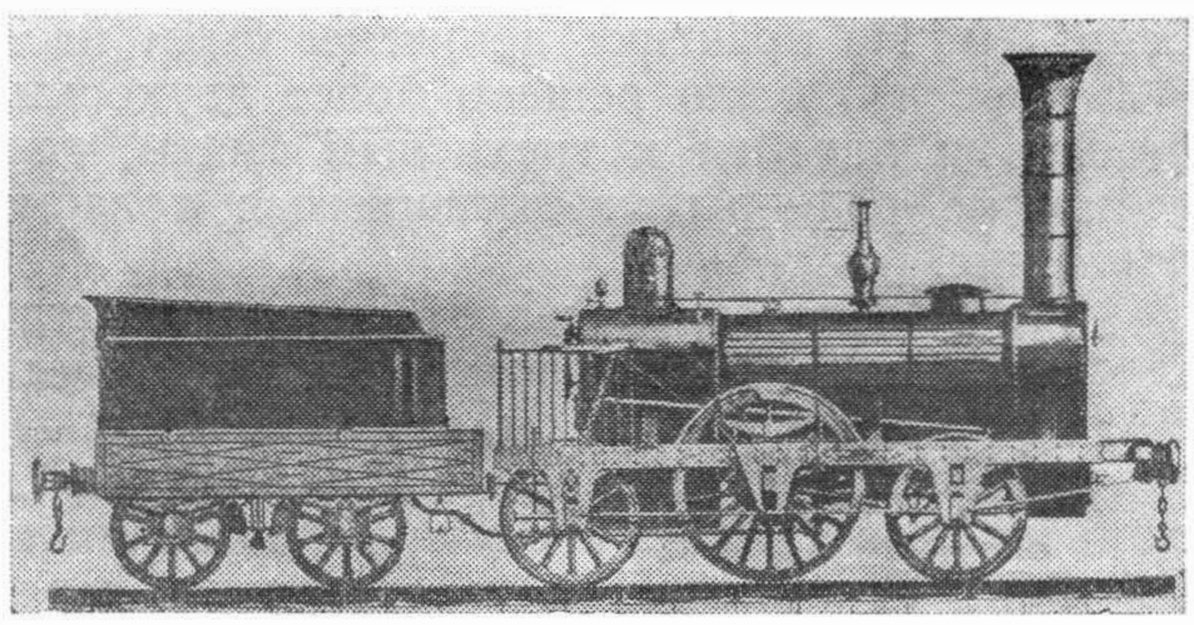
постройка их началась только после постройки Р. Стефенсоном его паровоза «Атлас».

Вместе с тем и пассажирский паровоз типа 1—1—0 оказался мало устойчивым. При значительных скоростях получались такие колебания рессор, которые начали вызывать опасения. Тем не менее инж. Бури в интересах простоты упорно стоял за тип 1—1—0, пока два крушения со многими жертвами решили участь этого типа, который во Франции был даже воспрещен законодательным путем.



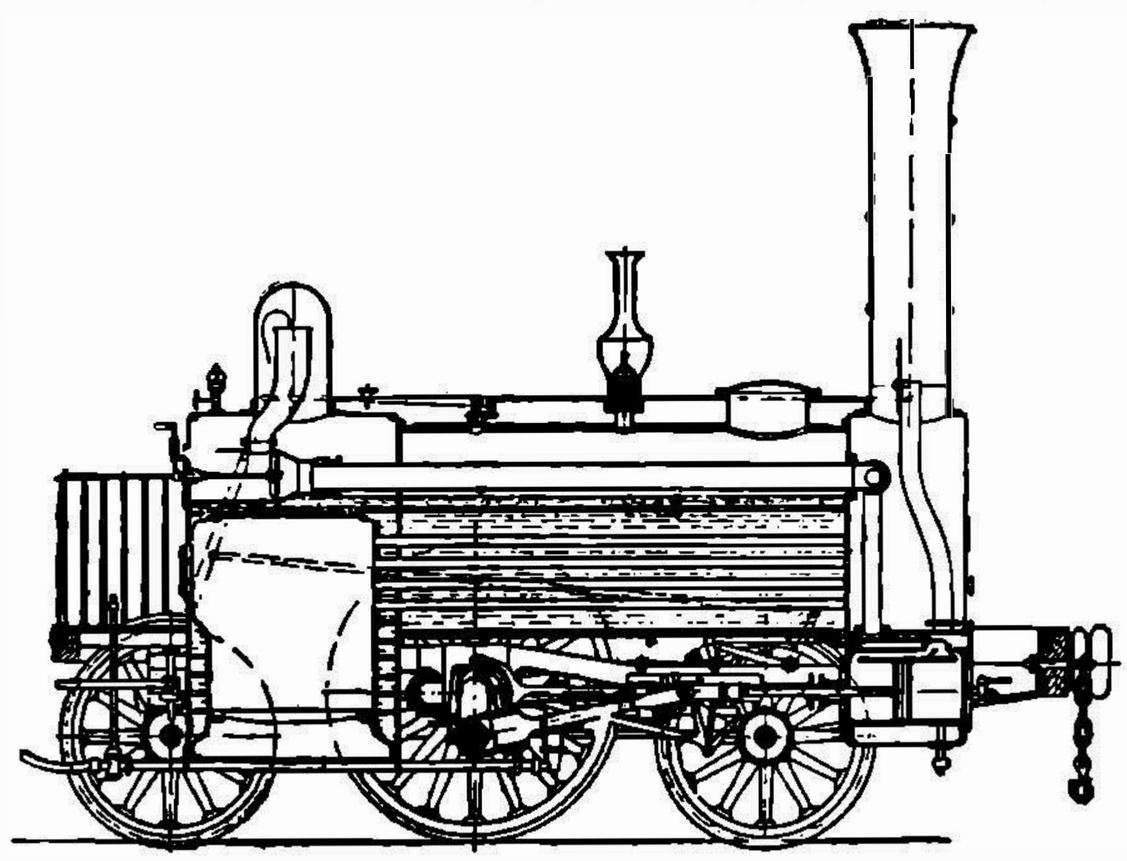
Фиг. 43

Фёрстер на своем заводе («Vauxhall Foundry») в 1834 г. построил первый пассажирский паровоз типа 1—1—1 с внешними горизонтальными цилиндрами (фиг. 43), названный «Swiftsure» («Быстрота»). Рамы были наружные. Паровоз впервые был снабжен эксцентриками, но при отсутствии противовесов он действовал разрушающим образом на путь [1].



Фиг. 44

Оказался значительно лучшим в эксплоатации пассажирский паровоз 1—1—1 с внутренними цилиндрами, построенный Стефенсоном и названный «Patentee» («Патентованный»). Для более легкого прохода по кривым он не имел гребней на бандажах ведущей (средней) оси [2]. Паровоз этого типа постройки 1834 г. фиг. 44, 45 и 46 [3].



Фиг. 45

Паровозы типа «Atlas» 0—3—0 и «Patentee» 1—1—1

---

[1] Несмотря на все удобства, введенные Ферстером, внешние горизонтальные цилиндры, распространившиеся по всему миру, в Англии до последнего времени применялись очень редко.

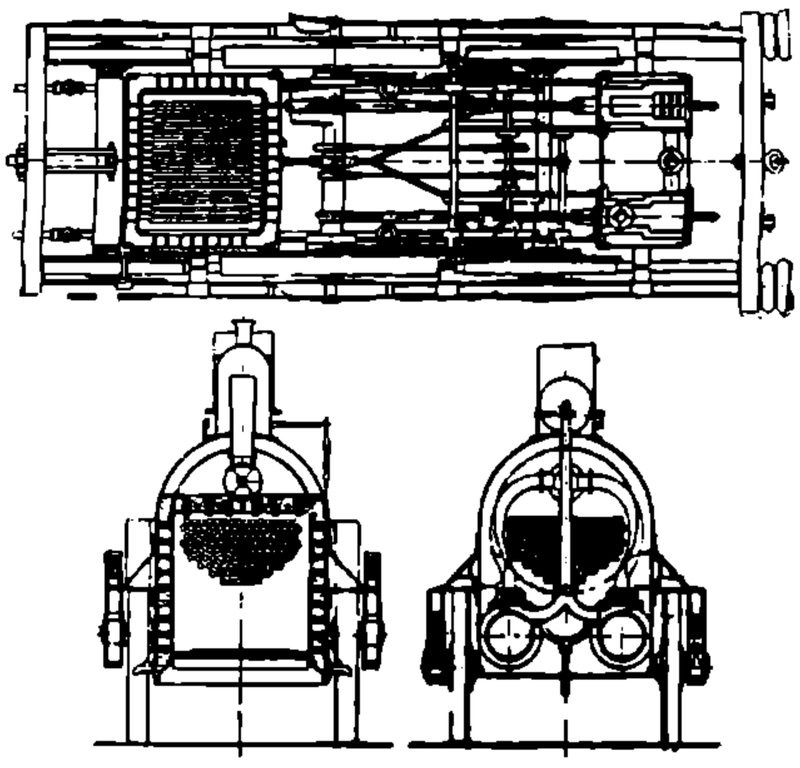
[2] Это важное нововведение было затем забыто до 80-х годов.

[3] Приводим более подробные чертежи этого паровоза ввиду его исторического значения. Подобные паровозы были присланы и для первых русских железных дорог.

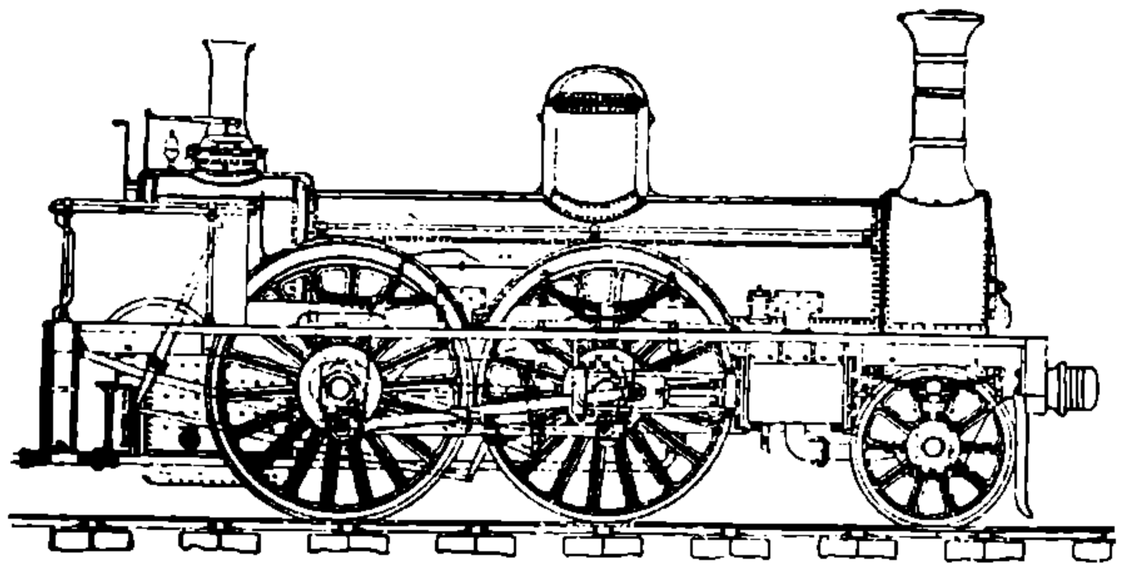
РБ УДИНТ (ДШТ)

строились долгое время в Англии и копировались в разных странах. Они стали типами «нормальными» или, как тогда их называли, «патентованными».

С некоторыми изменениями, соответствующими современному состоянию техники и предъявляемым эксплоатационным требованиям, тип 1—1—1 держался в Англии до 90-х годов и в Германии до 1875 г.; товарных же паровозов типа 0—3—0 было построено такое число (несколько десятков тысяч), что его можно считать вообще «типом XIX в.»; он стал вытесняться типом 0—4—0 только в конце 90-х годов.



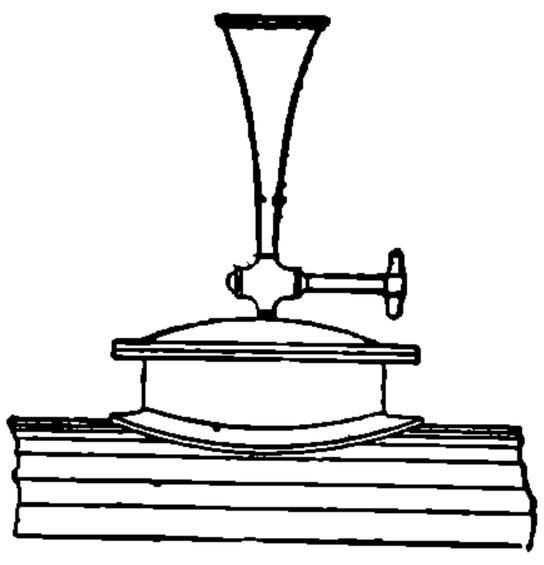
Фиг. 46



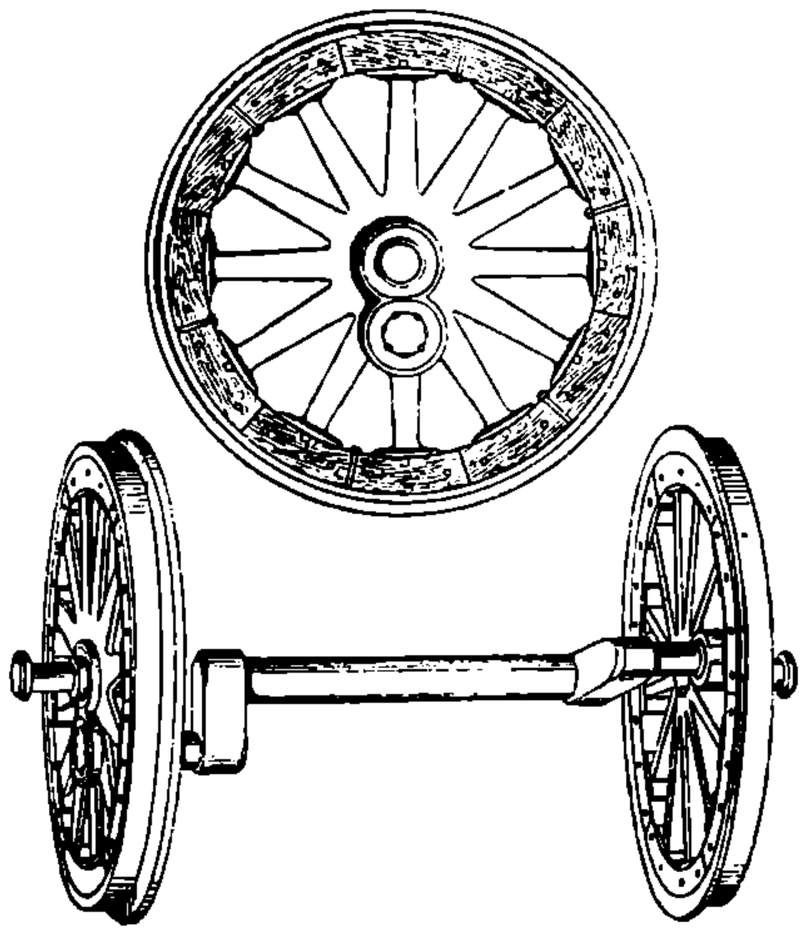
Фиг. 47

Остальные паровозы, построенные в Англии в этот период, представляли только видоизменения указанных типов. почему приводим только некоторые вновь введенные в это время усовершенствования в паровозах.

1. В Стефенсон обратил внимание на быстрое разрушение дымовых коробок (которые часто накалялись докрасна) и дымогарных труб вследствие незначительной их длины (9 футов) и потому очень высокой температуры выходящих газов. Произведенные измерения указывали ее до 773° F (412° C). Поэтому Р. Стефенсон удлинил дымогарные трубы (1842 г.) до 14 футов и температура сразу упала до 440° F (227° C); котлы стали значительно экономичнее, но вместе с тем и тяжелее, что оказало большое влияние на конструкцию котлов и экипажной части.



Фиг 48



Фиг. 49

При удлинении котлов паровозы сразу приобрели значительно более современный вид, что, например, видно из фиг. 42 и 47, представляющих паровоз типа 1—2—0, построенный заводом Р. Стефенсона и К⁰ в 1848 г.

2. Движение при небольшой длине первых дорог часто происходило только днем, почему не было необходимости в осветительных

НБ УДУНТ (ДИТ)

приборах, и только иногда к паровозу прикреплялась в случае необходимости металлическая корзина, в которой ночью горел уголь (см. фиг. 25).

Подобное приспособление и заменяло современные сигнальные фонари, которые появились только позже на американских паровозах.

Эта корзина и колокол на паровозе были началом сигнализации.

3. В начале тридцатых годов XIX в. паровозы еще не имели свистка, который был впервые введен в 1833 г. на Dowlais'ком железоделательном заводе. В 1833 г. на паровозе «Самсон» была установлена паровая труба (фиг. 48), нечто вроде сирены, предвестник свистка. После одного железнодорожного происшествия (наезда на телегу) Г. Стефенсон заказал свисток мастеру музыкальных инструментов и впервые его поставил на паровозе в 1835 г., после чего он и стал общеупотребительным сигнальным прибором для всех паровозов.

4. Рамы паровоза сначала были из деревянных балок, скрепленных железными листами и с привернутыми буксовыми направляющими (щеками). Затем в 1830 г. Стефенсон ввел раму из двух железных листов, между которыми помещались дубовые прокладки. Подобные рамы назывались «сандвичами» («Sandwich») и долгое время применялись в Англии, пока наконец не были заменены рамой из одного листа, образовавши так называемый европейский тип, имеющий почти исключительное распространение в Европе и в настоящее время.

В 1830 г. знаменитый Бури (Bury) первый ввел раму из железных брусков, и поставил ее на первом своем паровозе «Ливерпуль» (фиг. 51), посланном в Америку для Питтсбургской ж. д. Эти рамы впоследствии были вытеснены указанными листовыми и снова начали входить в употребление только последнее время, но в С. Америке настолько привились, что все американские паровозы до сих пор снабжаются буксовыми рамами, которые даже получили название американских.

5. Значительную эволюцию потерпели и паровозные колеса. Они сначала делались деревянными с железными бандажами (на паровозе «Stevens» они были толщиной $^3/_4$″); в 1831 г. Р. Стефенсон делал колеса с чугунными ступицами и с деревянными спицами и ободом при железном бандаже; в 1832 г. Бури на своих паровозах уже ставил чугунные спицы круглого сечения, которые с одной стороны ввинчивались в чугунную ступицу и были снабжены на концах гайками, а на другом конце имели Т-образный вид и прикреплялись к ободу. Такие же колеса ставил и завод Балдвина на своих паровозах (фиг. 49).

В 1837 г. фирма Китчинг (Kitching) составляла колеса из чугунных сегментов, между которыми помещались деревянные клинья; сегменты обхватывались железным бандажом.

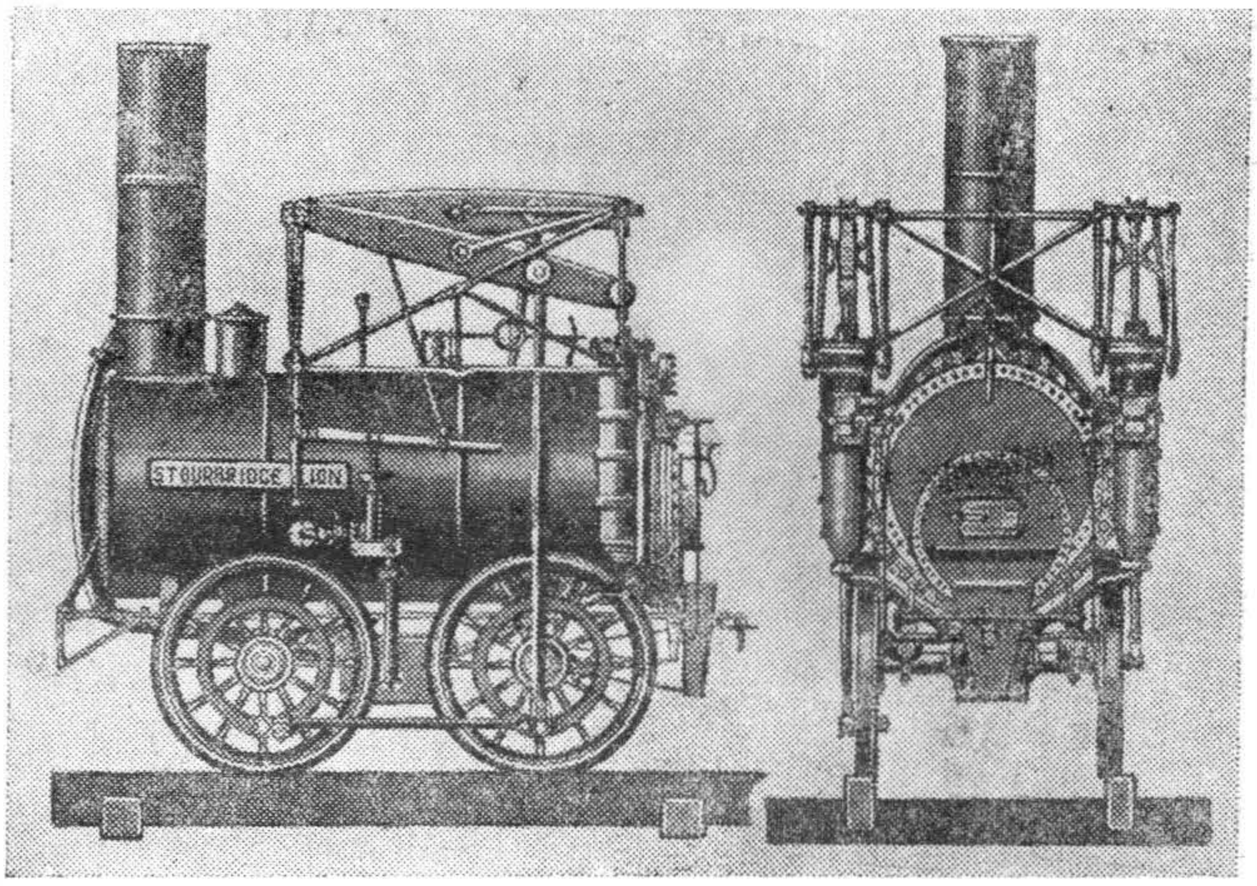
Чтобы не было ослабления клиньев в сухую погоду, они поливались водой.

Как видим, все это было очень несовершенно, и только американцы ввели здесь весьма значительные усовершенствования, начав на заводе Роджерс (Rogers) в 1837 г. отливать колеса из чугуна с пустотелыми спицами овального сечения.

Стальные же бандажи, патент на которые взял знаменитый Гуч (Gooch), появились в 1840 г. Первый паровоз, снабженный ими, был 1—1—1 Большой западной ж. д. (Great Western).

НБ УДУНТ (ДІІТ)

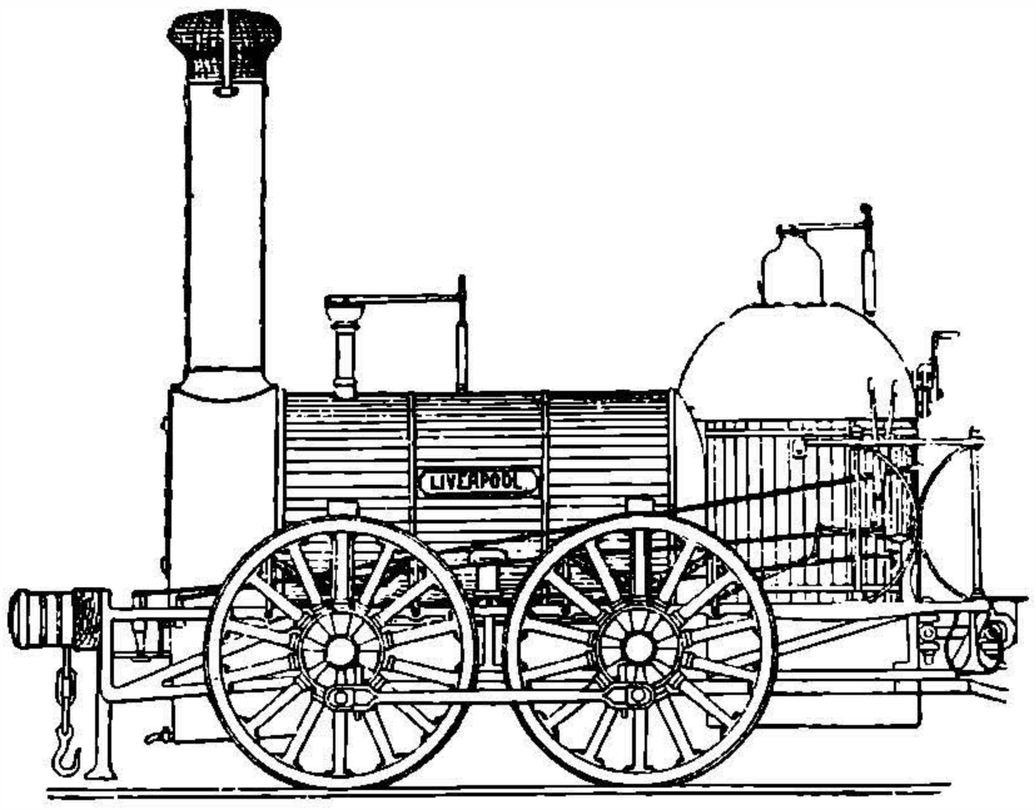
Сплошные колеса в паровозах встречались иногда даже до 40-х годов, например, обод соединялся со спицами помощью сегментов из железных листов, скрепляемых болтами. Но при эксплоатации подобные колеса оказывались тяжелыми и предоставляли слишком большую поверхность боковому ветру, почему были оставлены.



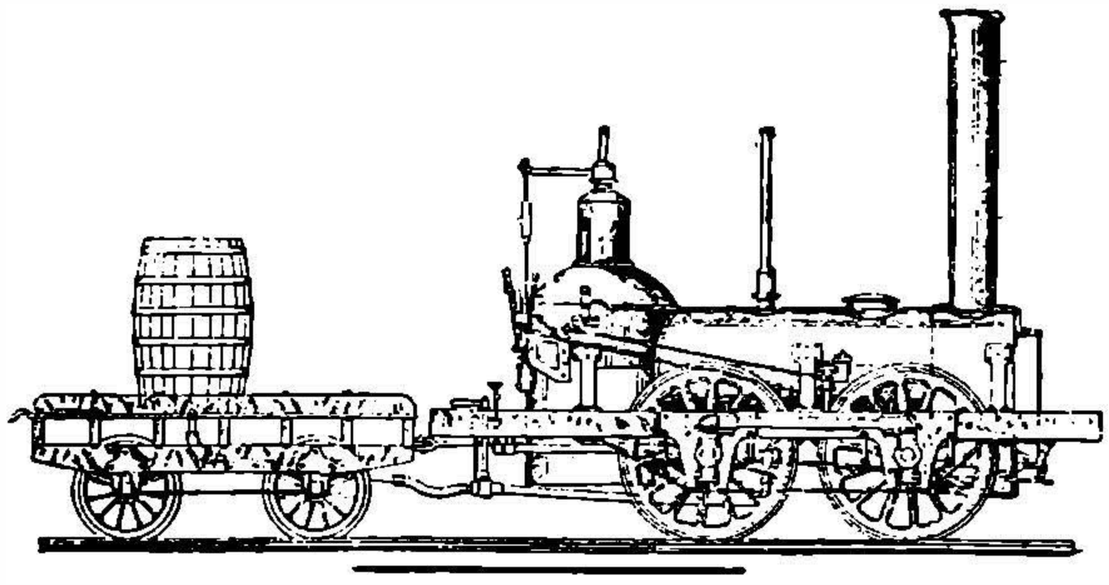
Фиг. 50

Наконец отметим введение Бури круглых куполообразных топок, чтобы увеличить паровое пространство над топкой. Подобные топки, неудобные по существу, так как трудно изготовлялись и давали меньшую поверхность нагрева, были затем оставлены, но в то время, однако, они нашли широкое и продолжительное применение, между прочим, в Германии (фиг. 51, 60, 85 и 86).

7. В этот же период был изучен и конструктивно оформлен основной вопрос о парораспределении, но ввиду его важности он выделен в отдельную главу (§ 32).



Фиг. 51

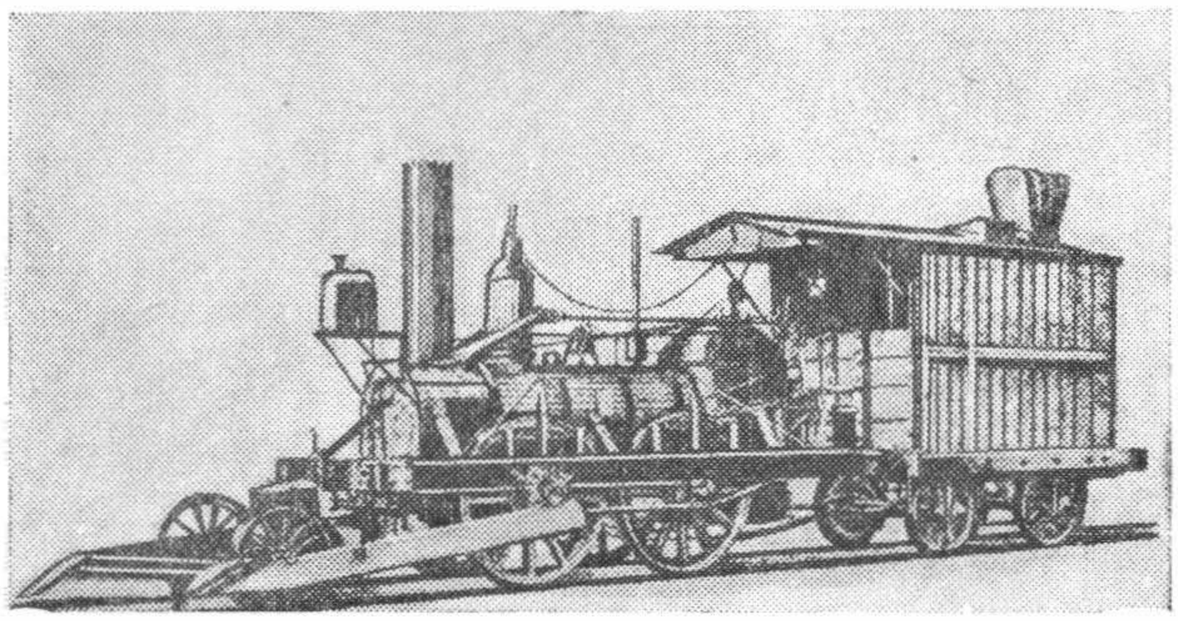


Фиг. 52

§10. НАЧАЛО АМЕРИКАНСКОГО ПАРОВОЗОСТРОЕНИЯ

Идея железнодоржного транспорта зародилась в С. Америке весьма рано (книга Стивенса о нем вышла в 1812 г. — см. § 7); в 1825 г. Стивенс построил небольшую зубчатую ж. д. и паровоз с вертикальным котлом, но успеха не имел, вызывая резкую оппозицию в обществе. Но уже в конце 20-х годов успехи европейского ж.-д. строительства заставили американцев изменить свой взгляд, и в 1828 г. в Европу от «Делавер-гудзоновского общества по эксплоатации каналов» был командирован инженер Аллан, который изучил ж.-д. дело и купил че-

НБ УЖНТ (ДШТ)



Фиг. 53

тыре паровоза; три — старинной конструкции и с вертикальными цилиндрами и балансирами, отчасти напоминающими паровоз «Пыхтящий Билли» Хедлея (фиг. 20). Первый европейский паровоз, прибывший из Англии в Америку, был указанной конструкции завода Faster Rástrick & C⁰ и назывался «Stourbridge Lion» («Стоорбриджский Лев») (фиг. 50), но он работал недолго.

Четвертый паровоз был «Америка» (фиг. 31), который являлся первым паровозом, несшим в Америке регулярную службу.

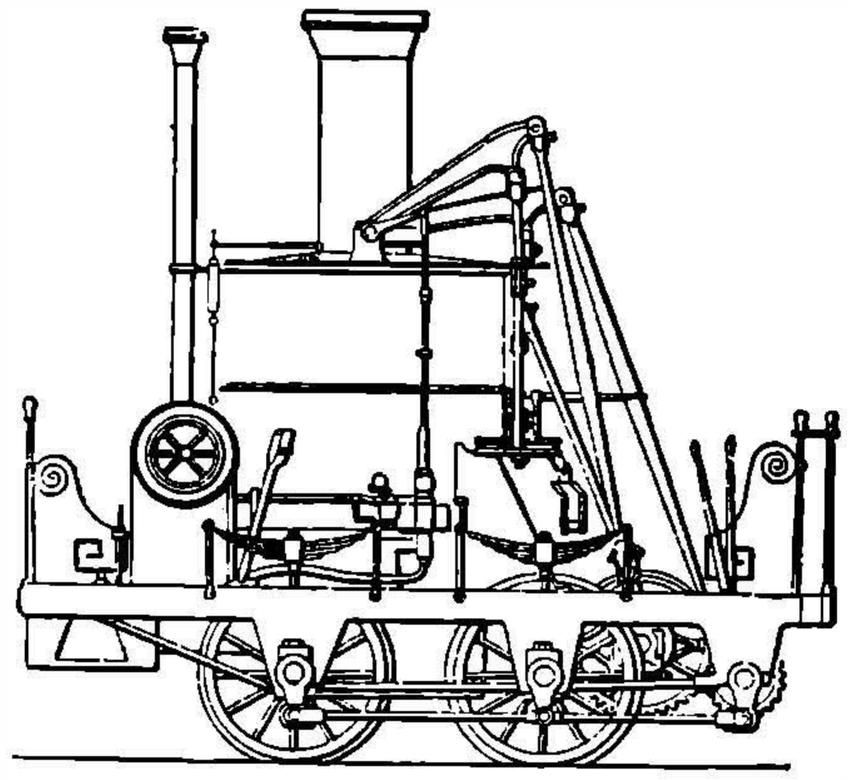
Затем некоторое время Англия была поставщиком паровозов для С. Америки, и за десять лет (1828—1838 гг.) их было поставлено более 140, преимущественно заводов Стефенсона и Бури.

В 1831 г. завод Бури построил для Питтсбургской ж. д. (в С. Америке) паровоз 0—2—0, называвшийся «Liverpool» («Ливерпуль») (фиг. 51), с горизонтальными цилиндрами под дымовой коробкой, брусковыми рамами и круглой куполообразной топкой. Давление в котле было 3,6 *ат* и вес паровоза в рабочем состоянии 5,6 *т*; диаметр цилиндров 230 *мм* и котла — 914 *мм*. Паровоз возил поезда весом 75,5 *т* со скоростью 24 *км/час* по горизонтали.

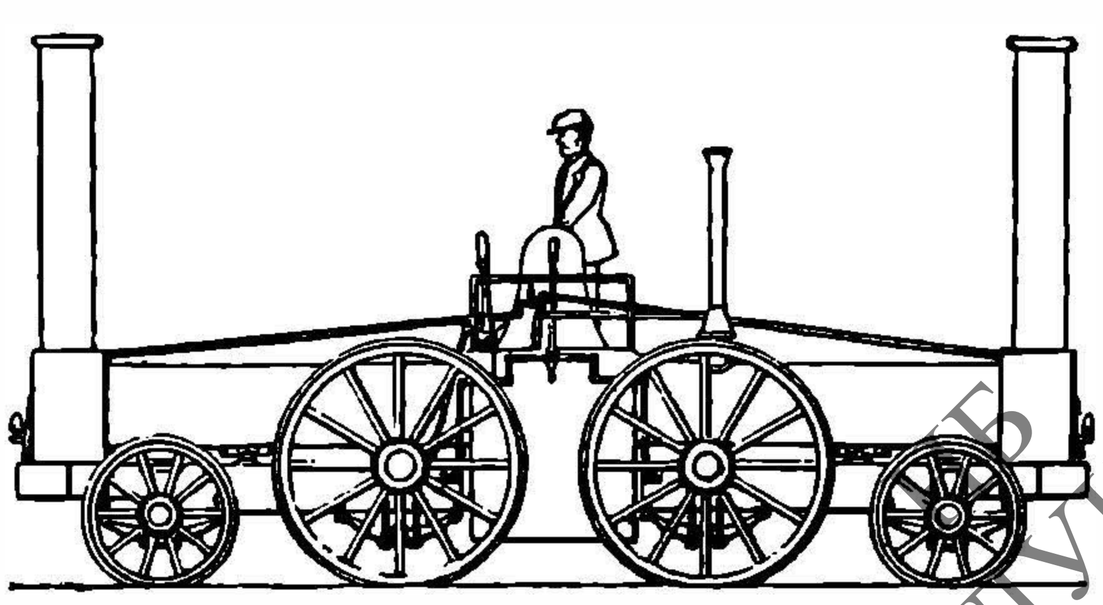
Английские паровозы служили первое время образцами для американского паровозостроения, но вскоре обнаружилось, что они не соответствуют условиям эксплоатации американских дорог:

1) благодаря малым капиталовложениям первые американские дороги имели весьма слабое верхнее строение с большим количеством кривых малого радиуса (с целью обхода препятствий без выемок, насыпей и пр.), что требовало распределения данного веса паровоза между большим количеством осей (спаренных или поддерживающих) и применения поворотных тележек;

2) плохая охрана железных дорог в мало населенных местностях требовала применения «скотоочистителей» («плугов») и резкой сигнализации и освещения.



Фиг. 54



Фиг. 55

УДУНТ (ДИТ)

Поэтому некоторые паровозы, полученные из Англии, были «американизированы», т. е. переделаны на американский лад. Примером служит знаменитый паровоз «John Bull» («Джон Буль»)[1], построенный заводом Р. Стефенсона и К⁰ в 1831 г. для ж. д. Camden and Amboy (фиг. 52).

По прибытии в Америку он был переделан (фиг. 53): 1) были сняты дышла, и ведущей оси был дан разбег в 35 *мм* для возможности прохода по кривым; 2) котел был обшит деревом; 3) колпак с топки перенесен к трубе; 4) поставили колокол и впереди большой фонарь; 5) впереди паровоза поставили на отдельном бегунке скотоочиститель (предвестник бисселя); 6) тендер был сделан в виде вагона с навесом (первый намек на будку машиниста); 7) тендер был снабжен тормозом, который приводил в действие кондуктор посредством длинного рычага; для кондуктора в задней стенке тендерной будки было сделано сидение. Все эти нововведения легли в основу создаваемого в Америке специального американского паровоза[2].

Паровоз «Джон Буль» представляет классический образец приспособления конструкции паровоза к существующим условиям ж.-д. эксплоатации. Как видим, эти условия заставили сразу ввести целый ряд важнейших нововведений, не бывших раньше в употреблении.

Первые американские паровозы с вертикальными котлами небольших размеров успеха не имели; эти паровозы, названные вследствие отличительного вида и работы балансиров «кузнечиками» («Graschopper»), построенные в 1835 г. Джиллингемом и Уайненсом (Gillingham и Winans) в Америке для ж. д. Балтимор — Огио в количестве восьми, — работали 50 (!) лет (фиг. 54). Цилиндр и котел вертикальны; движение через два отдельных вала, соединенных зубчатой передачей, передается спаренным осям дышлами с внешними кривошипами. Слева от котла виден вентилятор, работающий мятым паром, который служил для искусственной тяги[3].

В это же время (1832 г.) Аллан построил четырехосный двойной паровоз (фиг. 55) «Южная Каролина» (тип 1—1—0 + 0—1—1), в котором мы видим предшественника паровозов системы Ферли (см. § 17), но в то время подражателей он не нашел.

Особенное значение имело введение поворотных тележек. Впервые таковую применил в паровозах John Jervis (главный инженер подвижного состава Mohawk-Hudson'ской ж. д.) в 1832 г. (фиг. 56), и после этого тележки того или другого вида стали необходимой принадлежностью американских паровозов, причем даже английские заводы строили подобные паровозы для Америки, не вводя их у себя еще в течение нескольких десятков лет.

На поворотную тележку взяли патент еще в 1812 г. братья Чепмен (Chapman) в Англии, но паровоз с тележкой осуществлен не был, за исключением только паровоза «Earl of Airlie» («Граф Эрли»), построенного в 1833 г. фирмой Carmchael & Co в Диндее (фиг. 57) и снабженного поворотной тележкой сзади (тип 0—1—2). Паровоз работал до 1850 г. Это был один из последних паровозов с вертикальными цилиндрами.

Открытие паровозостроительного завода Балдвина в Филадельфии и ряда других заводов составило эпоху американского паровозо-

---

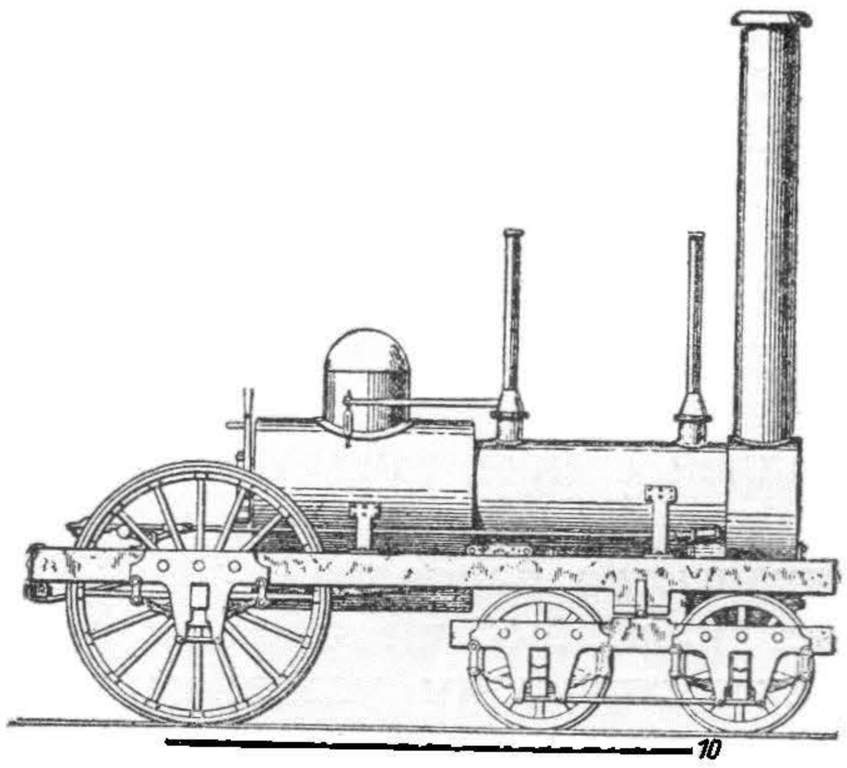
[1] Первоначальное название до переделки было «Stevens» (Стивенс).

[2] Паровоз „Джон Буль" работал до 1866 г. и в настоящее время хранится в Национальном музее в Вашингтоне как реликвия.

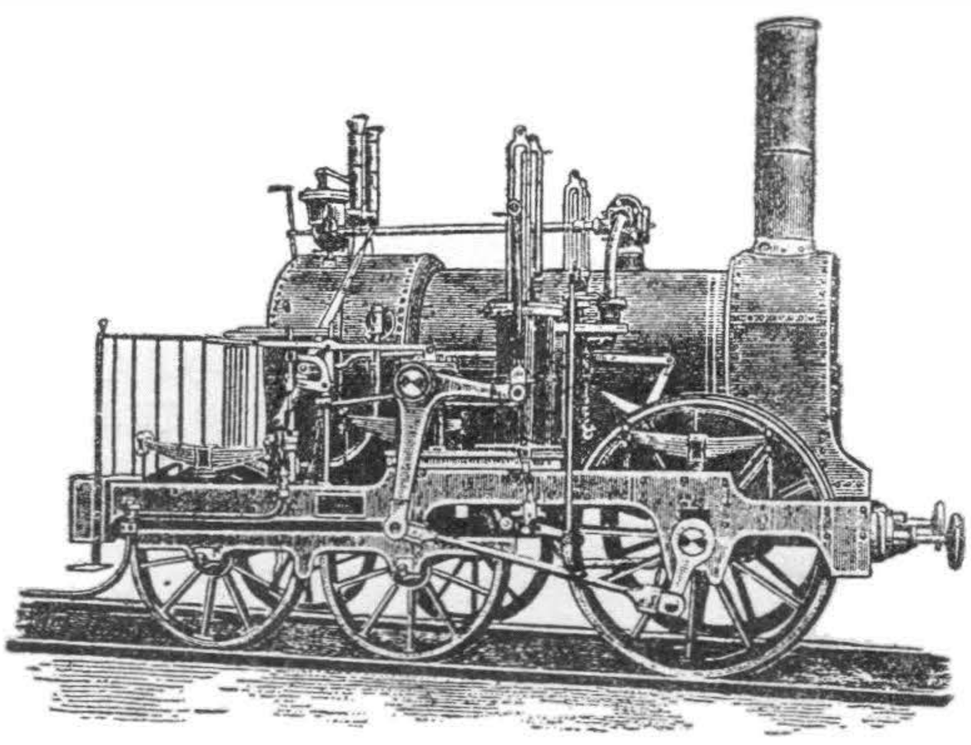
[3] Первый случай искусственной тяги паровым вентилятором, усиленно разрабатываемой только в настоящее время.

НБ УДУНТ (ДИТ)

строения; с открытием этих заводов своеобразное конструирование американских паровозов энергично пошло вперед, причем подражание английским образцам скоро было оставлено. Из паровозов этой эпохи отметим:



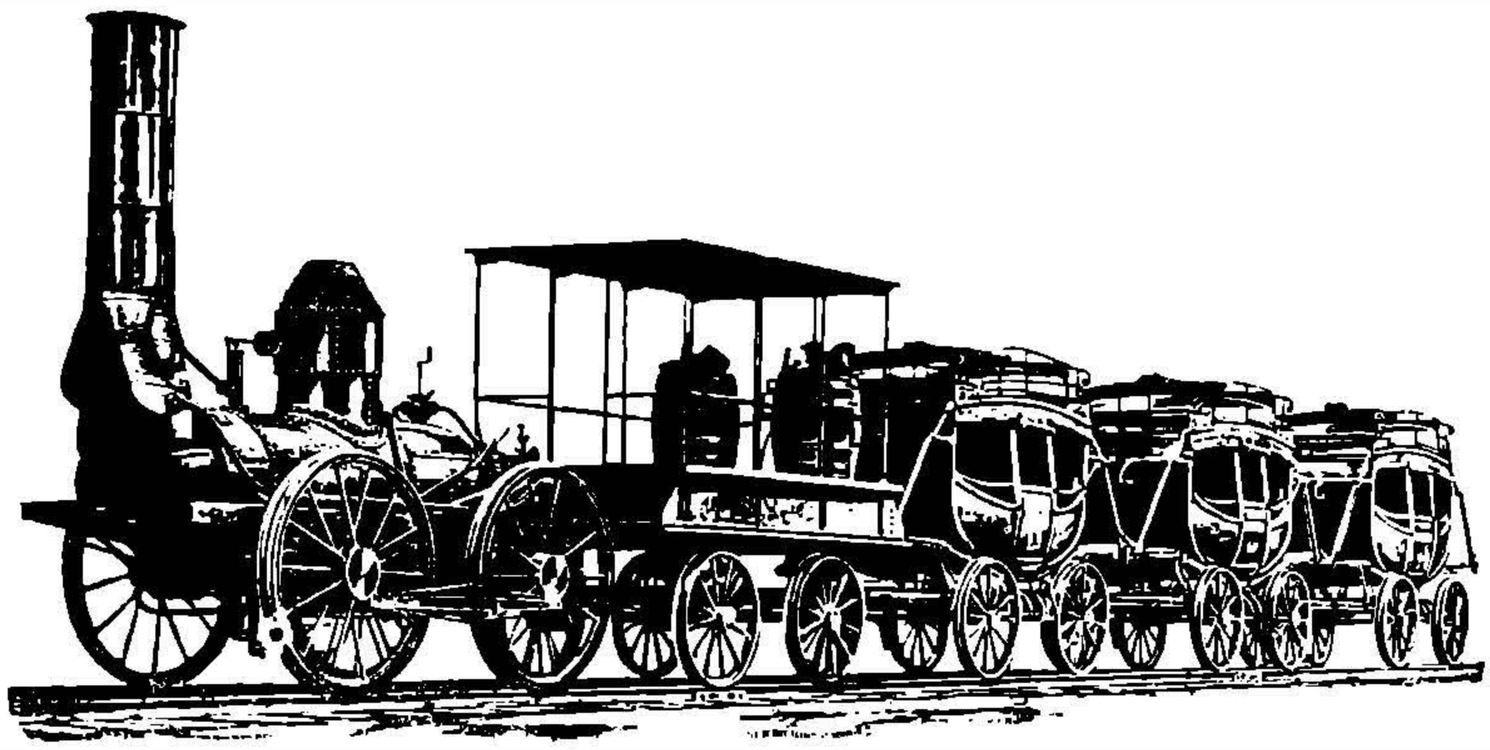
Фиг. 56



Фиг. 57

1. Паровоз, названный «Die Witt Clinton», построенный на заводе «West Point Foundry» в Нью-Йорке в 1831 г. На фиг. 58 представлен этот паровоз с современными ему пассажирскими вагонами (выставка в Чикаго в 1893 г.).

Этот паровоз имел трубчатый котел с 30 медными трубками и весил 6 *т*. Скорость доходила до 24 *км/час*. На нем виден паровой



Фиг. 58

колпак и навес над тендером, заменяющий будку машиниста. Вагоны еще не отошли от вида обыкновенных карет.

2. Очень много для усовершенствования американского паровоза сделал известный инженер Кембел (Henry Campbell). Построенный по его проекту паровоз (1836 г.) для ж. д. Philadelphia—Norristown (фиг. 59) был снабжен уже двухосной тележкой, но так как тележка еще не имела центрального шкворня, а могла иметь движение только по вертикальной плоскости (вертикальные выступы в раме тележки могли скользить в вырезах главной рамы), то паровоз имел жесткий ход.

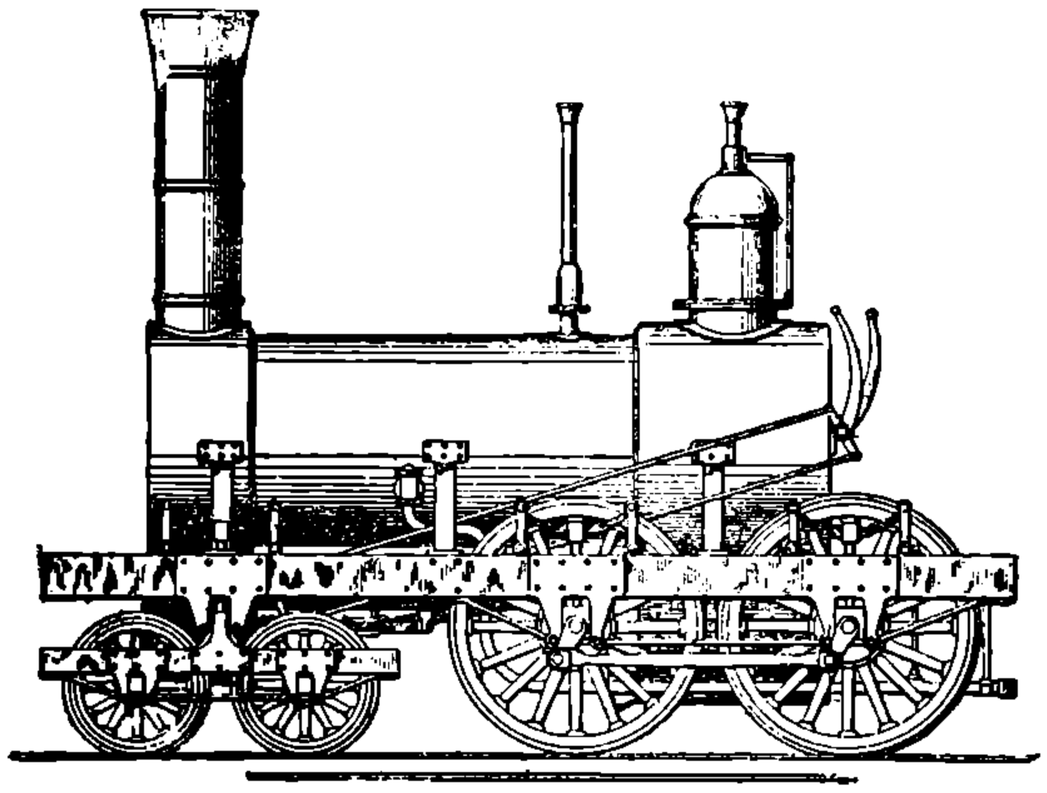
НБ УДУНТ (ДИТ)

3. В 1837 г. Истуйк и Гаррисон (Eastwick и Harrison) построили паровоз «Hercules» («Геркулес») (фиг. 60), у которого тележка уже имела центральный шкворень, и кроме того они впервые соединили рессоры балансиром.

Паровоз работал уже с давлением 6,5 *ат*, весил 14 *т* (9 *т* — сцепной вес) и мог по горизонтали вести поезд в 265 *т*. Но этот паровоз имел еще очень сближенные оси тележки, почему пришлось поднять вверх цилиндры и наклонить их оси.

4. В 1837 г. знаменитый Роджерс (Rogers) открыл в Нью-Йорке свой первый завод (фирма в то время была «Rogers, Ketchum and Grovenor»).

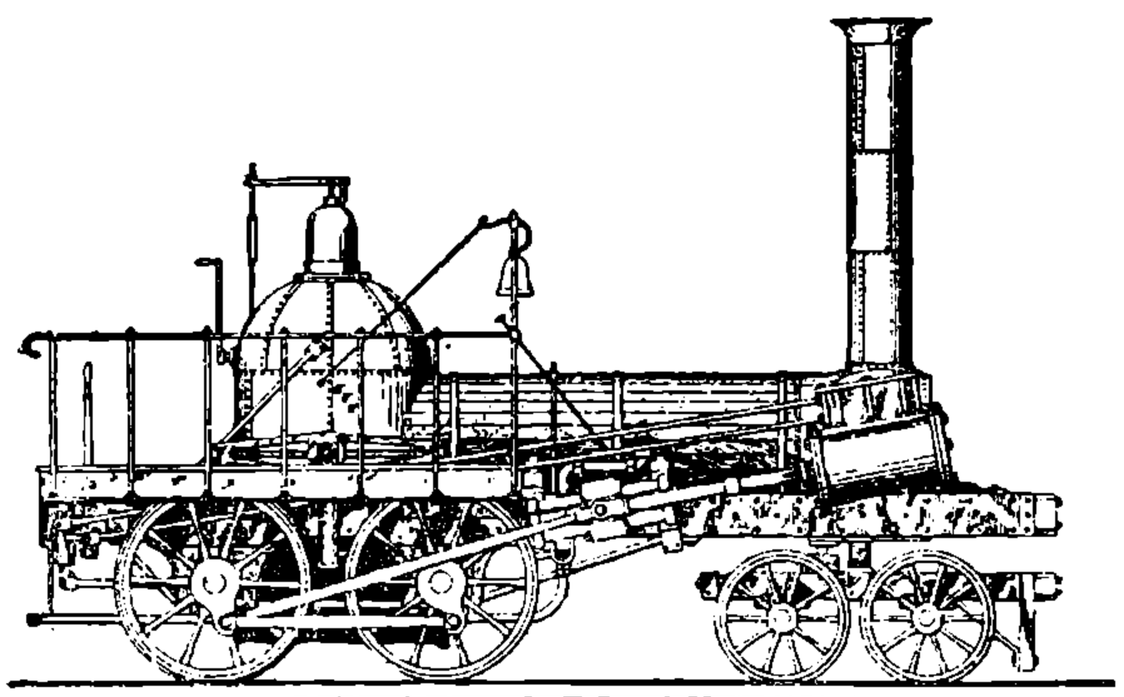
Построенный по проекту Роджерса первый паровоз типа 2—1—0 имел противовесы на ведущих колесах (впервые в истории паровозостроения).



Фиг. 59

Идея противовесов практически значительно опередила теоретическое изучение вопроса о динамическом воздействии на путь.

В 1847 г. немецкий инженер Голлау, а также в 1848 г. Ле-Шателье во Франции, с целью изучения колебательных движений паровоза, подвесили его на цепях и пускали в ход машину, причем было констатировано, что легкие противовесы могут уничтожить вертикальные колебания; дальнейшее же утяжеление, уничтожая горизонтальные подергивания, сопровождается появлением вновь вертикальных колебаний.



Фиг. 60

Позже, в 90-х годах прошлого столетия, производил наблюдения над вибрациями мостов при проходе поездов английский профессор-сейсмолог Милн; он также изучал и колебательные движения самого паровоза, причем сейсмограф записывал эти колебания в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Отмечено было исключительное влияние рационально спроектированных противовесов на спокойный ход паровозов.

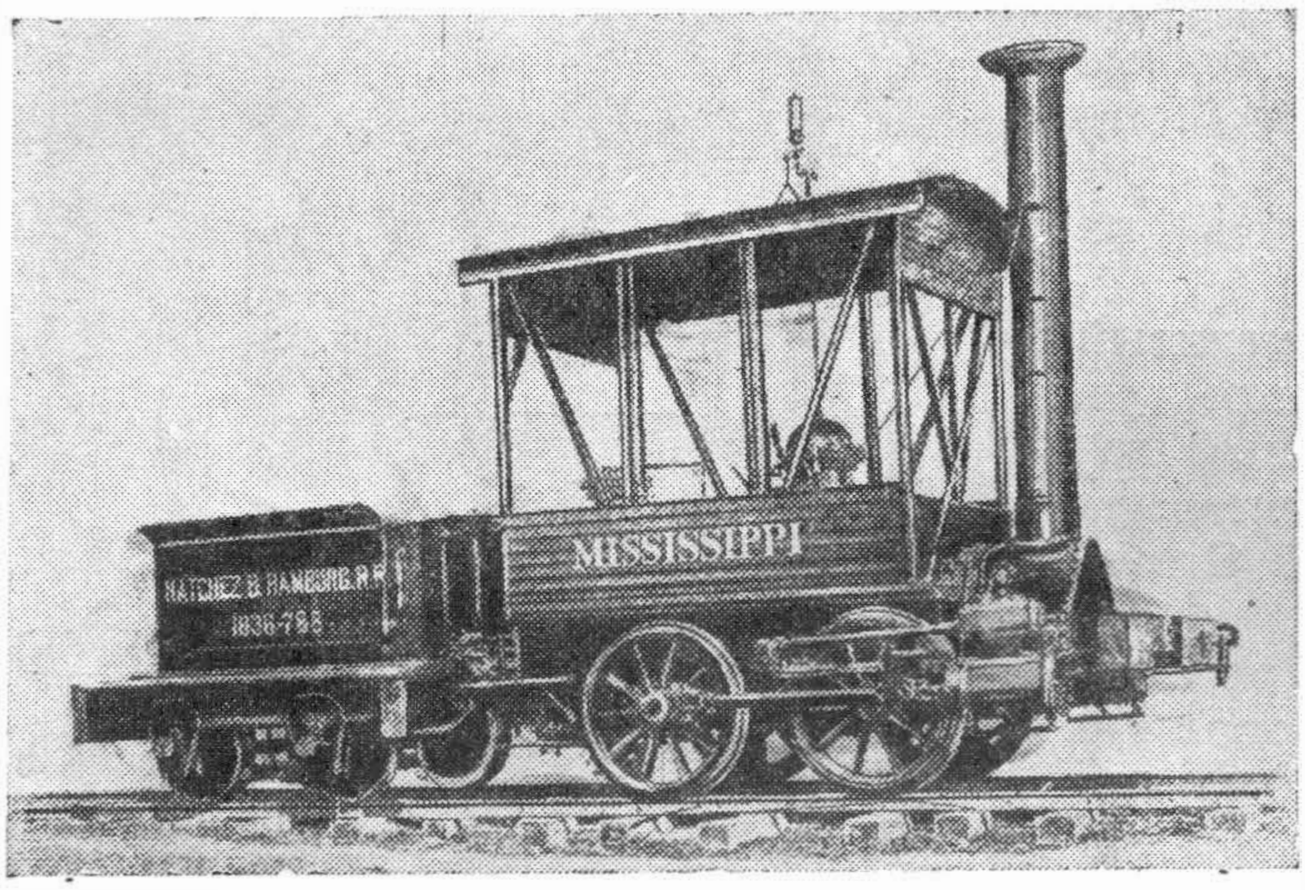
Окончательное изучение этого вопроса — влияние различных факторов на динамическое воздействие на путь и на максимальную допустимую скорость движения — произведено только в XX в. рядом ученых: Марье, Надалем, Ф. Боррисом, Петровым и многими другими.

5. На фиг. 61 представлен паровоз «Misissipi» ж. д. Illinois Central

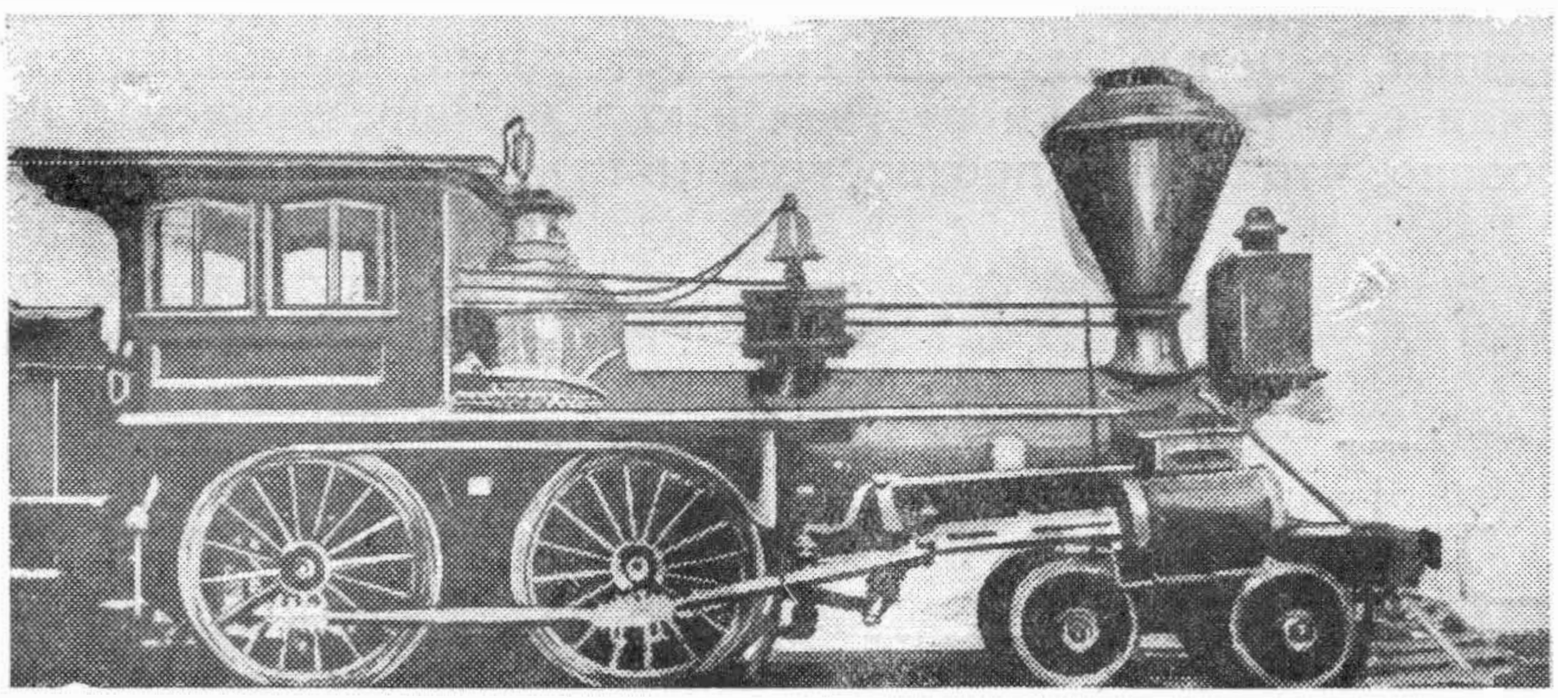
РГБ УКАЗ (ДИТ)

(1834 г.) с будкой машиниста уже на паровозе и расположенной над котлом, что часто делалось и впоследствии.

6. В дальнейшем американские паровозы стали быстро совершенствоваться: к 50-м годам еще встречались куполообразные топки (фиг. 62), но затем они приобрели уже вполне законченный вид, представленный, например, на фиг. 63 (паровоз «General» постройки начала 50-х годов), который имеет уже все признаки современных нам паровозов. Роджерс, раздвинув оси тележки, поставил горизонтальные цилиндры с золотниковыми коробками над ними; паровозы имели уже кулиссу Стефенсона, рессорные балансиры, будку машиниста (которой еще не было в Европе), современное освещение и сигнализацию, современный тендер и пр.



Фиг. 61



Фиг. 62



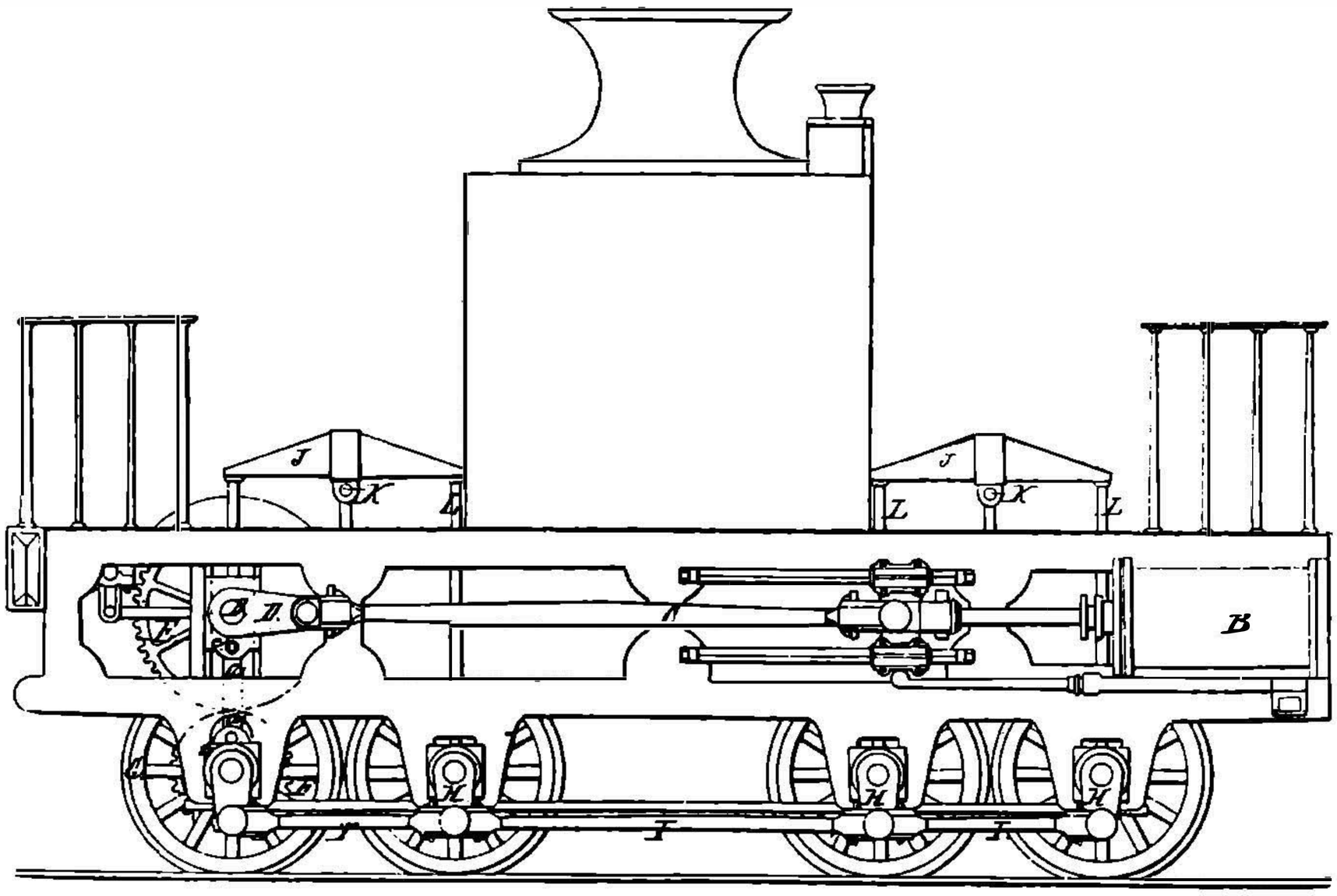
Фиг. 63

За какие-нибудь 10—15 лет американский паровоз таким образом вполне сформировался.

НБ УДУНТ (ДИТ)

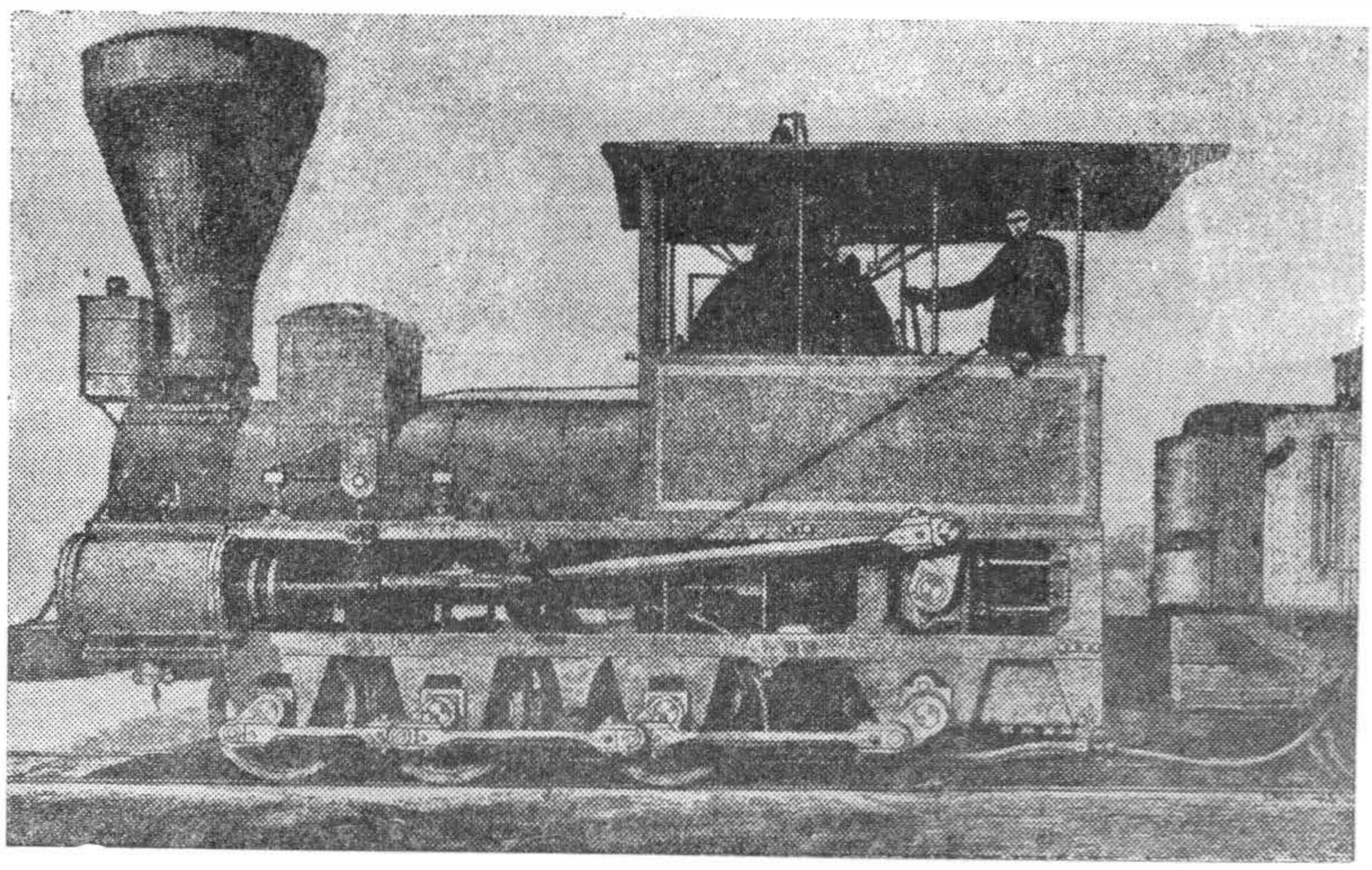
7. В США у товарных паровозов начали быстро увеличивать число спаренных осей, на многие десятилетия обгоняя Европу.

Уже в 1843 г. были построены заводом Балдвина паровозы типа



Фиг. 64

0—4—0 по проекту Уайненса (Winans) для ж. д. Western—Massachusettes R с вертикальным котлом. Горизонтальные цилиндры приводили в движение спаренные оси через промежуточный вал и зубчатую пе-



Фиг. 65

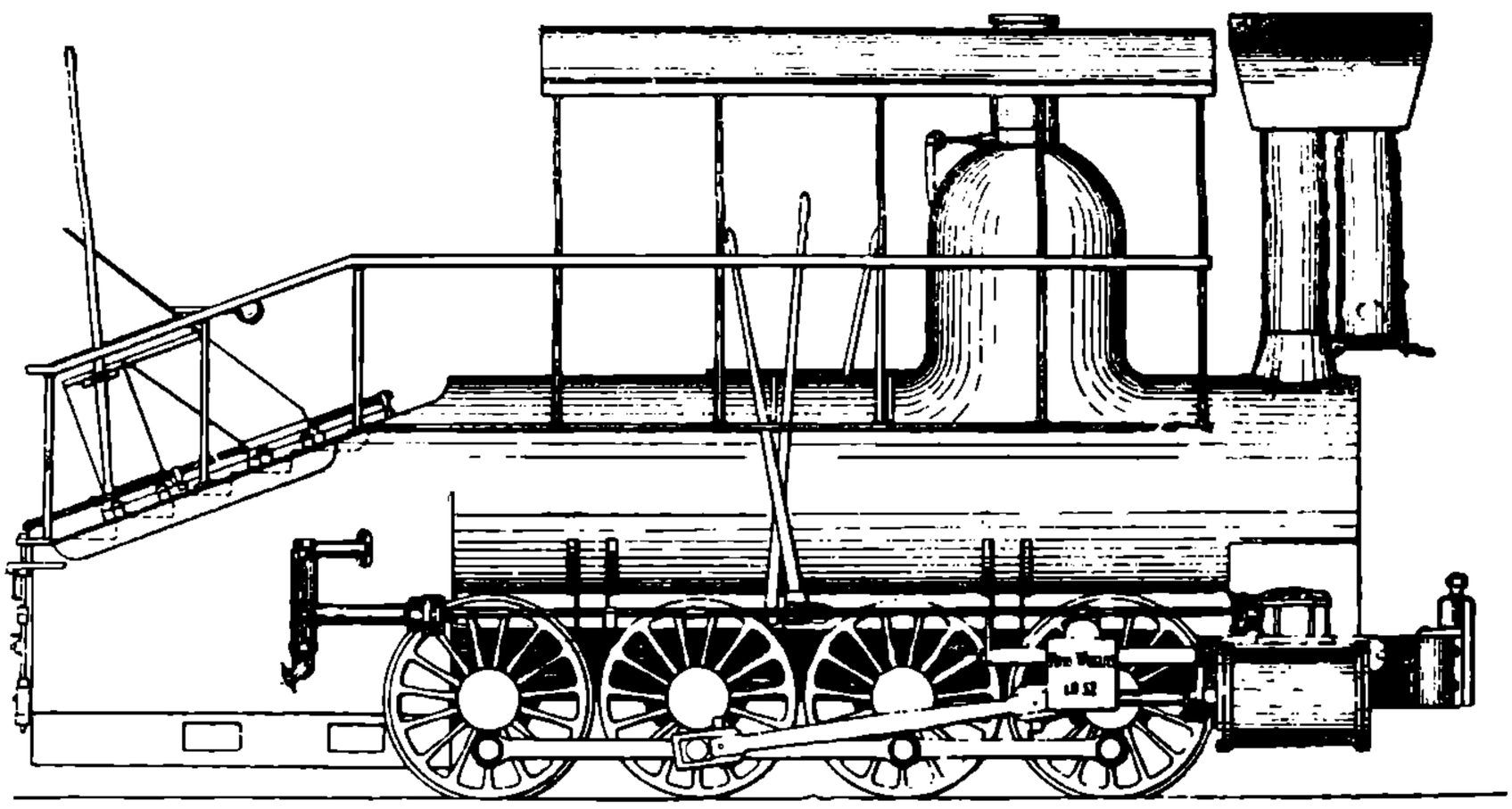
редачу (фиг. 64). Одна рессора обслуживала буксы двух соседних спаренных осей, что часто встречалось и впоследствии.

Затем этот тип в 1844 г. Уайненсом был переделан (фиг. 65), причем вертикальные котлы заменены горизонтальными (ж. д. Baltimor — Ohio). Путем дальнейшей эволюции заводом Балдвина были

НВ УАДТ (ДИТ)

построены паровозы 0—4—0 в 1846 г. для ж. д. Philadelphia—Reading уже без промежуточного вала и зубчатых передач — сначала с куполообразной топкой и наклонными цилиндрами, причем ведущею осью была четвертая спаренная, затем с наклонными же цилиндрами, но третьей ведущей осью и, наконец, в начале 50-х годов был построен такой же паровоз, но с горизонтальными цилиндрами (фиг. 103).

В 1848 г. заводом Балдвина по проекту Уайненса же были построены паровозы типа 0—4—0 с отоплением антрацитом (с большой низкой топкой) и будкой машиниста над цилиндрической частью котла, носившие название «Верблюд» (фиг. 66), для ряда ж. д.



Фиг. 66

Как видим, уже к 50-м годам был выработан тип паровозов с четырьмя спаренными осями, который начал потом быстро совершенствоваться и был снабжен при увеличении скорости движения впереди бегунком или тележкой.

Таким образом паровозов с тремя спаренными осями, которые почти в течение всего XIX в. являлись типичными для Европы, в США почти не было и там быстро перешли к паровозам с четырьмя спаренными осями.

Расцвет американского паровозостроения был так быстр и ярок, американские паровозы вылились в такую своеобразную форму, что американцы свои паровозы считают не без основания гордостью Америки.

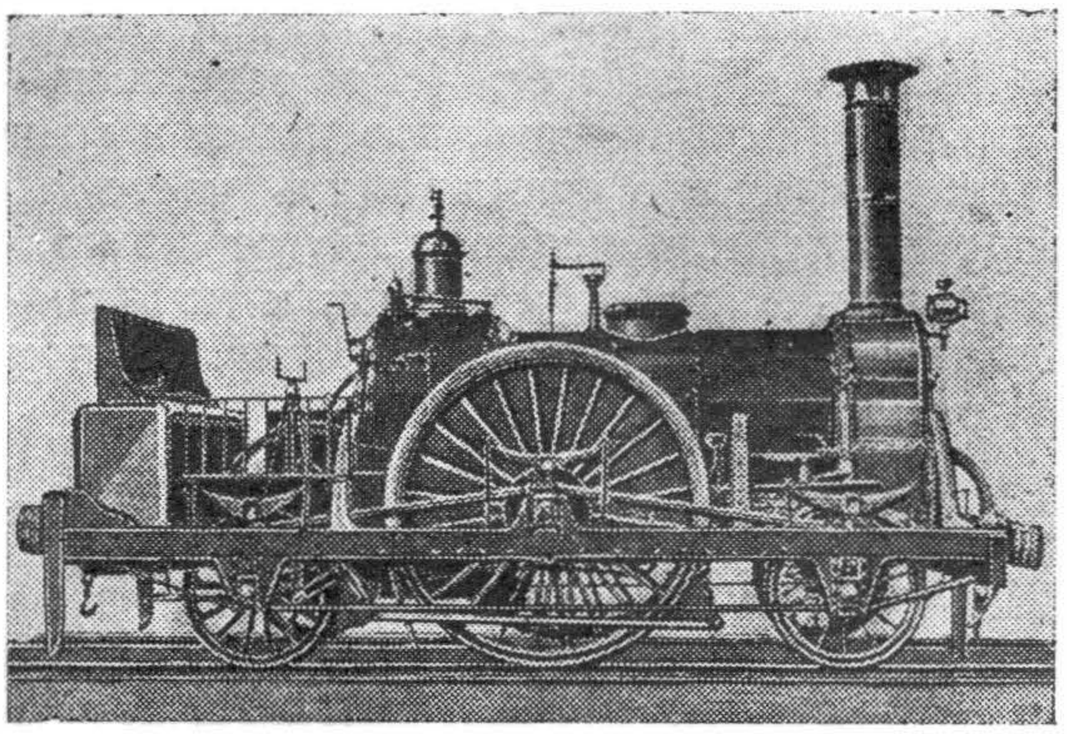
Основанное на европейских образцах, американское паровозостроение пошло своим путем и в свою очередь оказало могучее влияние на паровозостроение в Европе.

§ 11. БОРЬБА ЗА ШИРИНУ КОЛЕИ И ПРОБЛЕМА СКОРОСТИ

В разбираемую эпоху еще ничего твердо установленного не было, все находилось в периоде искательства. Ряд дорог имел «нормальную ширину» колеи ($4'8^1/_2'' = 1\,435$ *мм*), но при постройке в Англии Большой Западной ж. д. (Great Western) знаменитый ее строитель

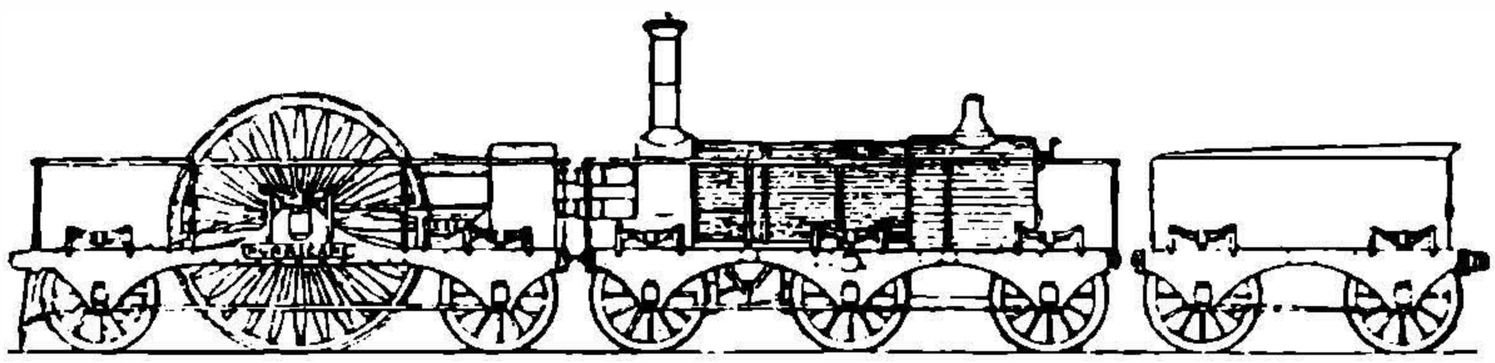
НБ УДУНТ (ДИТ)

инж. Брунель [1] (Brunel) добился от парламента разрешения построить ее шириной 7′ (2 133 *мм*), считая, что при такой ширине паровозы будут более устойчивыми и смогут развивать высокие скорости. Представители нормальной колеи старались доказать, что в этом отношении их колея не уступает широкой, что вызвало упорное соревнование, в сильнейшей степени способствовавшее развитию и усовершенствованию паровоза. Началась борьба за ширину колеи, продолжавшаяся 15 лет и окончившаяся победой нормальной колеи, так как широкая колея, при значительной ее дороговизне и эксплоатационной невыгодности, оказалось, не имела, сравнительно с нормальной, и ожидаемых преимуществ [2].



Фиг. 67

Вместе с тем была выдвинута проблема скорости. Это общее положение, что при появлении новых видов транспорта первый вопрос ставится о скорости и потому строятся гоночные машины, устраиваются состязания, устанавливаются рекорды. Так было при появлении пароходства и автомобилизма теперь — при появлении воздухоплавания. Этот вопрос на ж. д. был также быстро и вполне решен, и поезда двигались с невиданными ско-



Фиг. 68

ростями, о которых общество не могло даже и мечтать (до 180 *км/час*), что достигалось не только увеличением диаметра колес, но и увеличением числа их оборотов. Вскоре же оказалось, что гоночные паровозы не годны для повседневной службы; большие же скорости дороги и опасны, кроме того потребности в них еще не было. Поэтому, после удовлетворения этого запроса общества, об исключительно больших скоростях скоро забыли и стали строить паровозы для нормальной

[1] Брунель — выдающийся инженер начала XIX в., соперник и конкурент Стефенсона. Своими широкими проектами, знаниями и энтузиазмом он оказывал огромное влияние на развитие техники своего времени во всех областях. Он строил ж.-д. доки, водопроводы, наибольшие в то время в мире пароходы и пр. Первый ввел употребление гребных винтов в Англии. Умер в 1859 г. и похоронен в Вестминстерском аббатстве.

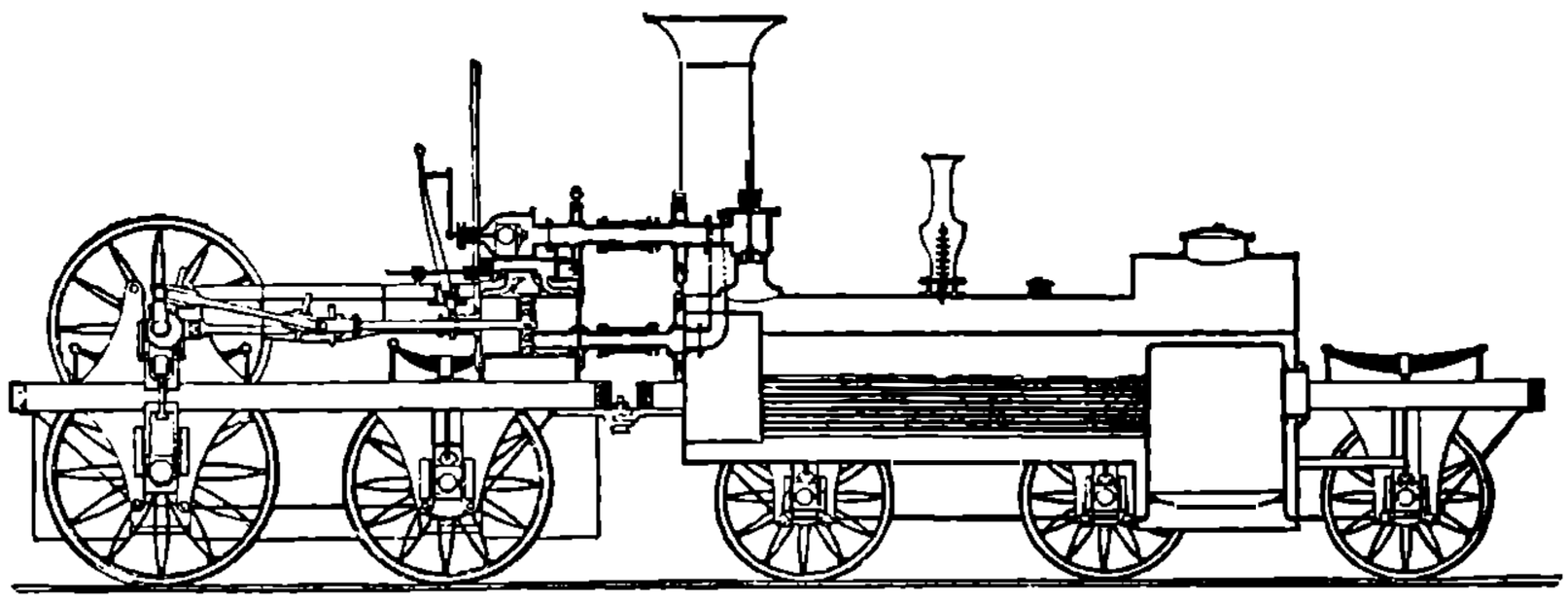
[2] После «победы» нормальной колеи дорог с широкой колеей в Англии больше не строили, но Большая Западная дорога существовала, пока крайние неудобства при передаче грузов и пассажиров на соседние дороги заставили ее перешить. Последний поезд по широкой колее прошел 20/VI 1892 г., и дорога длиной 320 *км* была перешита на нормальную колею в течение 31 часа.

НБ УДУНТ (ДИТ)

службы с умеренными скоростями, и затем средние скорости стали только естественно и постепенно повышаться по мере ускорения темпа жизни. Тем не менее ряд паровозов этого периода, даже гоночных, представляет большой исторический интерес.

Первое время на Большой Западной ж. д. были паровозы исключительно типа 1—1—1, например, в виде паровоза «Вулкан» (фиг. 67), которые развивали скорость до 80 *км/час* [1].

Из гоночных укажем на два замечательных паровоза, построенных по проекту Гаррисона заводом Хейтзорна (Hawthorn) в 1838 г. «Thunderer» («Громовержец») и «Hurricane» («Ураган»). Они имели ту особенность, что котел и машина находились на разных экипажах с целью производить часто требовавшиеся тогда ремонты и промывку независимо друг от друга, т. е. чтобы иметь возможность отделить котел от машины: к исправному котлу прицепить исправную машину — и наоборот. На фиг. 68 показан «Ураган», а на фиг. 69 — «Громовержец».



Фиг. 69

Паровоз «Ураган» имел машину, помещенную на отдельной трехосной тележке, ведущие колеса которой имели диаметр 3 048 *мм*, а шатуны непосредственно действовали на коленчатую ось, буксы которой помещались сверху рамы.

Паровоз «Громовержец» отличался своей машиной, которая помещалась на отдельной двухосной тележке. На этой тележке были расположены горизонтальные цилиндры, и шатуны приводили в движение коленчатую ось с зубчатым колесом, которое сцеплялось с шестерней, сидевшей на ведущей оси. Отношение передачи между зубчатыми колесами было 3 1, т. е. одному обороту коленчатой оси соответствовало три оборота ведущей оси. Неизменяемость расстояния между коленчатой и ведущей осями достигалось тем, что их осевые буксы были соединены между собой и потому имели одинаковое перемещение в вертикальной плоскости.

Паровой котел в обоих паровозах был почти одинаков и помещался на отдельной трехосной тележке, причем мятый пар из паровой машины выпускался в дымовую трубу. Чтобы паровые трубы имели возможность следовать за боковыми передвижениями тележек, они имели по два шарнирных соединения.

Паровозы развивали до 160 *км/час*, но вследствие малого сцепного веса и сложности подобные паровозы больше не строились.

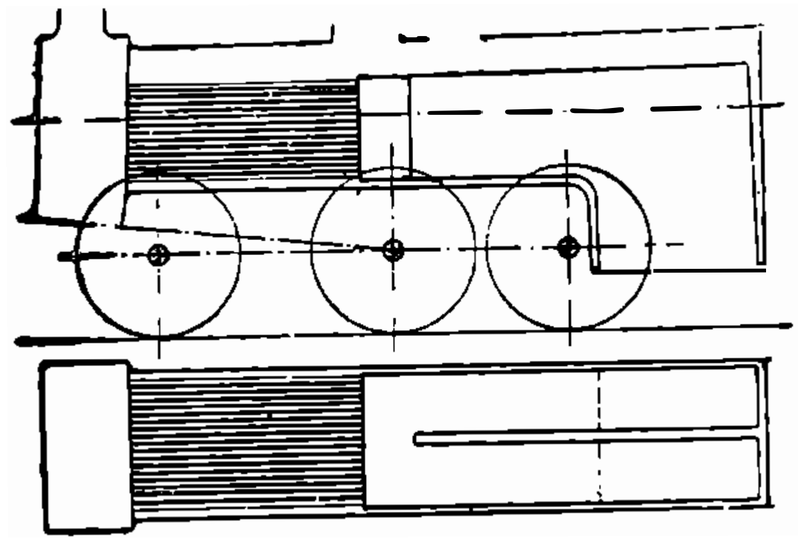
---

[1] Подобные же паровозы «North Star» (Северная звезда) и «Morning Star» (Утренняя звезда) были по проекту Даниила Гуча построены Стефенсоном для нашей бывш. Царскосельской ж. д., но вследствие неплатежа денег Стефенсон их переделал и продал Большой Западной ж. д. (Англия).

НБ УДУНТ (ДНТ)

В это время произошел большой переворот в деле отопления паровозов: до 1838 г. паровозы отапливались коксом, так как уголь давал много дыма, что тогда воспрещалось существовавшими законами. Применение каменного угля было невозможно до тех пор, пока не был разработан вопрос о дымосжигании. Так как отопление каменным углем принесло бы очень крупные эксплоатационные выгоды ввиду его низкой цены сравнительно с коксом, то данным вопросом занялось много лиц.

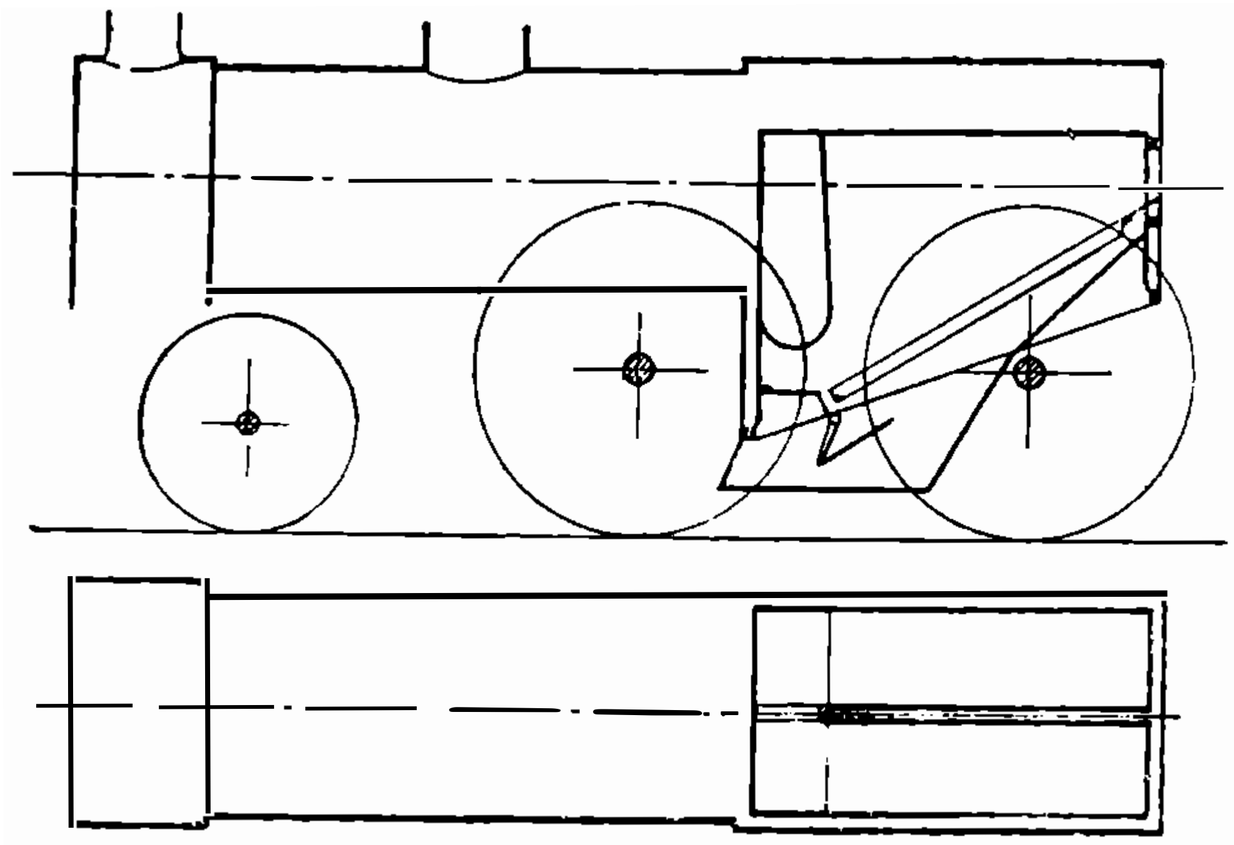
Первая попытка относится к 1838 г., и первый паровоз, приспособленный для каменноугольного отопления, имел топку системы Чентра ((Chanter) с наклоном колосниковой решетки в 45° и с отражателем над решеткой (предвестник свода).



Фиг. 70

В это время были предложены многие конструкции дымосжигательных топок, из которых заслуживают внимания двойная топка с камерой сгорания Мак-Кённела (Mc. Connel) 1852—53 гг. (фиг. 70). Идея двойных топок часто повторялась и позже и находит себе обширное применение в стационарных котлах.

В 1857 г. была предложена Cudworth'ом, начальником тяги английской Юго-Восточной ж. д., двойная топка, без камеры сгорания. представленная на фиг. 71. Уголь забрасывался на заднюю часть сильно наклонной решетки и вследствие сотрясения на ходу паровоза спускался вниз, поэтому дым, проходя над раскаленной частью топлива, сгорал. Результаты были весьма удовлетворительные, и топка нашла большое применение в Англии.



Фиг. 71

В 1855 г. по проекту Битти (Beattie) был построен замечательный паровоз 1—1—1, названный «Crescent», для Лондона — Юго-Западной ж. д. (фиг 72), в котором, между прочим, происходило полное дымосжигание, чем окончательно и разрешался уже давно поднятый вопрос о переходе на каменноугольное отопление.

Топка Битти (фиг. 73): *u* — металлический свод [1], делящий топку на части *A* и *B* с отдельными решетками *r* и дверцами *t*; *g* — свод из огнеупорного кирпича, снабженного несколькими каналами; *f* — круглое отверстие в газосжигательную камеру, в которой имеем

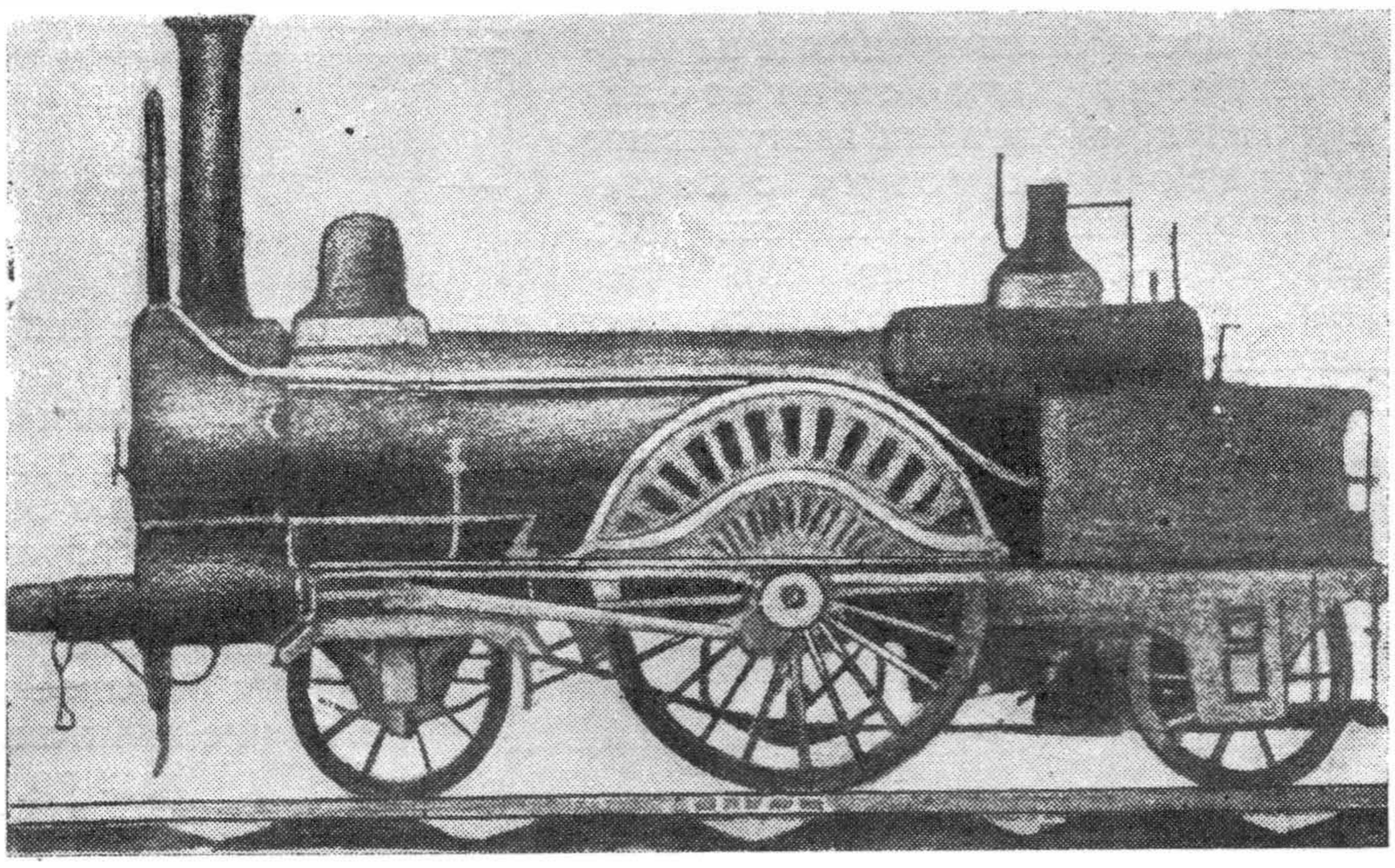
[1] Точную его копию представляет свод Тенбринка, предложенный им во Франции в 90-х годах.

НБ УДУНТ (ДИТ)

заднюю часть C, выложенную огнеупорным кирпичом в виде совокупности трубок диаметром 79 *мм*; *i* — кипятильник. В дно передней части входят воздухопроводные трубки *h*, проходящие через лаз и дающие дополнительный подвод воздуха, регулируемый из будки машиниста при помощи особой задвижки.

Таким образом устройство было весьма сложным, но оно заключало в себе первоначальные элементы многих крупнейших усовершенствований последнего времени: свод из огнеупорного кирпича, дымосжигательную камеру, кипятильник и дополнительный подвод воздуха.

Этот же паровоз имел и подогреватель воды, забытый потом до XX в. Он состоял из конденсатора, расположенного



Фиг. 72

впереди дымовой трубы, в котором мятый пар охлаждался струею холодной воды, накачиваемой особым насосом. Нагретая таким образом вода отводилась трубой в тендер, но во время питания котла она питательным насосом, соединенным с этой трубой, направлялась в особую камеру, помещенную в дымовой коробке, где ее температура поднималась выше точки кипения, и затем она накачивалась в котел.

Опытные исследования этого паровоза дали исключительные результаты: экономию в расходе топлива до 30% и полное уничтожение дыма.

Наконец, этот паровоз имел приспособление для увеличения сцепления по мере надобности между ведущим колесом и рельсами.

Как видим, появляются время от времени, периодически, паровозы, заключающие удивительное богатство новых идей, из которых многие далеко опережают век, а потом забываются на десятилетия, чтобы потом снова появиться, но уже в новом конструктивном осуществлении и под новыми названиями, а часто и по новым патентам других лиц.

ВВ УДУНТ (ДИТ)

Паровозы нормальной колеи начали строить с внутренними рамами, более удобными на практике. Первый такой паровоз был построен Стирлингом в 1839 г. типа 1—1—1 для ж. д. Arbroath—Forfar'ской.

В это же время (1839 г.) завод Haigh Foundry впервые начал обшивать котлы железными листами вместо деревянной обшивки, употреблявшейся до сего времени.

В 1839 г. произошло событие, имевшее весьма значительные последствия: на строящейся дороге Birmingham—Gloucester был подъем в 0,027, длиной 3,2 *км* (Lickey'ский). Главный инженер Мурсон (Moorson) был убежден, что английские заводы не в состоянии строить требуемые мощные паровозы, и выписал их с завода Норрис (Norris) в Филадельфии. Прибыли 8 паровозов американского типа 2—1—0, которые оказались вполне удовлетворительными и на указанном подъеме возили поезд весом 33 *т* со скоростью 24 *км/час.*

Таким образом были признаны в Европе высокие достижения американского паровозостроения: через несколько лет после посылки первых паровозов из Англии в Америку, Америка стала снабжать Англию (факт большой исторической важности) и, наконец, в Англии познакомились с достижениями американской техники (наружные цилиндры и золотники, внутренние рамы и поворотные тележки со шкворнями), оказавшими в свою очередь влияние на английскую технику.

С другой стороны, в Англии появились выдающиеся инженеры-конструкторы (знаменитые Гуч и Аллан [1], изобретатели кулисс и др.), которые пришли к заключению о необходимости строить паровозы с более мощными котлами, вес которых распределялся бы между большим числом осей (тип 2—1—1), для достижения больших скоростей, и более мощные пассажирские паровозы, которые возили бы с умеренными скоростями, но поезда большого состава (тип 1—2—0).

Первая задача была прекрасно осуществлена Д. Гучем, который спроектировал и построил в мастерских в Swidon в 1846 г. выдающийся паровоз 2—1—1, названный «Great Western» (фиг. 74). При диаметре колес 8 футов (2 438 *мм)* паровоз вез поезд весом 100 *т* со скоростью 120 *км/час.* Этот паровоз считался одним из лучших в мире. Таких паровозов было в период 1847—1855 гг. построено еще 29, и некоторые из них, отчасти модернизированные, служили на широколейной ж. д. до ее перешивки в 1892 г. На фиг. 75 показана весьма простой конструкции поворотная тележка паровозов того времени.

Образцом паровоза второго типа служит паровоз 1—2—0, спроектированный Алланом и построенный в мастерских в Grewe, почему и получил название — «тип мастерских Grewe». Их было два класса: пассажирские, имевшие диаметр колес 6 футов (1 829 *мм*) и товарные — 5 футов (1 524 *мм*). Пассажирский (фиг. 76) тип Grewe имел внешние цилиндры.

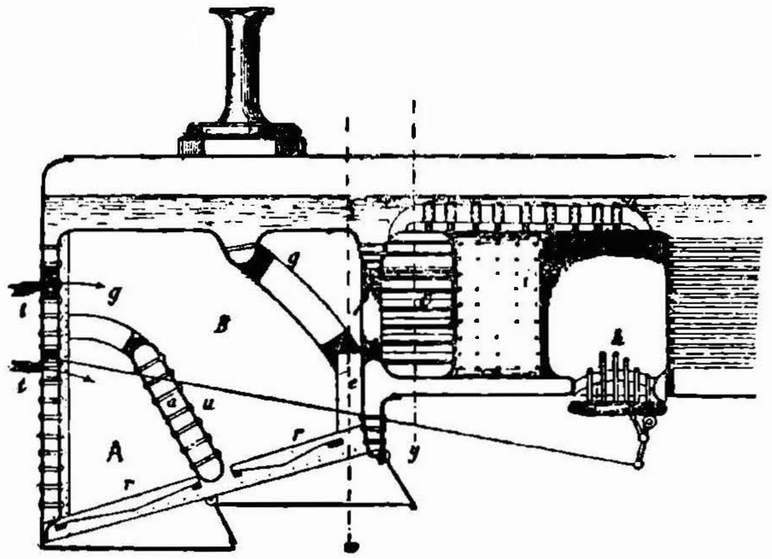
Погоня за установлением высоких рекордов скорости заставила тщательно изучать вопросы торможения. В 1843 г. инженер Робертсон (Robertson) изобрел паровой тормоз, который и был поставлен на одном из паровозов 0—3—0 в 1843 г.

Тормоз состоял из стальной ленты, охватывающей верхнюю часть колеса; один конец ленты прикреплялся к шарниру, а другой —

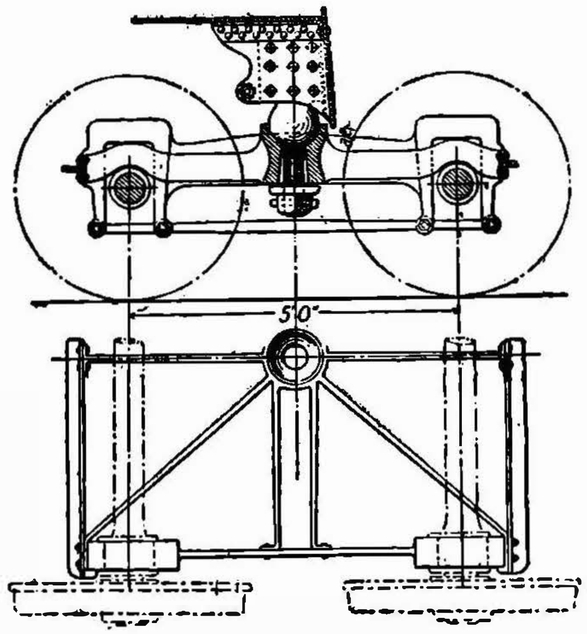
---

[1] Гуч (Даниил) был главным инженером подвижного состава и тяги Большой Западной жел. дороги, Аллан (Александр) — начальник главных мастерских в Grewe (Грю).

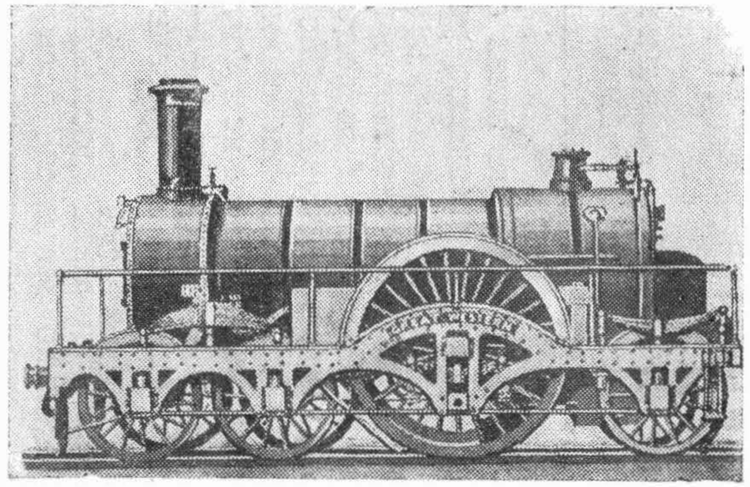
НБ УДУНТ (ДИТ)



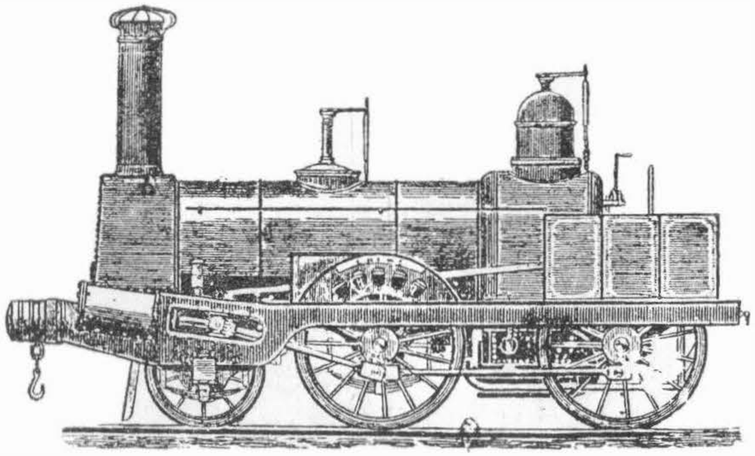
Фиг. 73



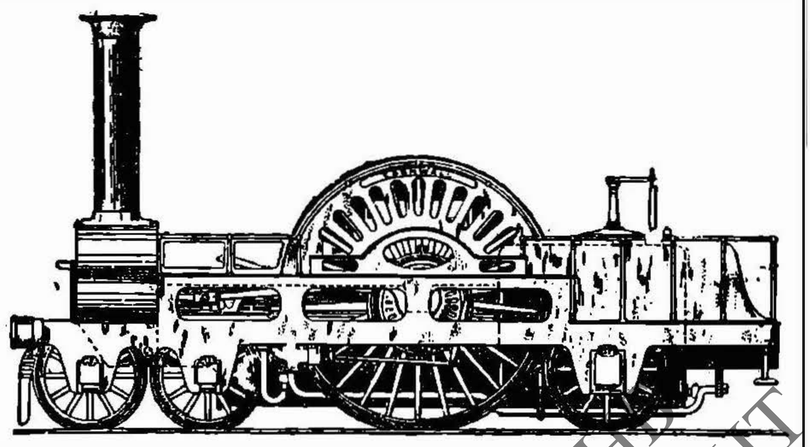
Фиг. 75



Фиг. 74



Фиг. 76



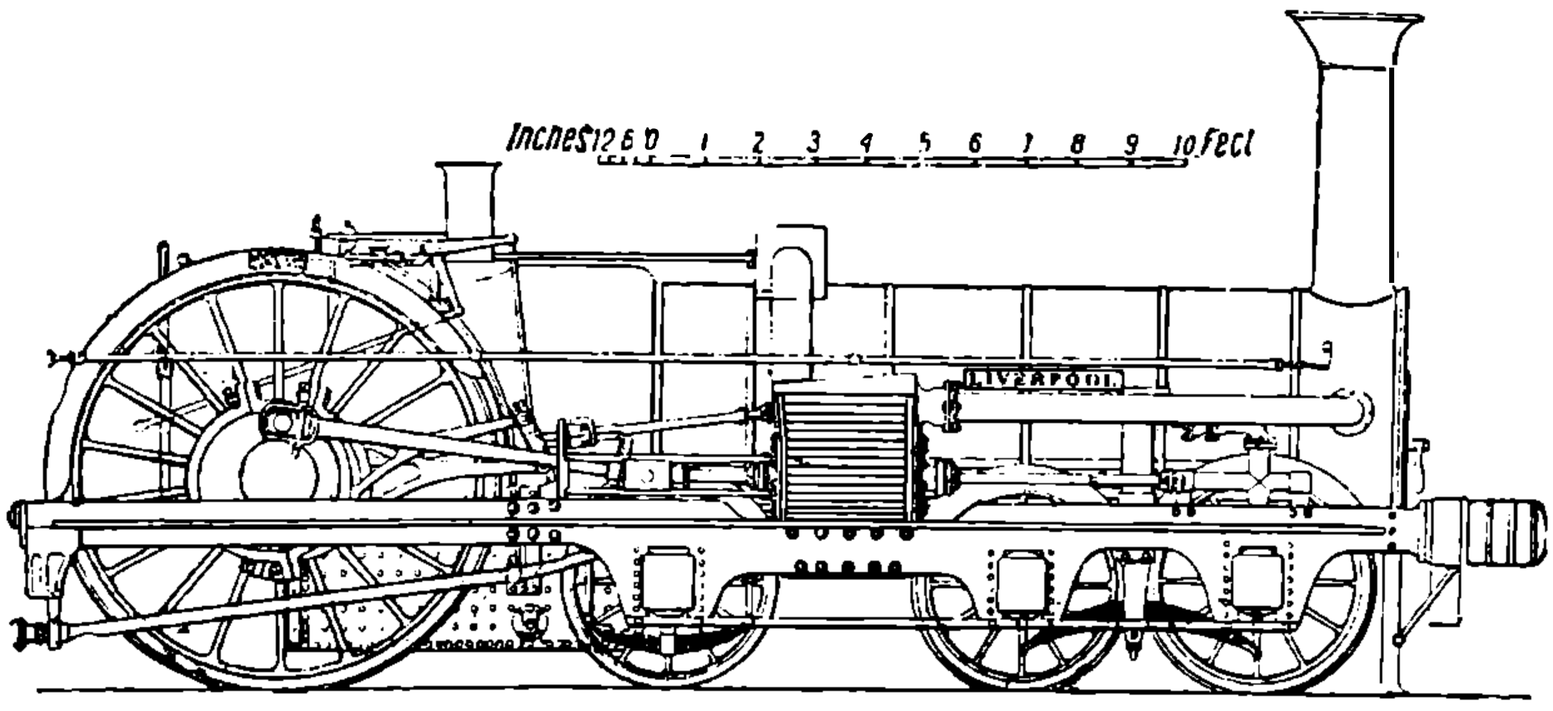
Фиг. 77

НТБ
УДУНТ
(ДПТ)

к штоку парового цилиндра. При соответствующем впуске пара лента прижималась к колесу. В то время считалось, что тормозить ведущие оси нельзя.

На том же паровозе по указанию Патона (Paton), главного инженера подвижного состава ж. д. Эдинбург—Глазго (1843 г.), были поставлены две песочницы, из которых кочегар мог сыпать песок, в случае необходимости, на рельсы с помощью привода, который оканчивался на задней площадке.

В период борьбы за скорость установка была на увеличение диаметра колес, но вместе с тем опасались поднимать котел из-за боязни потерять устойчивость и безопасность движения, несмотря на доказательства противного инженером Мак-Кённелом, справедливость мнений которого подтвердил опыт нашего времени. Этот взгляд заставил вынести ведущую ось за топку, и таким образом получился тип Крамптона (Crampton), который оказался плохо действующим на путь и имеющим значительные колебательные движения, особенно передней части, почему он был склонен к сходу с рельсов при больших скоростях. Поэтому он, кроме Франции, распространения не получил.



Фиг. 78

Эта идея была уже не нова, так как еще в 1833 г. Балдвин строил паровозы с ведущей осью за топкой. Первые паровозы Крамптона в Европе были построены в 1846 г. фирмой Тулк и Лай (Tulk и Ley).

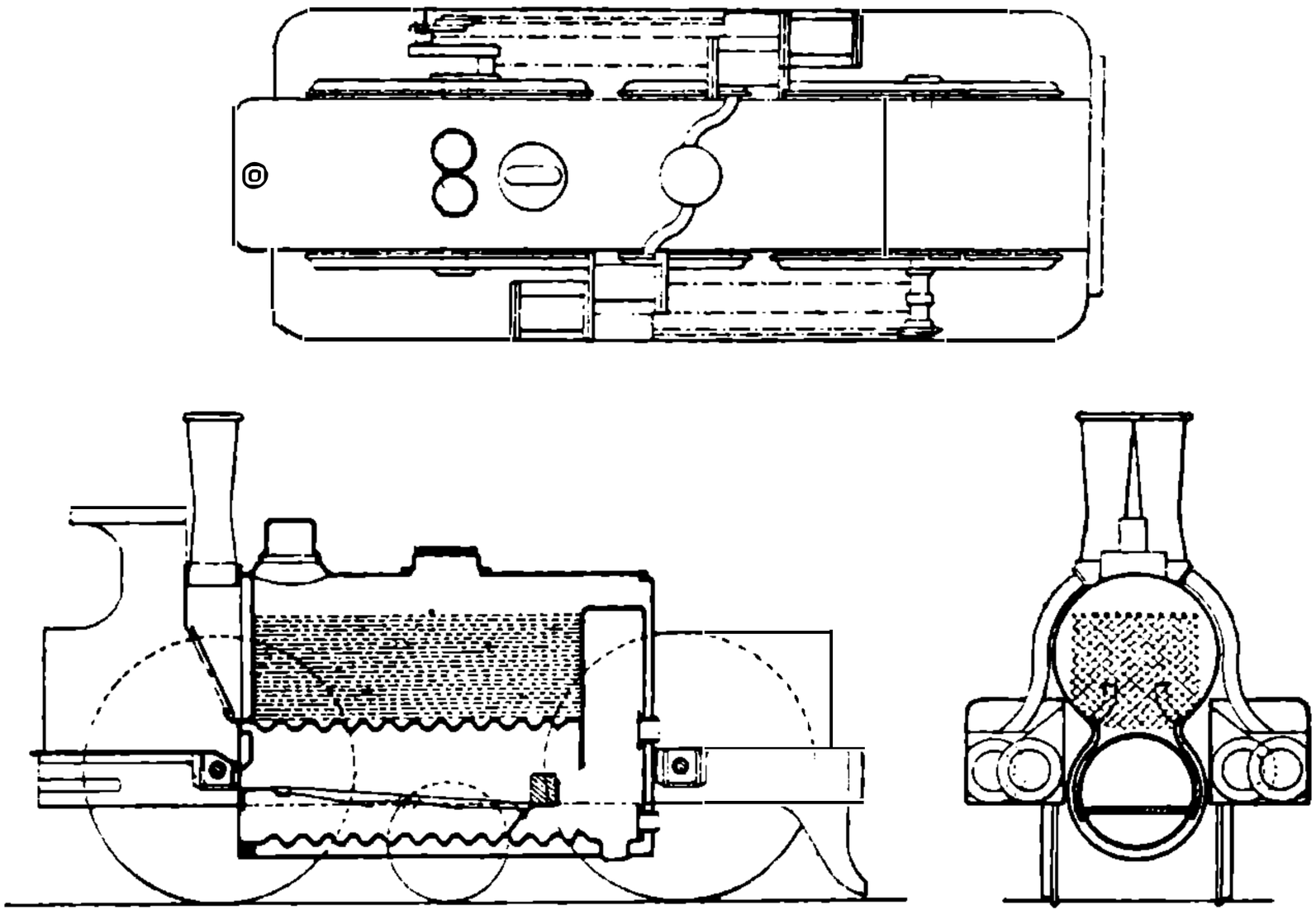
Паровозы Крамптона имели несколько разновидностей. На фиг. 78 представлена одна из них (тип 3—1—0), в которой вес котла передается впереди на три поддерживающих оси, что часто применялось и в Америке.

Приведенный паровоз, построенный заводом Бур в 1849 г., считался в течение многих лет самым сильным паровозом в мире, главным образом благодаря еще невиданной тогда мощности котла: он имел 300 дымогарных труб, 206 $м^2$ поверхности нагрева и 1,9 $м^2$ площади колосниковой решетки[1], почему его работоспособность была в 2—3 раза выше таковой современных ему паровозов. Нагрузка на ведущую ось была 12,2 $т$, что в то время считалось резко преувеличенным и заставило вывести этот паровоз из употребления, обратив вместе с тем внимание на дальнейшее усиление верхнего строения пути, во избежание задержки в развитии паровозостроения.

[1] Площадь колосниковой решетки была бесспорно мала сравнительно с поверхностью нагрева.

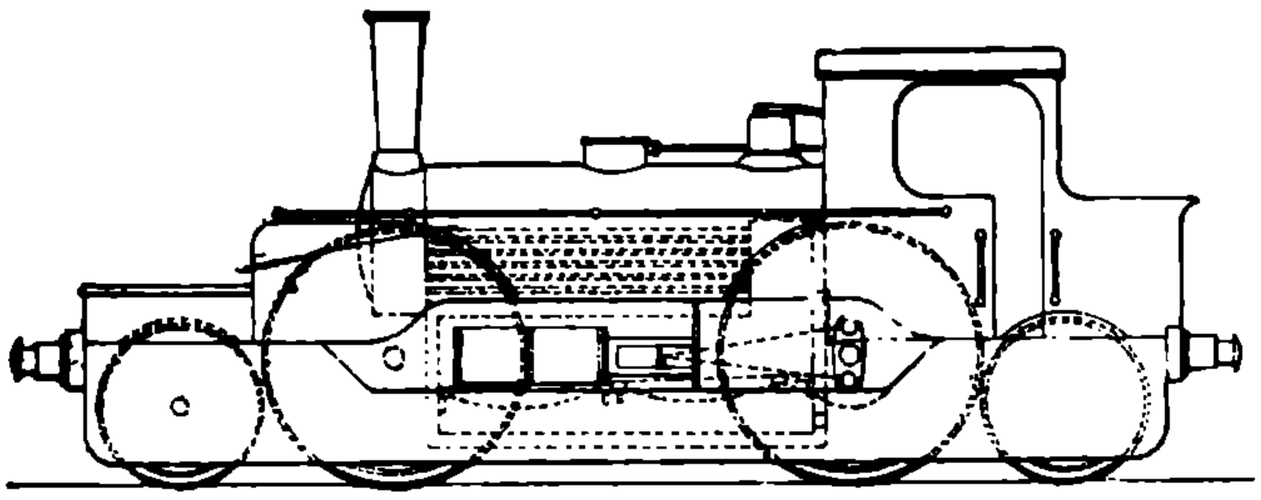
НБ УДУНТ (ДИТ)

Интересно отметить, что идея паровозов Крамптона снова возникла в 80-х годах, но уже в виде сдвоенных паровозов, так как сцепной вес при одной оси, даже при наибольшей нагрузке того времени в 15 *т*, оказался недостаточным. Поэтому в 1886 г. были предложены следующие два типа:



Фиг. 79

1. Фиг. 79—четырехцилиндровый сдвоенный Крамптон с колесами диаметром 2 100 *мм*. Так как расстояние между осями было только 4 *м* и надо было поставить котел в 140—150 *м*², то применили морской котел с круглой волнистой топкой на низу и с трубчатым котлом над нею, через который идет газовый поток в обратную сторону, так что дымовые трубы находятся у будки машиниста. Цилиндров четыре: два левых приводили в движение заднюю ось при помощи двойного кривошипа, два правых — переднюю. Цилиндры попарно отливались вместе.



Фиг. 80

2. Фиг. 80 — более усовершенствованный подобный тип, но с двумя поддерживающимися осями.

Эти паровозы, понятно, распространения не получили, так как обыкновенные паровозы с двумя спаренными осями являлись более простыми и удобными для эксплоатации.

Была даже попытка поместить котел под ведущей осью: таков паровоз, построенный по проекту Тревитика (сына знаменитого строителя первого паровоза) типа 2—1—1 и названный «Cornwall» (фиг. 77).

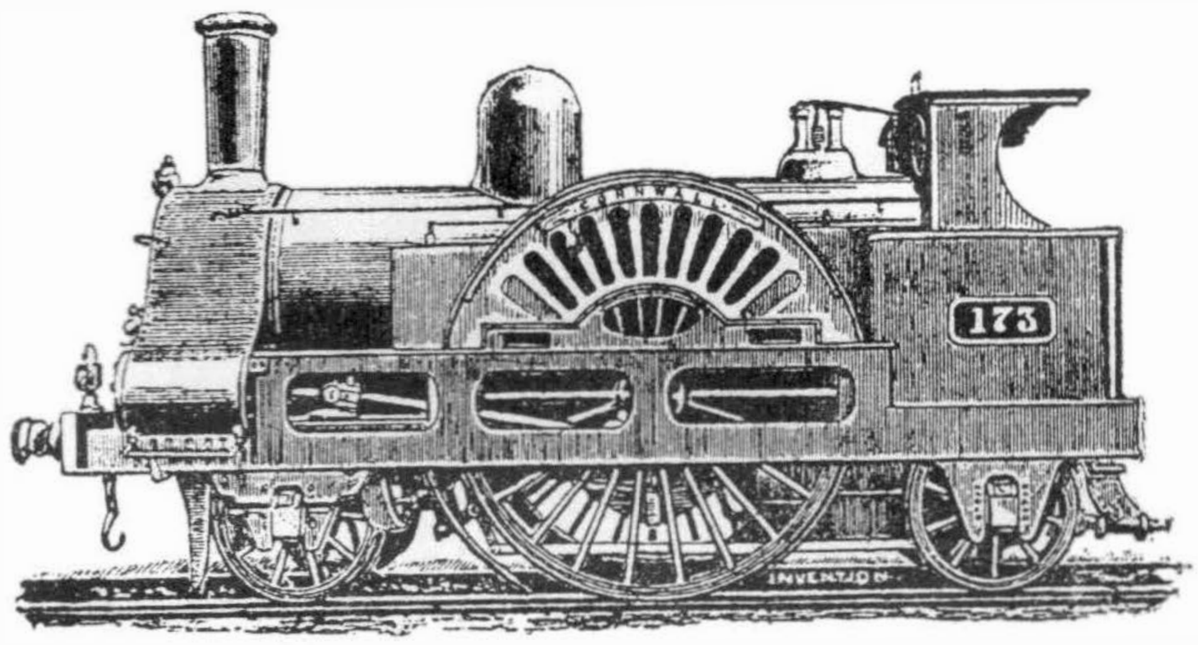
НВ УДУНТ (ДИТ)

Он имел диаметр колес в 8½ фута (2 590 *мм*) и на пробной поездке в 1847 г. развил колоссальную скорость — 187 *км/час*. Таким образом этот паровоз для ж. д. Лондон — Сев.-Зап. победил широколейные, и тем вопрос о преимуществах паровозов нормальной колеи был решен. Широкая колея была оставлена.

Но вопрос о допустимости высоко стоящих котлов уже вошел в сознание ж.-д. техников, и котел Cornwall поставили над осью: получился паровоз, представленный на фиг. 81, который более 50 лет возил курьерские поезда между Ливерпулем и Манчестером, развивая наибольшую скорость в мире.

Из выдающихся паровозов этого периода особенно выделялся пассажирский паровоз, построенный в 1851 г. по проекту Мак-Кённела (известный под названием «№ 300») типа 2—1—1 фирмой Farbairn & C⁰ (Фербен) в Манчестере.

Он имел ряд усовершенствований, которые нашли себе широкое применение только в последнее время: 1) оси поставлены пустотелые; 2) перегрев пара; он был осуществлен очень примитивно: паропроводные трубы проходили в дымовой коробке через особый ящик, что делало пар, поступающий в цилиндры, сухим, т. е. скорее это был паросушитель; 3) камера сгорания; котел имел длину 3 581 *мм*, но топка вдавалась в цилиндрическую часть на 1 448 *мм*, и таким образом длина труб была 2 133 *мм*; 4) распорные болты были снабжены каналами.



Фиг. 81

Кроме того в это время (1848 г.) начали строить легкие паровозы для ж. д. второстепенного значения, обыкновенно полутанки, называвшиеся тогда «Little Englanders («Маленькие англичане»). Особенно выделялись легкие паровозы фирмы England & C⁰.

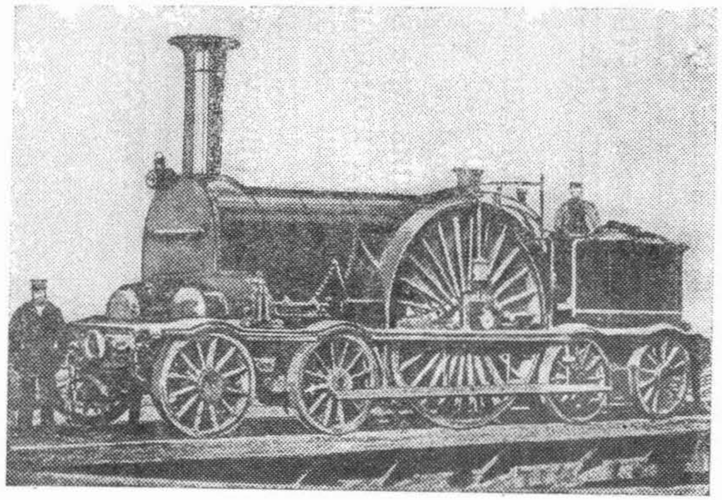
Наконец, довольно часто начали строить танк-паровозы, что объяснялось незначительной протяженностью многих английских ж. д., не вызывающих необходимости значительных запасов воды и топлива. Из таковых укажем на весьма выдающийся танк 2—1—2, построенный в 1853 г. фирмой Rothwell & C⁰ по проекту Пирсона (Piersons) для ж. д. Бристоль — Эксетер (фиг. 82).

Паровоз развивал, имея ведущие колеса (без гребней) диаметром 9 футов (2 700 *мм*) скорость до 130 *км/час*, делая только 188 об/мин ведущих колес, почему отличался очень спокойным ходом.

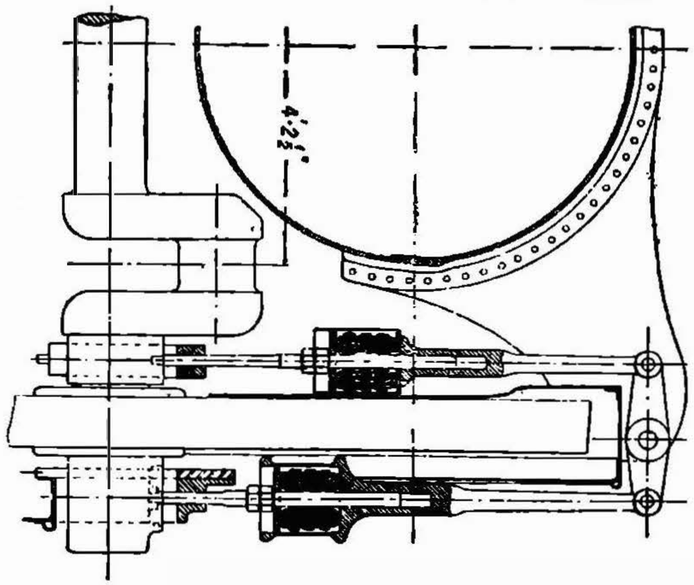
У такого паровоза представляло затруднение подвешивание ведущей оси. Оно разрешено было весьма оригинально — при помощи каучуковых шайб с поперечным небольшим балансиром, ось которого была прикреплена к поперечному жесткому листу, прикрепленному к котлу. Для большей устойчивости ведущие колеса имели опору с обеих сторон (фиг. 83).

Английские паровозы даже до 1860 г. не только не имели будки машиниста, но даже козырька, т. е. стенки с небольшим навесом впереди машиниста (для защиты его от ветра).

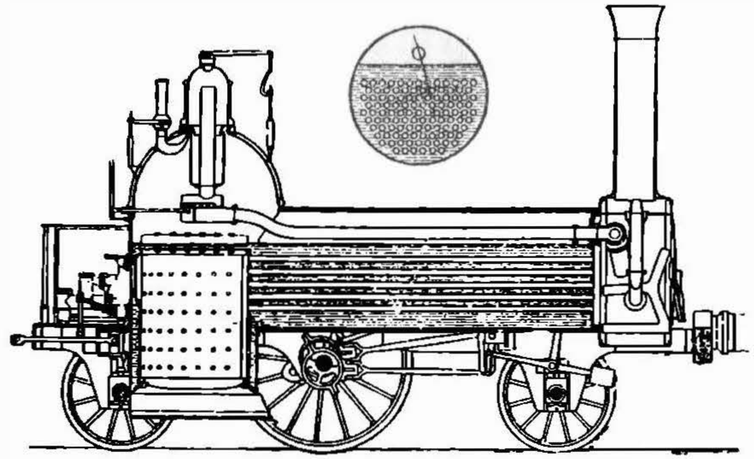
НБ УДУНТ (ДІІТ)



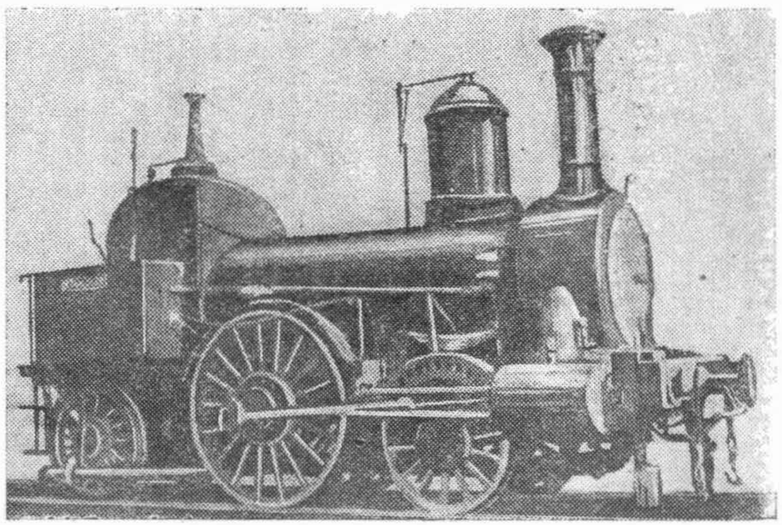
Фиг 82



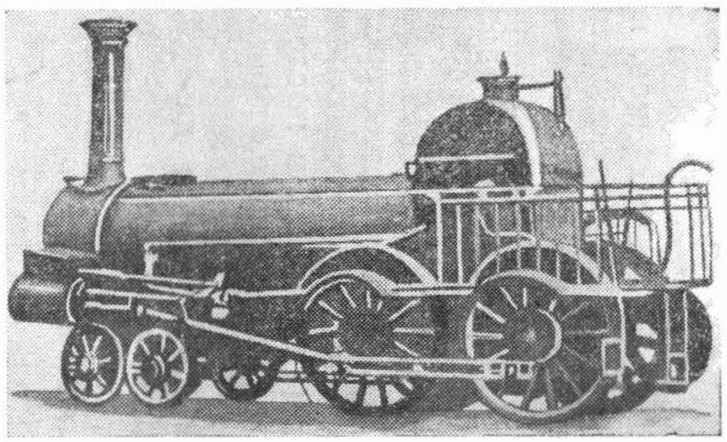
Фиг. 83



Фиг 84



Фиг. 85



Фиг. 86

НБ
УДУНТ
(ДПТ)

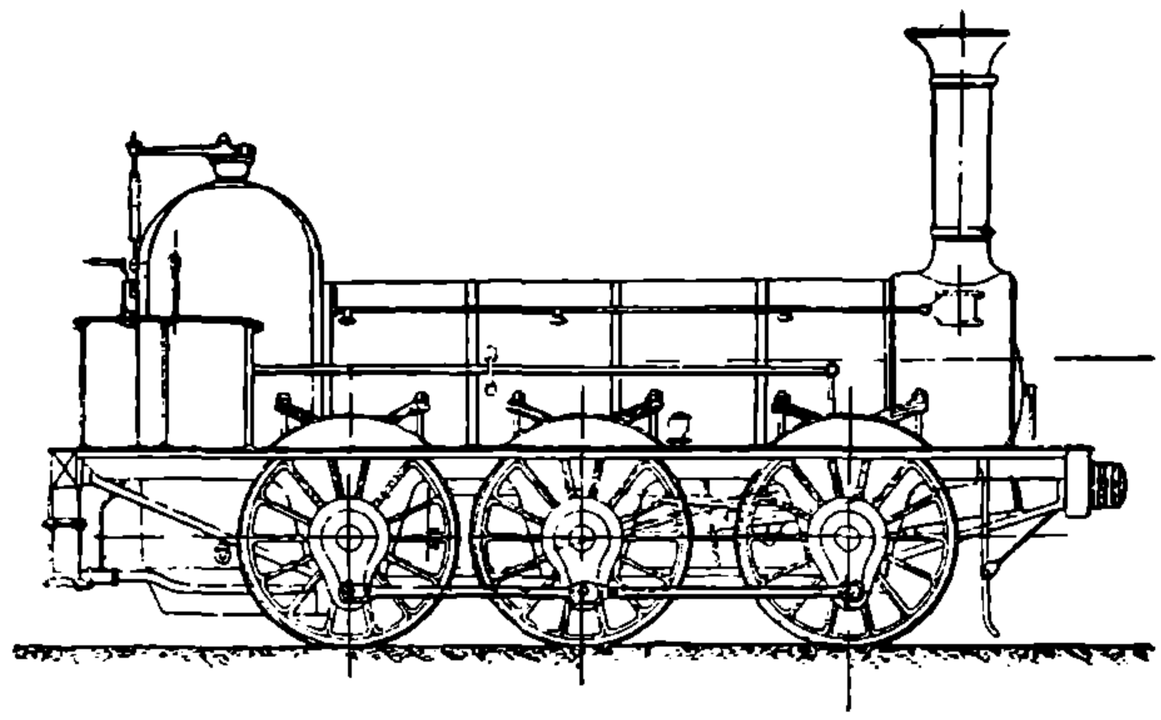
Необходимо еще отметить два трехцилиндровых паровоза, впервые построенных в 1846 г. Р. Стефенсоном и Гау. Они имели два внешних и один внутренний цилиндры с целью уменьшить боковые колебания паровоза. Хотя работа их была вполне удовлетворительна, но сложность устройства препятствовала дальнейшему распространению (фиг. 210).

§ 12. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ ЕВРОПЫ. ПАРОВОЗОСТРОЕНИЕ В ГЕРМАНИИ И ФРАНЦИИ

Первая ж. д. в Германии была открыта в 1835 г. между Нюренбергом и Фюрстом и обслуживалась паровозами 1—1—1 Стефенсона.

Вскоре в Германии начали открываться заводы, ставшие впоследствии одними из лучших в мире и далеко обогнавшие английские: А. Борзига (Borsig) — в Берлине-Тегеле в 1841 г., Маффеи (Maffei) — в Мюнхене в 1846 г., Ганноверский Эгесторфа (теперь Hanomag) в Ганновере-Линдене в 1846 г., Геншеля (Henschel & Sohn) в Касселе в 1846 г., машиностроительный в Эслинге в 1846 г., Саксонский Гартмана (Hartmann) в Хемнице в 1848 г. и др.

Первый паровоз в 1841 г. Борзиг поставил по американскому образцу для ж. д. Берлин — Ангальт (модель фирмы Норрис в Филадельфии) (фиг. 84), названный «Beuth», с наружными наклонными цилиндрами и колпаком на куполообразной топке.



Фиг. 87

Сначала пользовались одними и теми же паровозами для пассажирского и товарного движения, но уже в 1851 г. были пущены в эксплоатацию первые в Германии курьерские паровозы.

На фиг. 85 показан типичный курьерский паровоз Северо-германских ж. д. (построенный Борзигом в 1858 г.) 50—60-х годов. Здесь характерно: отсутствие будки для машиниста, куполообразная топка и перенесение большого колпака (очень характерного для того времени) к трубе; предохранительный клапан снабжен рычажной передачей Меггенгофена.

В то время в северной Германии преобладали внутренние паровозные рамы, в южной — внешние.

В дальнейшем перешли к типу 1—2—0 для товарных паровозов, но со свешивающейся топкой; в восточной Германии часто строили паровозы типа 0—2—1 с поддерживающею осью под топкой. Эти паровозы строились до 90-х годов.

Наконец с 1843 г. появился обыкновенный товарный паровоз 0—3—0, который был самым распространенным типом и строился до 1907 г.

В 1848 г. завод Геншеля построил свой первый паровоз «Drache» («Дракон») типа 2—2—0 (фиг. 86), явно американского типа. Рабочее давление было 8 *ат*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Во Франции первая ж. д. была проведена между Лионом и Андрезье и Лионом и Сент-Этьеном в 1826 г. Она обслуживалась английскими паровозами Стефенсона. Дороги были «товарные» и первая дорога для пассажиров была Париж—С.-Жерменская (открыта в 1837 г.). Р. Стефенсон построил для Париж-Орлеанской ж. д. очень мощный по тем временам паровоз 0—3—0 (фиг. 87), названный «Mammonth» («Мамонт»).

В 1838 г. в Крезо (Creusot) Шнейдер (Schneider & C⁰) построил первый во Франции паровозостроительный завод, затем в 1849 г. в Фив-Лилле и др. городах; паровозы изготовлялись по английским образцам; выдающихся типов в этот период построено не было.

Но во Франции были сделаны выдающиеся изобретения: трубчатый котел Сегена, золотник Клапейрона и жаротрубный перегреватель Моншейля.

§ 13. ОБЩЕЕ РАЗВИТИЕ Ж. Д. И ПАРОВОЗОВ В СЕРЕДИНЕ XIX В.

К 1850 г., т. е. через 25 лет после открытия ж. д., картина была такова: паровоз был окончательно сформирован во всех своих частях; была достигнута уже высокая степень совершенства в паровозостроении и притом не только в «колыбели ж. д.» — Англии, но и в Америке, которая энергично шла вперед, перегоняя Англию, и в других странах. Значение ж. д. было общепризнано, и они начали быстро распространяться во всех культурных странах.

Великобритания (1825) .	10 653	Нидерланды (1839)	176
США (1830)	14 515	Италия (1839)	427
Франция (1832)	3 083	Канада (1840) . .	114
Германия (1835)	6 044	Швейцария (1844)	27
Бельгия (1835)	854	Дания (1847) .	32
Европейская Россия (1837)	601	Испания (1848) .	28
Австро-Венгрия (1838)	1 579	Мексика (1850)	11
		Всего .	38 144 *км*

К этому времени первое место уже занимали США, второе — Англия и третье — Германия.

Паровозостроительные заводы открылись уже во многих странах.

Для обслуживания сети были уже выработаны установившиеся типы, сохранившиеся на долгое время, а именно:

Пассажирские: 1—1—1, «Патентованный» Стефенсона; 2—1—1 типа «Great Western»; 1—2—0 «Типа мастерских Grewe»; 2—2—0 русский (Александровского завода) [1].

Типы 1—1—0 и 0—2—0 уже начали сходить со сцены и более не строились.

Товарные: 1—2—0 «Типа мастерских Grewe»; 0—3—0 Стефенсона (тип «Атлас») и русский (Александровского завода)[1].

Размеры паровозов за 25 лет весьма значительно возросли. Если, например, сравнить размеры «Ракеты» и паровоза 0—3—0 нашего Александровского завода, то найдем, что вес в рабочем состоянии — с 4,5 увеличился до 33,5 *т*, поверхность нагрева — с 13 до 104 *м²*, площадь колосниковой решетки — с 0,6 до 1,8 *м²*, давление в котле — с 3,5 до 8,0 *ат* и т. д.

---

[1] Пролетарский завод в Ленинграде.

НБ УДУНТ (ДГТ)

Глава четвертая

ПЕРИОД 1850—1900 гг.

§ 14. ЭВОЛЮЦИЯ ПАРОВОЗОВ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.

Как сказано выше, к 50-м годам типы паровозов вылились в устойчивые формы: пассажирские паровозы — типы 1—1—1 и 1—2—0, которые по почину Америки стали заменяться затем типом 2—2—0, и товарные — типы 0—3—0.

Естественная эволюция заключалась в увеличении числа спаренных осей со всеми последствиями (увеличение сцепного веса, мощности силовой установки, силы тяги): появились типы пассажирских паровозов 1—3—0 и 2—3—0; товарные же стали развиваться по трем путям: обыкновенные, которые к концу XIX в. перешли в тип 0—4—0 и 1—4—0, и сочлененные; кроме того самостоятельно стали развиваться паровозы зубчатые для горных стран. Единично или в очень малом числе, не нарушая общего характера развития, по временам появлялись паровозы, значительно отклоняющиеся от указанных типов, например 0—6—0, которые начинают входить в употребление только в настоящее время, но они тогда носили «опытный» характер, иногда «рекордный». Часто такие паровозы делались для всемирных выставок, чтобы показать предельную степень развития паровозостроения в данной стране. Являясь намного опередившими потребности времени, они не имели эксплоатационного значения.

Описывая путь эволюции обыкновенных паровозов, мы укажем и на эти опытные паровозы, выделив описание сочлененных паровозов, которые развивались самостоятельно.

Частично шло усовершенствование всех деталей и появление новых приборов и частей паровозов, каковые будут попутно указаны.

Надо отметить вообще, что в вопросе увеличения мощности паровозов впереди шла уже Америка, и вводимые ею типы, после известных изменений, принимались в Европе. Таким образом, в это время руководящая роль уже перешла в США, и даже сочлененные паровозы Маллета, изобретенные в Европе, наибольшего развития достигли в США. Поэтому для этого периода мы начнем рассмотрение с американских паровозов.

Необходимо при этом отметить, что рост промышленности США, вызываемый усиленной эмиграцией из Европы, открытием обширных рынков, благоприятными климатическими и географическими условиями, отсутствием крупных разорительных войн и в первое время милитаризма, богатством энергетических ресурсов (угля и нефти) и железной руды и пр., вызвал потребность в самом широком развитии железнодорожного транспорта, а вместе с тем и мощности паровозов. Но этому препятствовала слабость упряжных приборов, почему вопрос об их усилении являлся вопросом первостепенной государственной необходимости, как и у нас в СССР. Этот вопрос и был разрешен в последней четверти XIX в., оказав, в свою очередь, колоссальное влияние на паровозостроение.

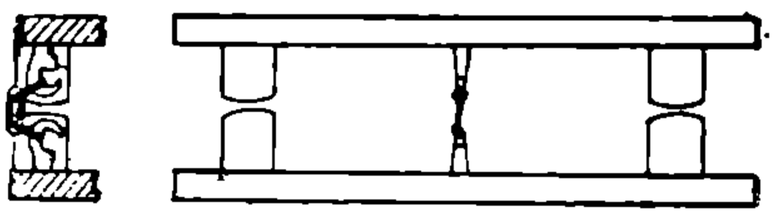
Американские паровозы после введения автосцепки стали невиданно быстро эволюционировать, все время оставляя за собой европейские типы и давая образцы наиболее мощных паровозов в мире. Введение автосцепки оказало исключительное влияние на пропускную способность американских ж. д. и на экономическое развитие США.

Почти во всех странах первоначально употреблялась центральная однобуферная сцепка, которая была и на наших первых поездах (на

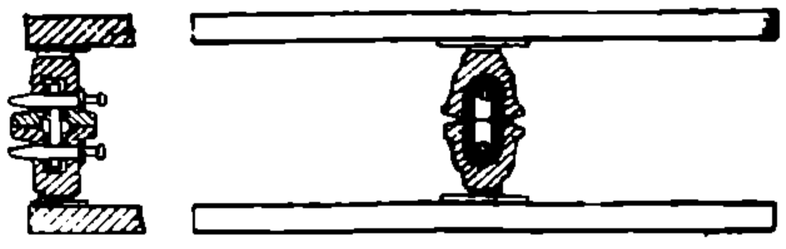
НТБ УрГУПС (ДИТ)

б. Николаевской, ныне Октябрьской ж .д.), но затем Европа перешла на сцепку с боковыми буферами, первоначальный вид которой (трехзвенная сцепка) показан на фиг. 88, где для передачи сжимающих усилий служили деревянные брусья, укрепленные по бокам поперечного (буферного) бруса вагона. Подобная сцепка до сих пор употребляется в Англии для товарных вагонов, но только с боковыми пружинными буферами.

Северная же Америка осталась с центрально-буферной сцепкой («петли и валика») (фиг. 89), которая и применялась почти все XIX ст., но опасность ее в эксплоатации и многочисленность жертв заставили искать выхода в применении автоматической сцепки. Так как весь подвижной состав США был снабжен центрально-буферной сцепкой, то был обеспечен естественный и безболезненный переход к автоматической сцепке также центрально-буферной, которая и стала по-



Фиг. 88



Фиг. 89

являться уже в 60-х годах прошлого столетия. Одна из первых конструкций, нашедших себе применение на практике, была сцепка Миллера (фиг. 90).

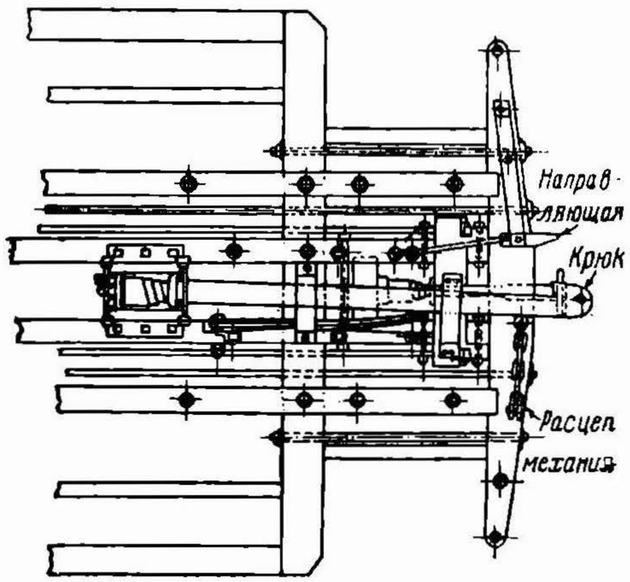
Вообще были предложены сотни конструкций, из которых испытывались десятки и нашли применение немногие единицы.

В 1876 г. изобретена сцепка Джаннея (Janney), которая явилась прообразом современных американских сцепок. На фиг. 91 показан принцип действия сцепки Джаннея: коготь, вращающийся относительно валка, удерживается в своем положении замком, который при расцепке поднимается сцепщиком. Внешний вид современной американской сцепки, представляющей видоизменение основного типа Джаннея, показан на фиг. 92.

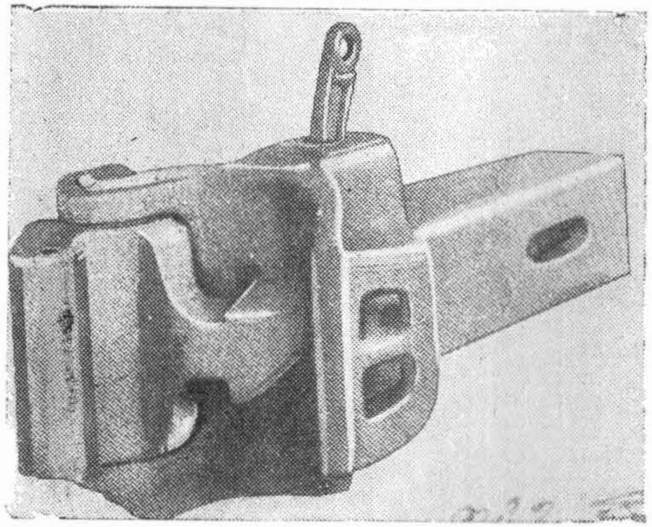
В 1884 г. съезд американских вагоностроителей (Master Car Builders Assotiation — МСБ), в интересах бесперегрузочного сообщения, принял меры к нормализации автосцепки и в 1888 г. окончательно постановил рекомендовать в качестве типовой автосцепку Джаннея с небольшими изменениями, устанавливая ее главные размеры, и таким образом был создан ее нормальный тип под названием МСВ Coupler. Из предложенных нескольких сот систем съезд остановился на системе Джаннея ввиду того, что переход на нее с существующей ручной центрально-буферной сцепки не представлял экономических затруднений. Стандартизованы были только принцип и форма когтя сцепки, обеспечивающая взаимное сцепление; весь же механизм и способ укрепления к раме ничем ограничен не был, почему появилась масса вариантов, и в настоящее время их работает в США около 100.

Так как распространение автосцепки было тем не менее крайне медленное, то положение дела заставило правительство США издать 2 марта 1893 г. закон, обязывающий все ж. д. перевести весь свой подвижной состав на автосцепку к 1 января 1898 г. Этот срок выдержан ж. д. не был, и правительством США был назначен новый срок — 1 января 1900 г., к которому весь подвижной состав США и был переведен на автосцепку. Таким образом на ее введение, считая с 1889 г., потребовалось 11½ лет, и то при грандиозных средствах Америки и

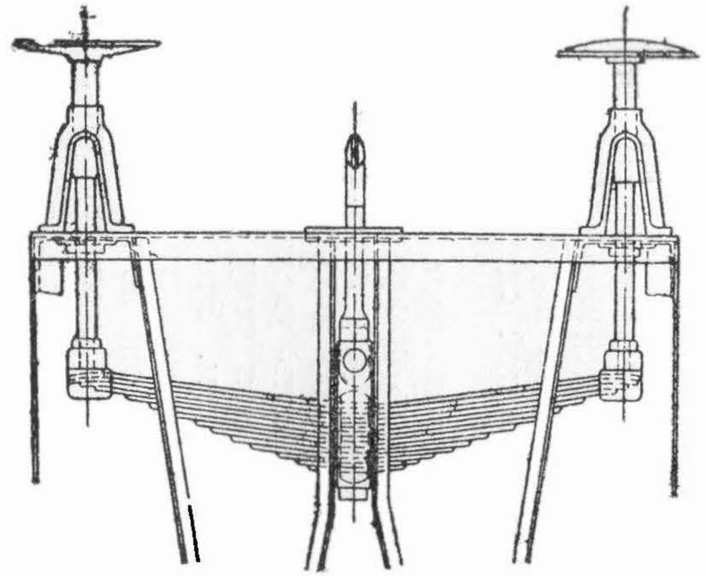
НТБ УрГУПС (ДИТ)



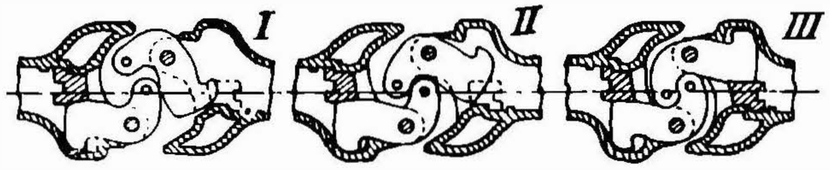
Фиг. 90



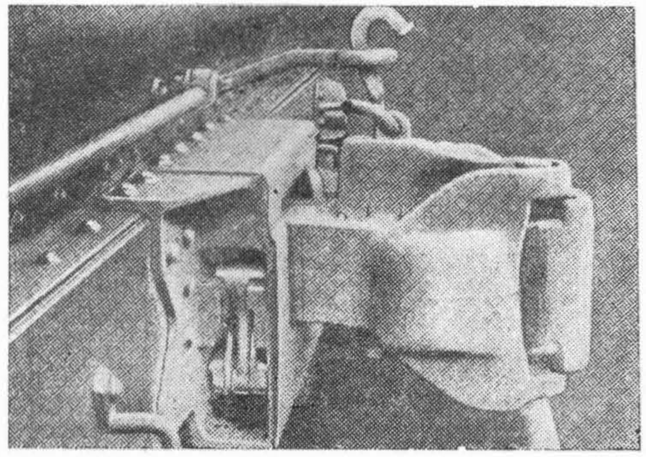
Фиг. 92



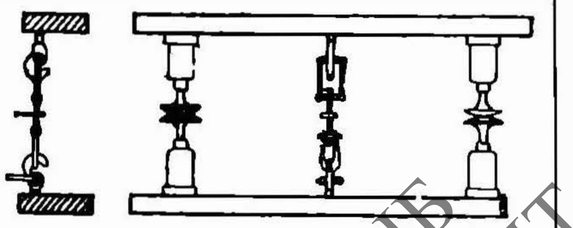
Фиг. 94



Фиг. 91



Фиг. 93



Фиг. 95

НБ УДУНТ (ДПТ)

при отсутствии необходимости переделывать рамы вагонов. Помимо технической трудности задачи — это объясняется еще обширностью вагонного парка США и нахождением железных дорог в руках многочисленных компаний. Общий вид американской сцепки показан на фиг. 93.

Главнейшее влияние автосцепки на паровозостроение заключалось в том, что современные ее системы, разрушаясь при разрывном усилии около 240 *т*, позволяют доводить нормальный вес поезда до 6 000 *т* и при благоприятных условиях даже до 10 000 и 15 000 *т*; следовательно введение автосцепки дало возможность увеличить мощность паровозного парка в несколько раз, благодаря чему отпало ограничение силы тяги по сцепным приборам. Это обстоятельство дало невиданный толчок американскому паровозостроению, создало такие мощные типы паровозов, о которых Европа не могла при своей сцепке даже и мечтать, и поставило США в этом отношении на первое место.

В Европе же вопрос о сцепных приборах пошел по другому пути. Первоначальное жесткое трехзвенное сцепление было заменено упругим, причем сначала применяли прокладку в виде резиновых шайб, например, в сцепке Фишера (Fischer) 1849 г. Ввиду неудовлетворительности подобных сцепок в 1873 г. Германский железнодорожный союз объявил конкурс на изобретение нормальной сцепки. Премию получил Беккер (Becker), инспектор австрийских железных дорог, но и эта сцепка не удовлетворяла эксплоатационным требованиям.

Типичное упругое соединение того времени представлено на фиг. 94; такие приборы применялись и на русских ж. д. до 80-х годов; затем перешли на сквозную упряжь и вместе с тем почти во всей Европе трехзвенную упряжь заменили винтовой стяжкой, схематически изображенной на фиг. 95.

В 1892 г. в России была установлена так называемая нормальная винтовая стяжка, одновременно с введением нормального товарного вагона, но расчетное тяговое усилие (на крюке) равнялось только 12 *т*.

Подобные винтовые стяжки были введены во всей Европе, но они позволили развивать к концу XIX в. тяговое усилие на крюке в 5—6 раз меньшее, чем в США, что положило предел развитию мощного европейского паровоза, затормозив паровозостроение в Европе на целые десятилетия.

Чтобы не возвращаться к европейским сцепным приборам снова, разберем развитие их в XX в.

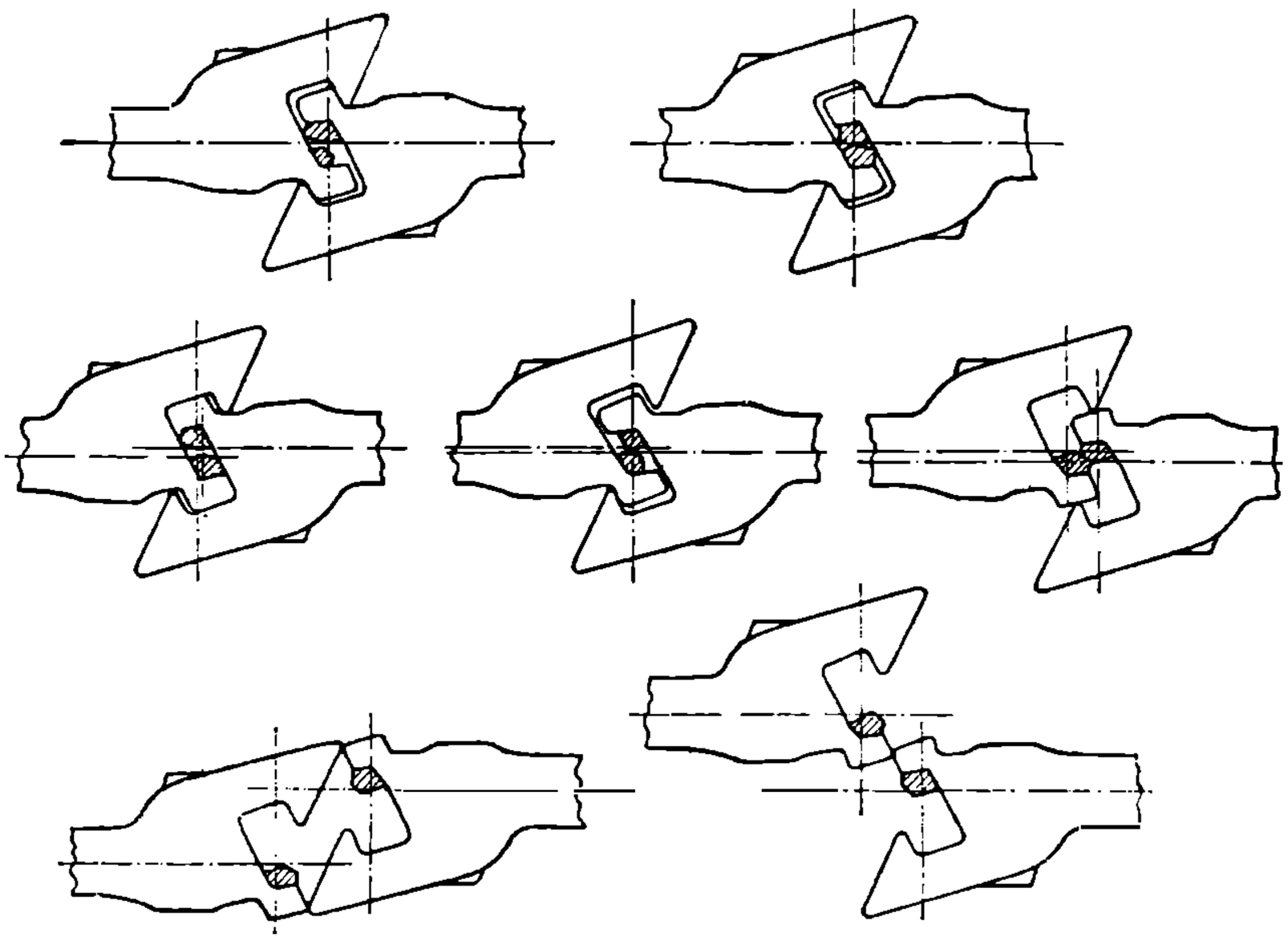
В Европе и до настоящего времени преимущественно применяется винтовая стяжка. В России с 1905 г. начали вводить усиленную стяжку с расчетным тяговым усилием в 16 *т*; нормальная и усиленная стяжки были простыми, но с 1912 их стали заменять объединенной стяжкой с тяговым усилием на крюке 16 *т*, сконструированной по типу стяжки Уленгута, появившейся впервые в 1898 г.

Нормальная стяжка 1916 г. и новая стяжка 1927 г. имеют ту же конструкцию, и только предполагается, повысив качество металла, увеличить усилие на крюке до 18 *т*. Наша винтовая стяжка является сильнейшей в Европе, кроме Германии, которая тем не менее ограничивает вес своих товарных поездов 1 500 *т*; во Франции же, Италии и других станах Европы, где стяжка слабее нашей, вес товарных поездов обычно не превышает 1 000 *т*. Попытка ввести в СССР поезда весом 2 000 *т* увеличила число разрывов поездов.

НТБ УДИНТ (ДИТ)

Так как автосцепка с точки зрения улучшения условий труда и увеличения веса поездов играет решающую роль, поставлен вопрос о ее введении почти во всех странах мира. Американская автосцепка уже введена в Канаде, Мексике, Китае и Японии и, вероятно, будет введена во всей Южной Америке. В Японии подготовка к введению автосцепки началась в 1918 г. и полностью была введена в июле 1925 г. Идут опыты в Индии, Австралии и Новой Зеландии.

В Европе переход на автосцепку не так легок, как в США, вследствие особого вида существующей сцепки с боковыми буферами. Необходимо было, чтобы автосцепка могла более или менее удобно сцепляться со старой, но, несмотря на международные конкурсы (в Петербурге в 1901—1904 гг., на который было представлено 713 проектов, и в Милане — 475 проектов), создать удовлетворительную сцепку е в-



Фиг. 96

р о п е й с к о г о т и п а не удалось. Автосцепки: Павиа-Казалис, предложенная в Милане; Буаро, испытываемая во Франции; Шарфенберга (1908 г.), пользующаяся некоторым распространением в Германии, преимущественно на узкоколейных дорогах; Кюртесси (завода Ган) и других вопроса не разрешили, так как имели такое количество недостатков, что рассчитывать на широкое распространение не могли. На фиг. 96 показана автосцепка Виллисона в различных ее вариантах.

По окончании войны 1914—1918 гг. в Европе был организован Международный союз ж. д., в который вошли почти все страны Европы и Азии, в том числе и СССР. Основная задача союза — организация бесперегрузочного сообщения между государствами. Международный союз организовал специальную комиссию по автосцепке для выбора единой конструкции для тех государств, которые вошли в союз, для разработки способа перехода с винтовой сцепки на автосцепку и для объединения работ по автосцепке, производимых в разных государствах. Эта комиссия уже проделала следующие основные работы: 1) разработала требования, которым должна удовлетворять автосцепка; 2) схематически разработала способ введения автосцепки в Запад-

УЭБ УДУНТ (ДИТ)

ной Европе; 3) разработала общую программу испытаний автосцепок. Она же забраковала американскую автосцепку. Таким образом тип европейской автосцепки еще не установлен.

Грандиозная перспектива развития товарного и пассажирского движения в СССР заставляет срочно разрешить вопрос о введении у нас автосцепки, позволяющей увеличить в несколько раз вес поездов и применить новейшие мощные паровозы [1].

Между прочим отметим, что, идя впереди западноевропейских стран по части применения автосцепки в настоящее время, русские железные дороги занимались этим вопросом и раньше: в 1898 г. уже производились опыты на Московско-Казанской ж. д. (расширенные в 1902 г.) с целью выяснить возможность сцепления американской сцепки с европейской, что и было достигнуто для пассажирских поездов путем устройства откидных буферов и вспомогательного крюка. Подобная сцепка работала вполне удовлетворительно, и с 1904 г. Московско-Казанская ж. д. поставила на некоторое количество своих пассажирских вагонов американскую сцепку. Но для товарного парка выяснилось, что применение указанного устройства (выдвижных буферов) непрактично и вызывает дополнительные расходы на переустройство сцепных приборов (см. Техническая энциклопедия, т. I, стр. 112).

§ 15. АМЕРИКАНСКИЕ ПАРОВОЗЫ

США обладают огромными запасами антрацита, почему вопрос об отоплении дешевым антрацитом получил государственное значение. Введенные антрацитовые топки придали паровозам особый вид.

В начале 50-х годов появилась антрацитовая топка Милльголанда (Millholland), поставленная на паровозе 2—2—0 (1852 г.), фиг. 97; верхняя часть топки наклонена вниз, причем кожух и потолок были плоскими и соединялись анкерными болтами; длина топки доходила до 2 м² [2].

Позднее перешли к широким топкам Вуттена (Wootten), патентованным в 1877 г. (поперечное сечение — фиг. 98). Топки предназначались для отопления мелким антрацитом, причем колосники ставились трубчатые. Эта же топка применялась и для отопления каменноугольной мелочью или низкосортными углями при обыкновенных колосниках.

Применение широких типов вообще открыло новую эру в конструкции паровозов, позволив весьма значительно увеличить площадь колосниковой решетки, а следовательно, и мощность паровоза, но при этом пришлось значительно поднять их центр тяжести.

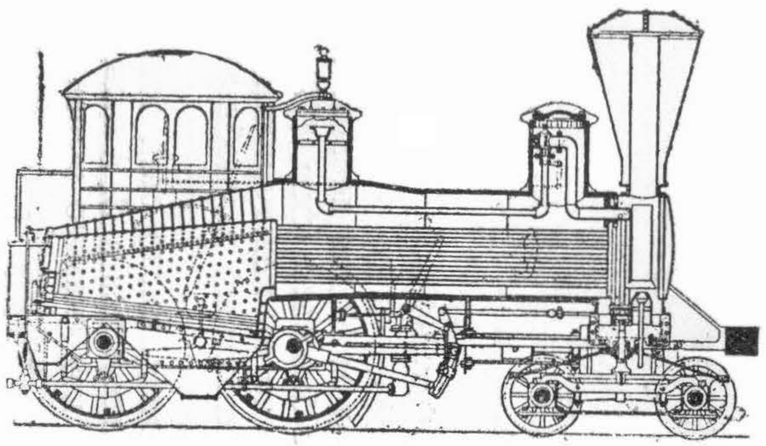
Между прочим, помещение топки над колесами потребовало изменения принятого способа подвешивания, пришлось перейти к нижнему подвешиванию.

Последовательно из одного десятилетия в другое усложнялись паровозы путем увеличения числа спаренных осей, причем впереди всегда ставилась тележка (за исключением маневровых паровозов)

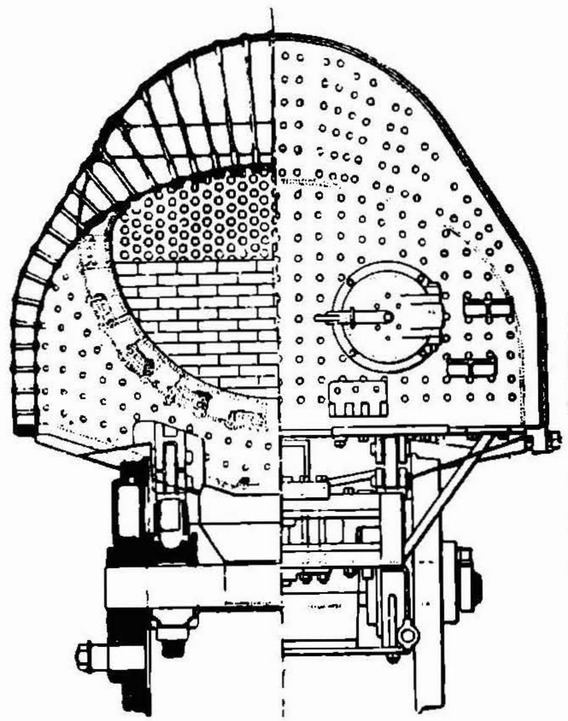
[1] Система советской автосцепки в настоящее время окончательно установлена (тип ИРТ-3, напоминающий сцепку Виллисона) и ею срочно оборудуется наш вагонный парк.

[2] Иногда для более легкого обслуживания через кожух и потолок проводили две трубы, закрываемые крышками и выдвижными дверцами. Отопление производилось через обыкновенное, но очень низко расположенное топочное отверстие и через верхние трубы поочереди. Для этого были две площадки для кочегаров.

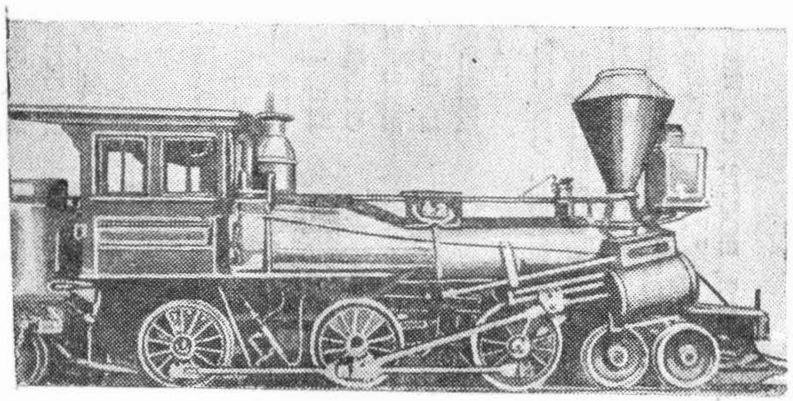
НВ УДУНТ (ДИТ)



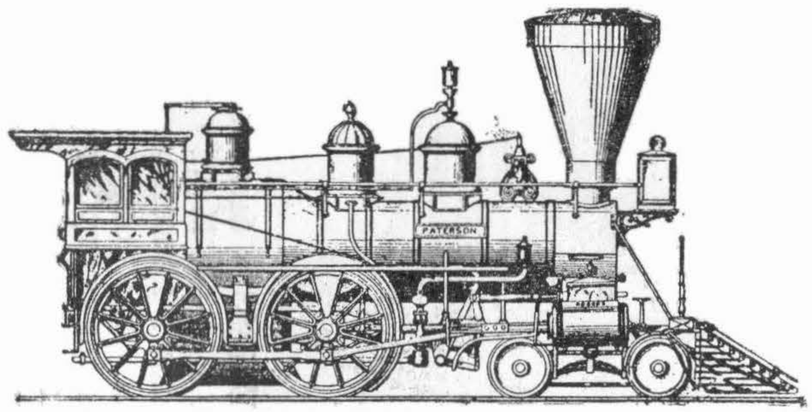
Фиг. 97



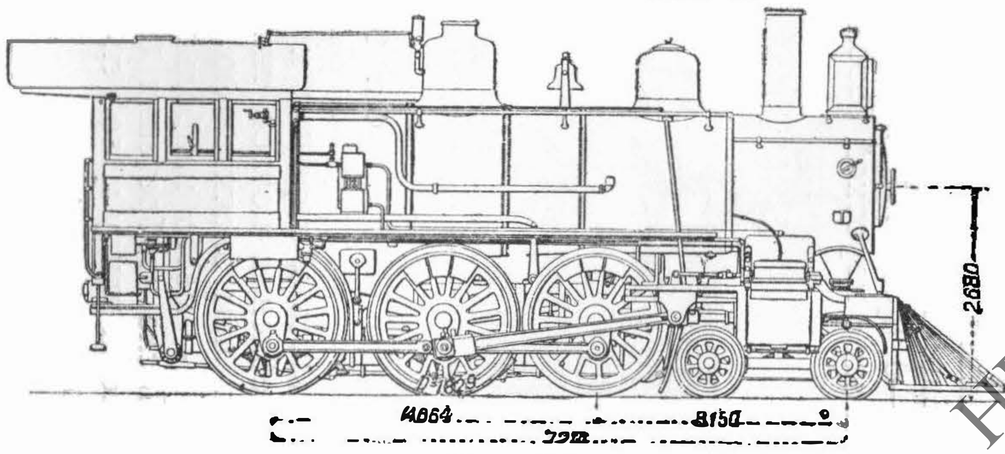
Фиг. 98



Фиг. 99



Фиг. 100



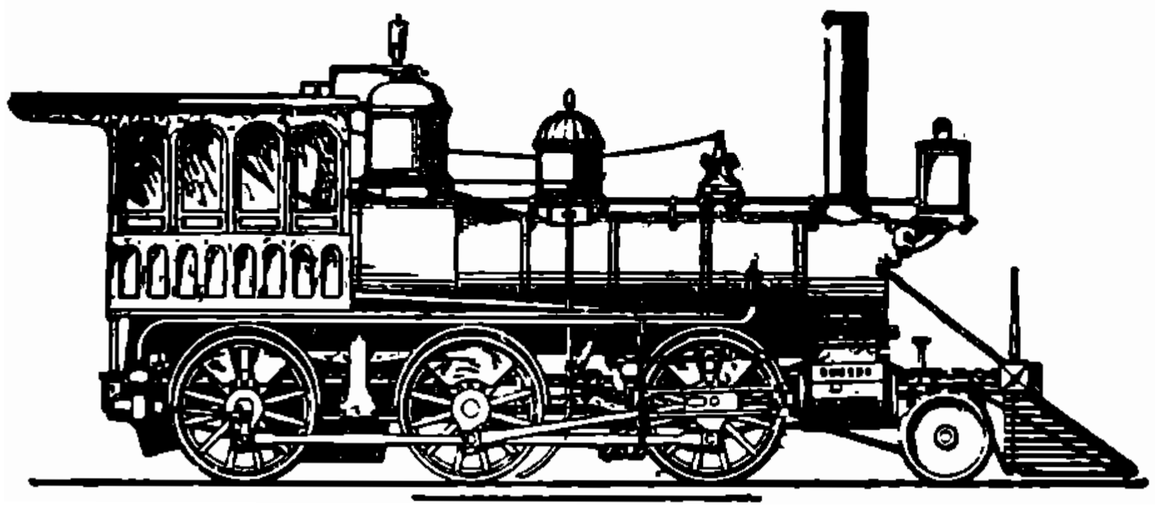
Фиг. 101

НБ УДУНТ (ДПТ)

сначала двухосная, а затем одноосная, после ее изобретения американским инженером Бисселем (Bissel) в 1857 г., почему они и называются бисселями. Впервые биссели были поставлены заводом Rogers.

Еще в 1852 г. завод Балдвина впервые построил паровоз типа 2—3—0 (фиг. 99), который имел еще наклонные цилиндры, так как тележка с короткой базой не позволяла их опустить ниже.

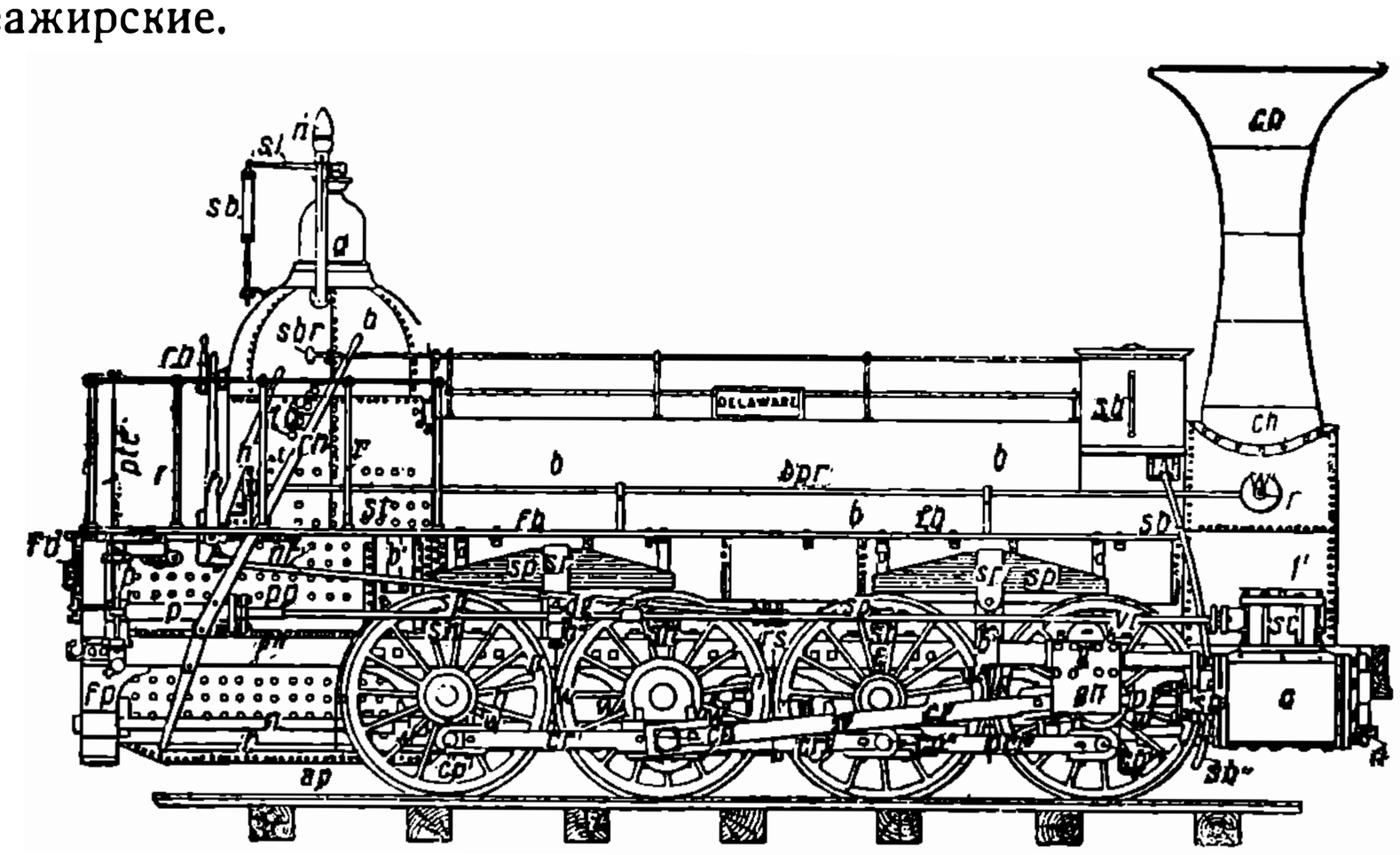
Затем Роджерс раздвинул эти оси в 1853 г. и поставил горизонтальные цилиндры (фиг. 100), сначала на типе 2—2—0. На фиг. 101 представлен тип 2—3—0 в его дальнейшем развитии (90-е годы).



Фиг. 102

Между прочим, сначала в Америке ставили для увеличения парового пространства два колпака, но затем от этого отказались и перешли к увеличению парового пространства путем употребления котлов типа Wagon-ton — с одним коническим барабаном, чем значительно увеличивалось паровое пространство над топкой — место наибольшего выделения пара (см. фиг. 106).

После изобретения бисселя стали обычно снабжать им товарные паровозы ввиду малой скорости движения, а двухосными тележками — пассажирские.



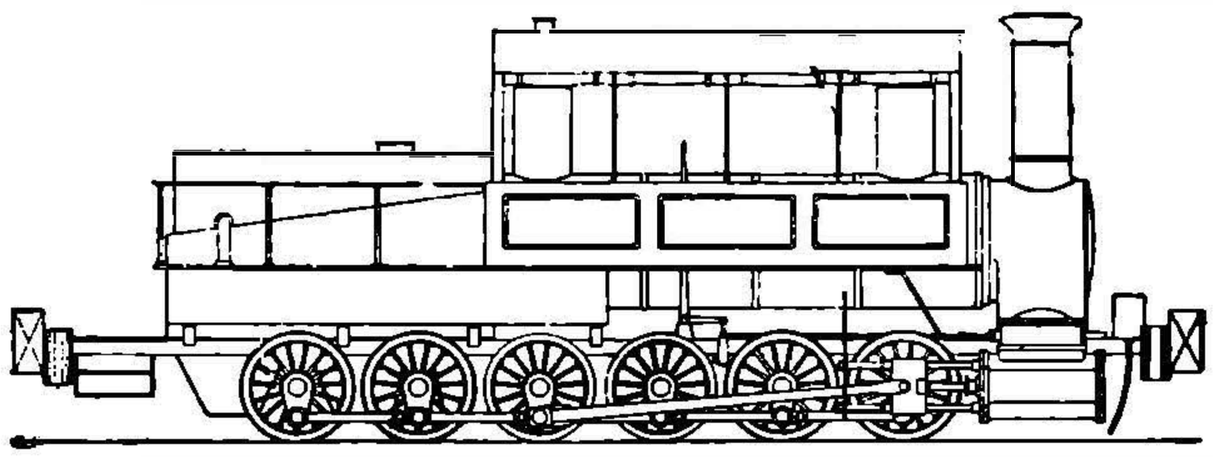
Фиг. 103

В 1863 г. был построен заводом Кодея первый товарный паровоз типа 1—3—0 Могул (Mogul), с бисселем (фиг. 102). Здесь легко расположить цилиндры и поместить топку между последними спаренными осями. Тип получился очень компактный и удобный и пользовался большим распространением.

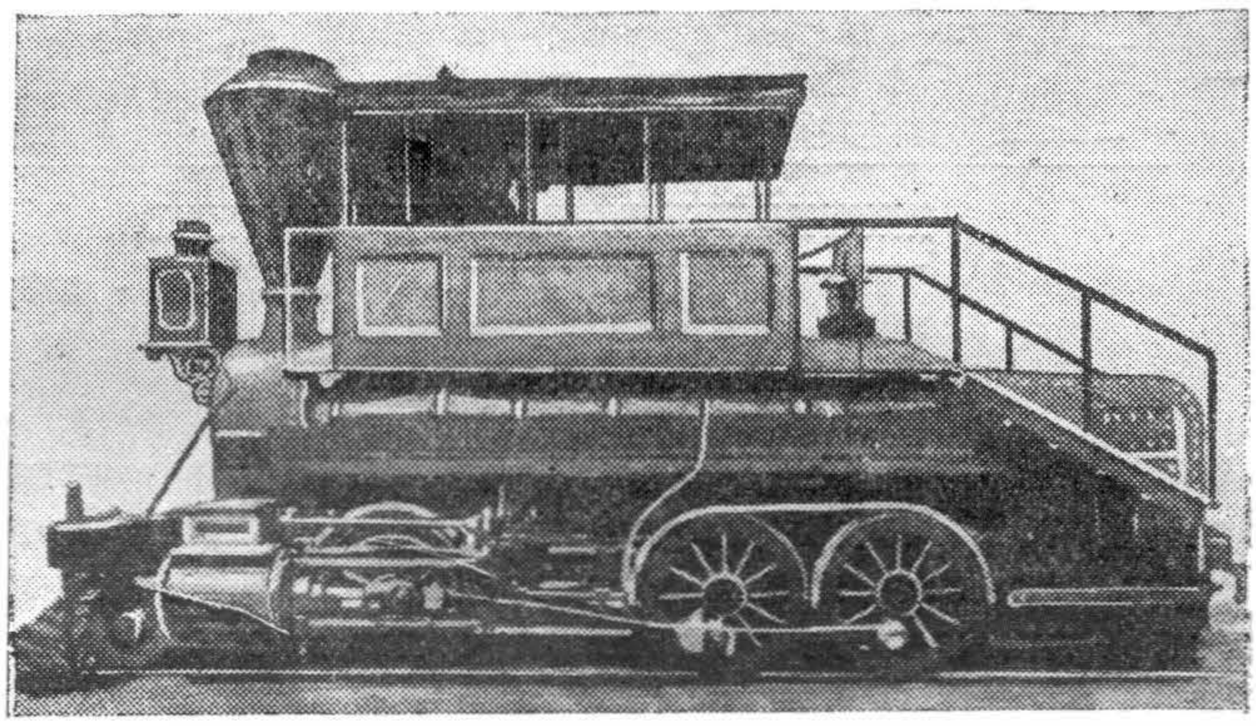
Очень быстро пришлось увеличить число осей товарных паровозов.

Еще раньше такие паровозы строились в С. Америке, хотя и в ограниченном количестве. Например, как сказано выше, по проекту Уайненса (Winans) были построены еще до 50-х годов паровозы типа

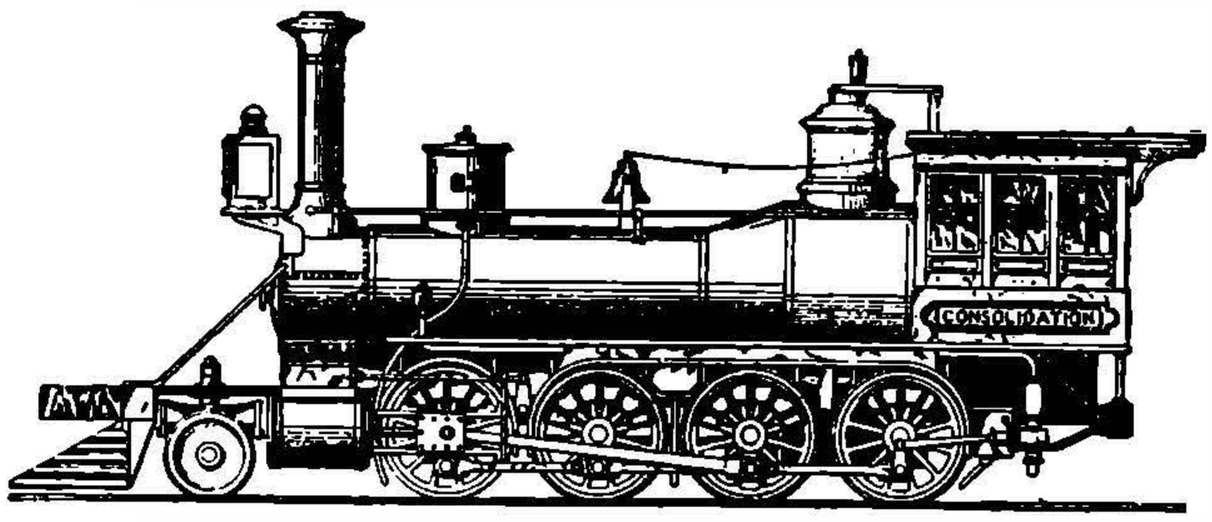
НБ УДУНТ (ДІТ)



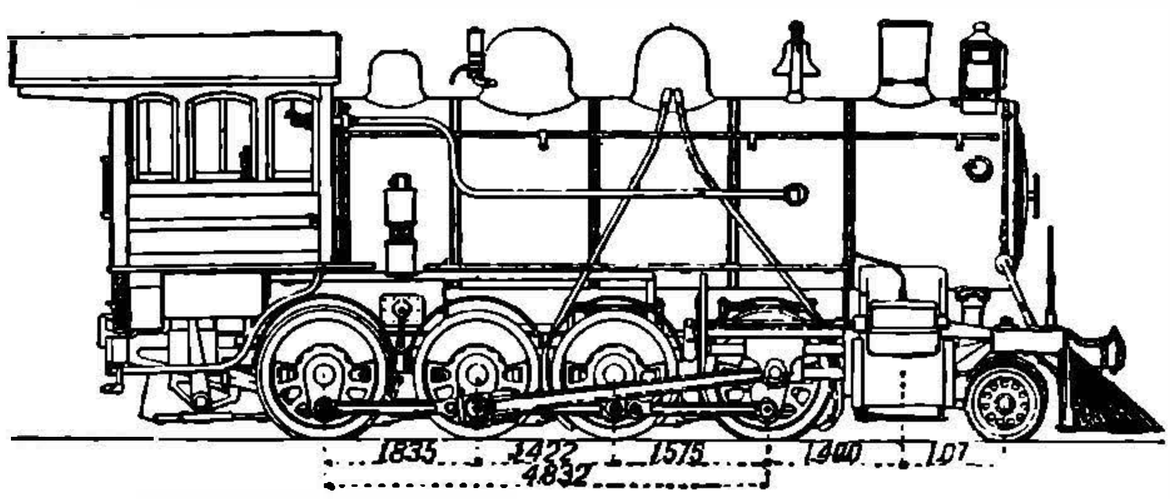
Фиг. 104



Фиг. 105



Фиг. 106

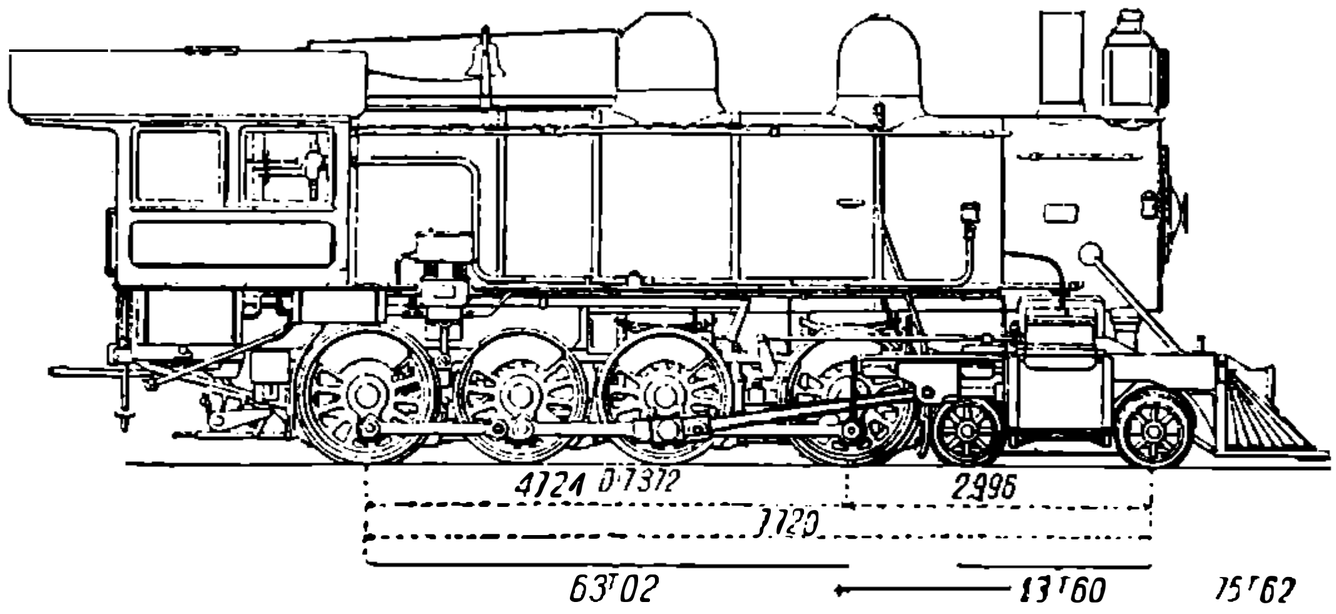


Фиг. 107

НБ УДУНТ (ДИТ)

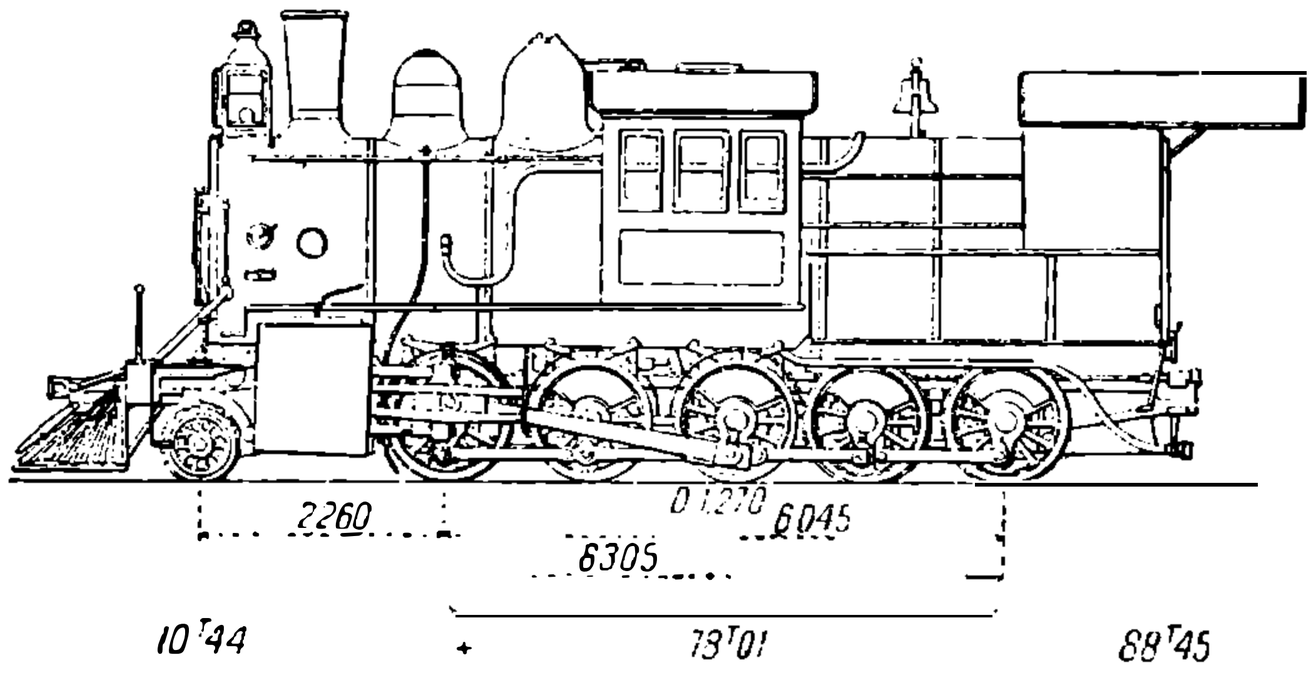
0—4—0 (фиг. 103), а в 1865 г. был по проекту Millholland построен даже паровоз (толкач) 0—6—0 для ж. д. Филадельфия — Риддинг (фиг. 104).

Паровозы, имеющие антрацитовые топки, показанные на фиг. 97, с будками, вынесенными на середину паровоза над цилиндрической частью, носили название «Верблюд». Строились они разных типов, из них на фиг. 105 показан паровоз 1—3—0 завода Балдвина 1852 г.



Фиг. 108

Тип 1—4—0 был построен заводом Балдвина по проекту А. Митчеля в 1866 г. (фиг. 106) и назван «Консолидешен» (Consolidation) — «Объединение» в честь паровоза, построенного по заказу ж. д. Лехиг—Валей в год объединения ее с ж. д. Мегоны. Этот паровоз очень долгое время являлся излюбленным типом тяжелых товарных паровозов,



Фиг. 109

причем паровозы более поздней постройки отличались только размерами, например, на фиг. 107 представлен паровоз 1—4—0, построенный мастерскими Rhock Island в 1898 г., поверхностью нагрева 196,3 $м^2$ и площадью колосниковой решетки 3,1 $м^2$.

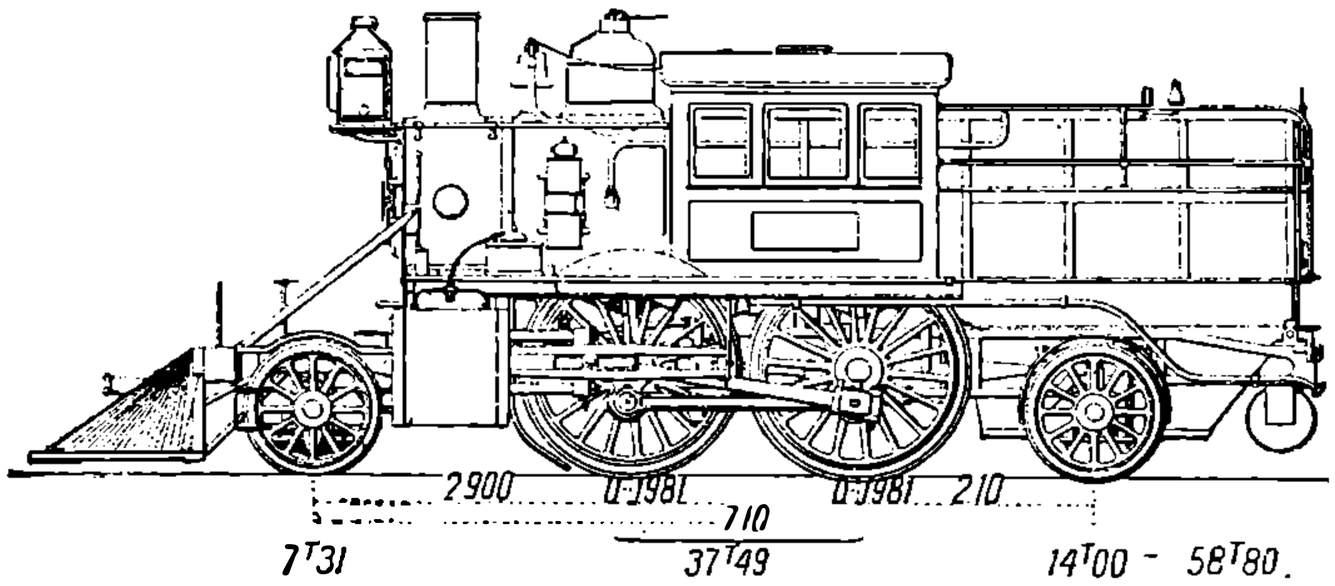
Новых паровозов этого типа в настоящее время почти не строят.

В 1899 г. Питтсбургский паровозостроительный завод выпустил для ж. д. Питтсбург — Бессемер — озеро Ири паровозы типа 1—4—0 для перевозки руды с силой тяги 28 000 *кг*, с нагрузкой на ось 25 *т*, давлением пара 15 *ат*, поверхностью нагрева 353 $м^2$, площадью колосниковой решетки 3,4 $м^2$ и с цилиндрами диаметром 610 *мм*. Эти паровозы были сильнейшими в XIX в.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Широкие топки в товарных паровозах, вызывая поднятие оси котла, не требовали задних поддерживающих осей, но при очень больших котлах стали в товарных паровозах ставить впереди тележку — тип 2—4—0 «Мастодонт» («Mastodont»), вызываемый кривыми малого радиуса на специальных угольных дорогах или для пересеченных местностей (на фиг. 108 — постройки 90-х годов завода Алко).

Товарные паровозы с пятью спаренными осями начали появляться



Фиг. 110

в начале 90-х годов; в 1894 г. был построен танк-паровоз 0—5—0 для тоннеля St. Clair Канадской ж. д. заводом Балдвина, но в поездной службе получил распространение паровоз типа Декапод 1—5—0; первый паровоз этого типа был построен в 1867 г.

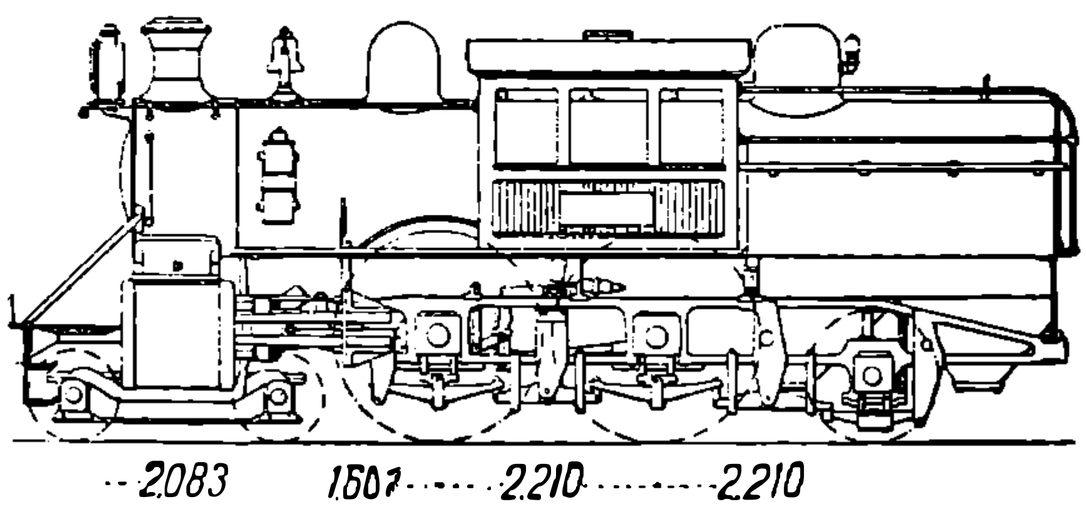
При наличии широкой топки Вуттэна, располагаемой над спаренными осями, в то время часто будку машиниста помещали у цилиндрической части котла и позади устраивали только прикрытое помещение для кочегаров.

Эти паровозы строились для больших подъемов; например, на фиг. 109 представлен паровоз, построенный заводом Балдвина для ж. д. Нью-Йорк — озеро Ири — Западная, с антрацитовой топкой Вуттэна.

Таким образом к XX в. в Америке были следующие главнейшие типы товарных паровозов:

1—4—0 — «Consolidation» («Консолидешен»),

1—5—0 — «Decapod» («Декапод») и второстепенный тип 2—4—0 — «Mastodont» («Мастодонт»), не получивший распространения.



Фиг. 111

Эти типы далеко опередили по мощности европейские паровозы. Вводились они в Европе с большим опозданием, и, например, в частности у нас тип 1—4—0 впервые появился в 1895 г. (проект Лопушинского, серии Ц, для Владикавказской ж. д., постройки Ганноверского завода).

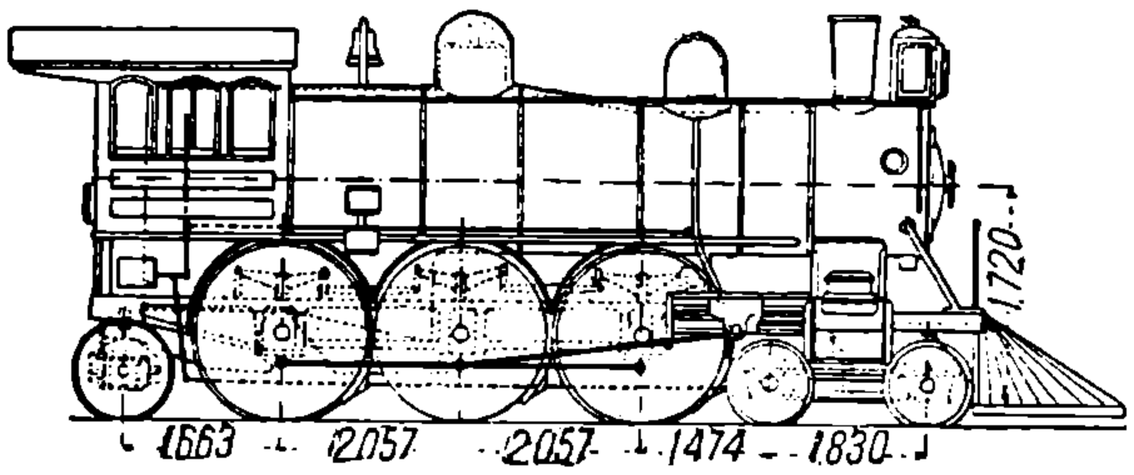
Такой же эволюции подвергались и американские пассажирские паровозы. Установившийся к 50-м годам для обслуживания быстроходных курьерских поездов тип 2—2—0 вскоре оказался слабосиль-

НБ УМНТ (ДИТ)

ным, и тогда, при постановке широких топок пришлось перейти к типам 1—2—1 и 2—2—1. Таков, например, быстроходный паровоз типа 1—2—1 (называемый «Колумбия»), построенный заводом Балдвина для ж. д. Филадельфия — Риддинг (фиг. 110), и 2—2—1 («Атлантика») (фиг. 111), той же дороги,— оба с топками Вуттэна, постройки 90-х годов.

Тип Атлантик являлся мощным и быстроходным довольно долгое время.

Очень распространенный тип пассажирского паровоза 2—3—0 также потребовал поддерживающую сзади ось, которую ставили даже при отсутствии широких топок, ввиду необходимости передать вес тяжелого котла на большее число осей. Получился тип 2—3—1 («Pacific» — «Пасифик»), — наиболее мощный тип обыкновенного пассажирского паровоза. (Образец — фиг. 112, ж. д. Чикаго — Мильуоки — Сен-Поль, 90-е годы).



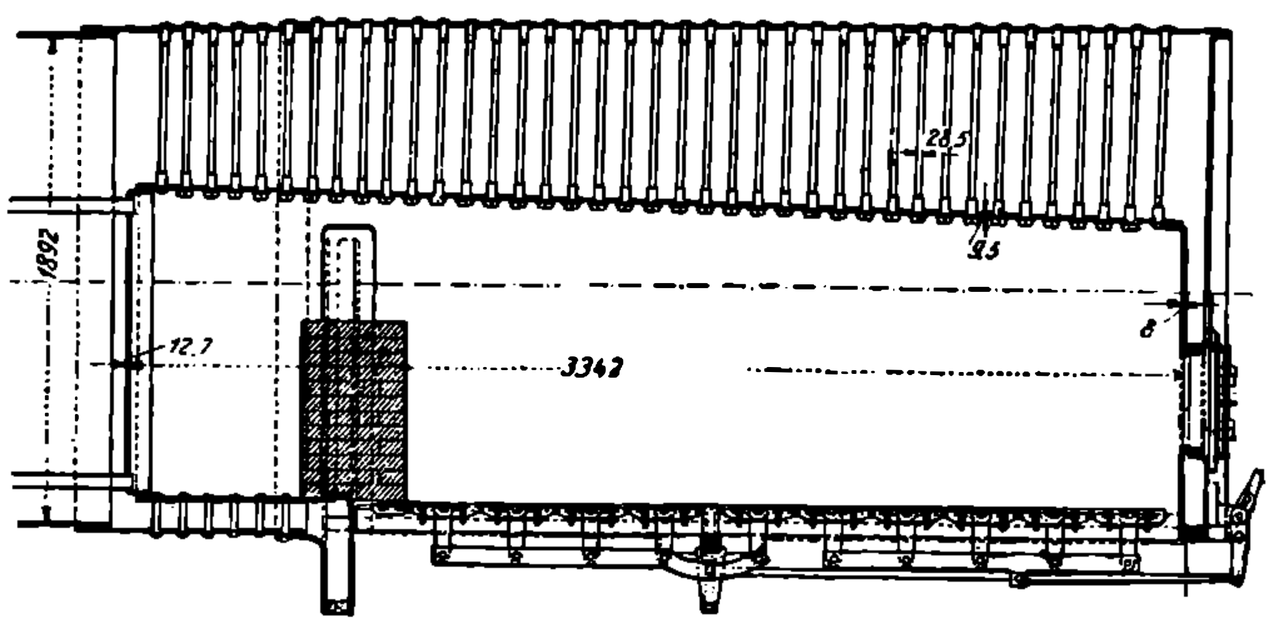
Фиг. 112

Таким образом к началу XX в. окончательно сформировались в С. Америке следующие пассажирские типы:

2—2—0 — «Американский» («American»)	быстроходные (курьерские).
1—2—1 — «Колумбия» («Columbia»)	
2—2—1 — «Атлантик» (Atlantic»)	
2—3—0 — «10-колесный»	пассажирские,
2—3—1 — «Пасифик» («Pacific»)	

Они имели вполне законченный вид, и впоследствии изменились только их размеры и некоторые детали.

За этот период введен в Америке ряд усовершенствований.

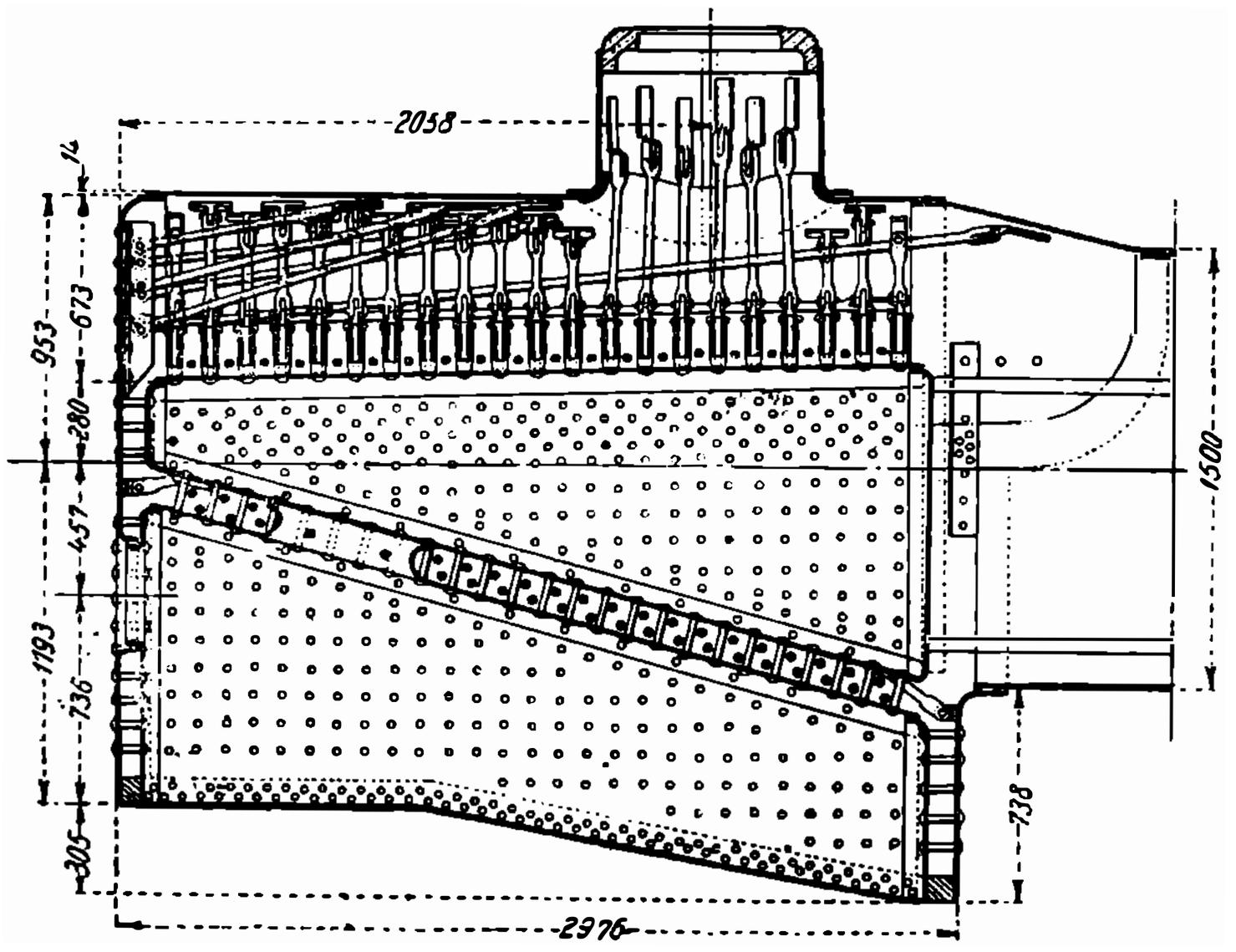


Фиг. 113

1. Были изобретены непрерывные воздушные тормоза. Это гениальное изобретение, разрешившее вопрос о возможности безопасного быстроходного движения, сделано в 1869 г. Вестингаузом, который впервые его применил на ж. д. Питтсбург—Цинцинати—С. Луи. Первые тормоза были не автоматические; в 1873 г. Вестингауз изобрел автоматический тормоз, впервые по-

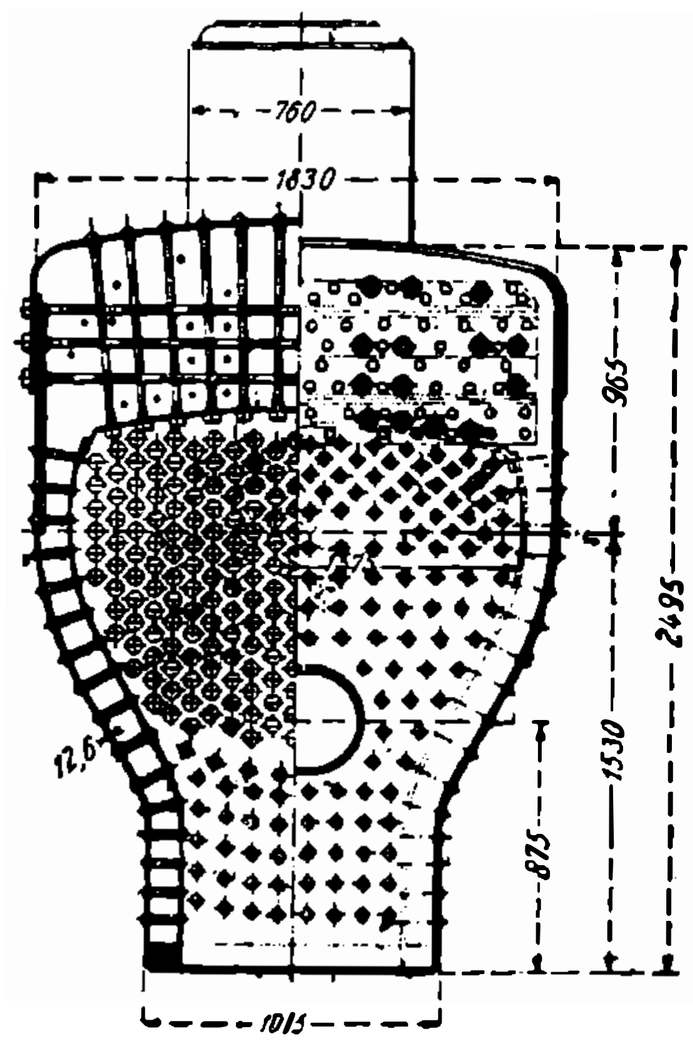
НБ УДУНТ (ДШТ)

ставленный на поездах ж. д. Ридинг (Reading) и затем получивший всеобщее распространение на ж. д. всего мира, дав толчок к изобретению целого ряда других, подобных же приборов (тормоза Гарди и Смис, работающие разреженным воздухом).

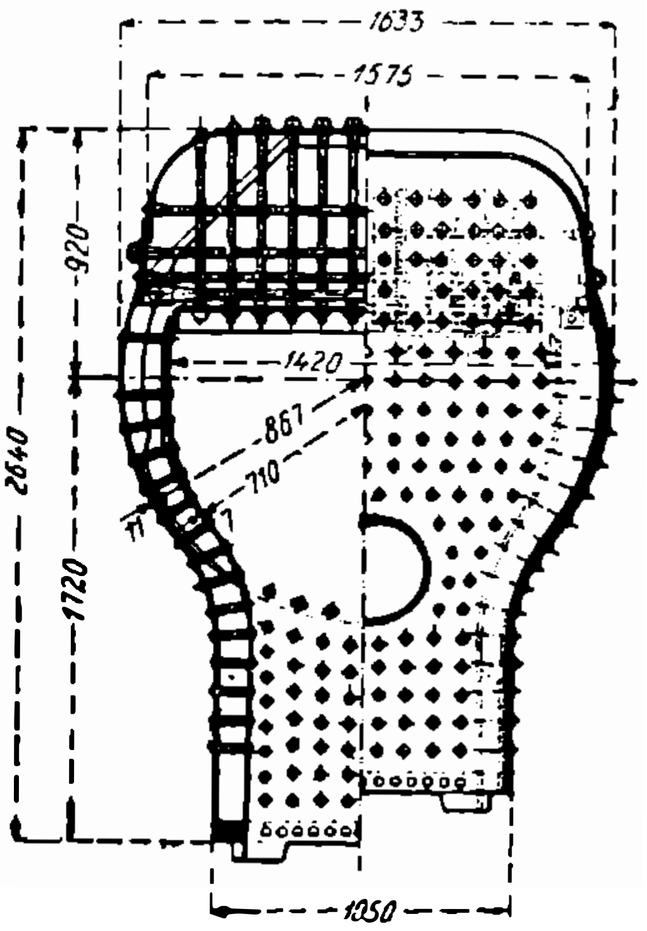


Фиг. 114

2. Получила широкое развитие паровозная машина-компаунд, системы Воклена, изобретенная в 1889 г. (см. § 35), а также часто употреблялась система тандем-компаунд, примененная впервые в



Фиг. 115

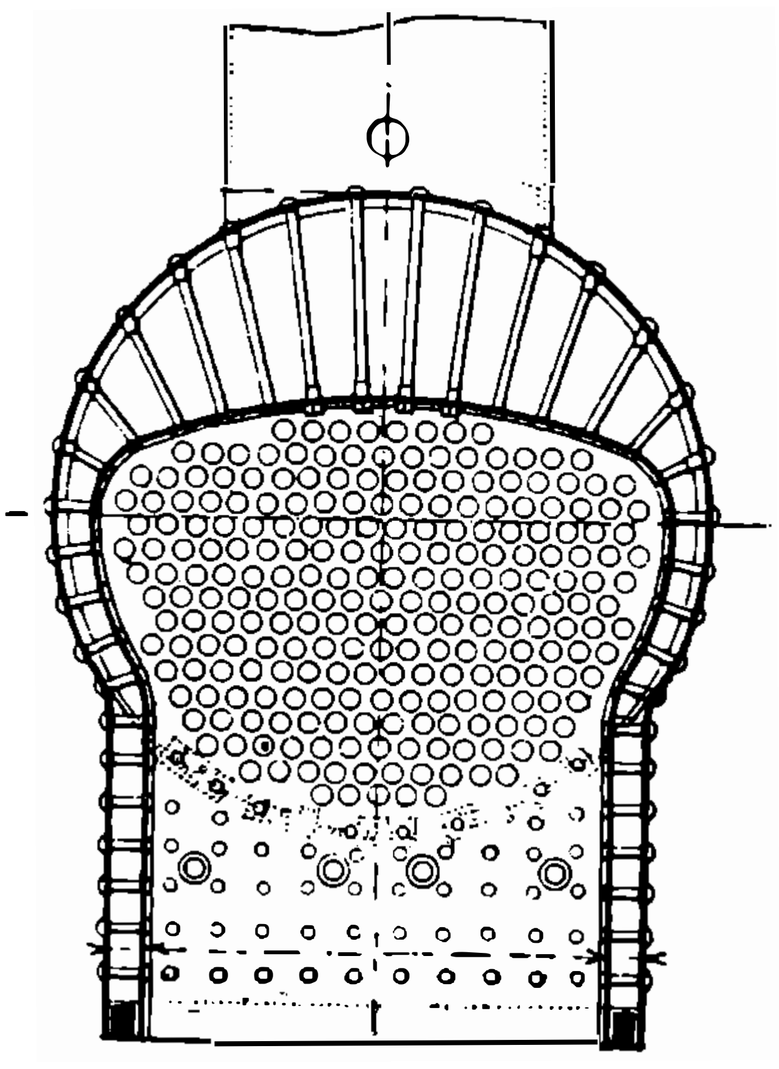


Фиг. 116

1892 г. заводом Брукса на товарном паровозе 1—4—0 для Большой Северной ж. д.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. Весьма интенсивно развивалась идея дымосожигания путем введения камеры сгорания и сводов. Вуттэн в своей топке в 1877 г. впервые поставил вместо свода порог (фиг. 113), отделяющий топку от камеры, что потом неоднократно применялось. Подобные усовершенствования значительно увеличили к. п. д. котла.

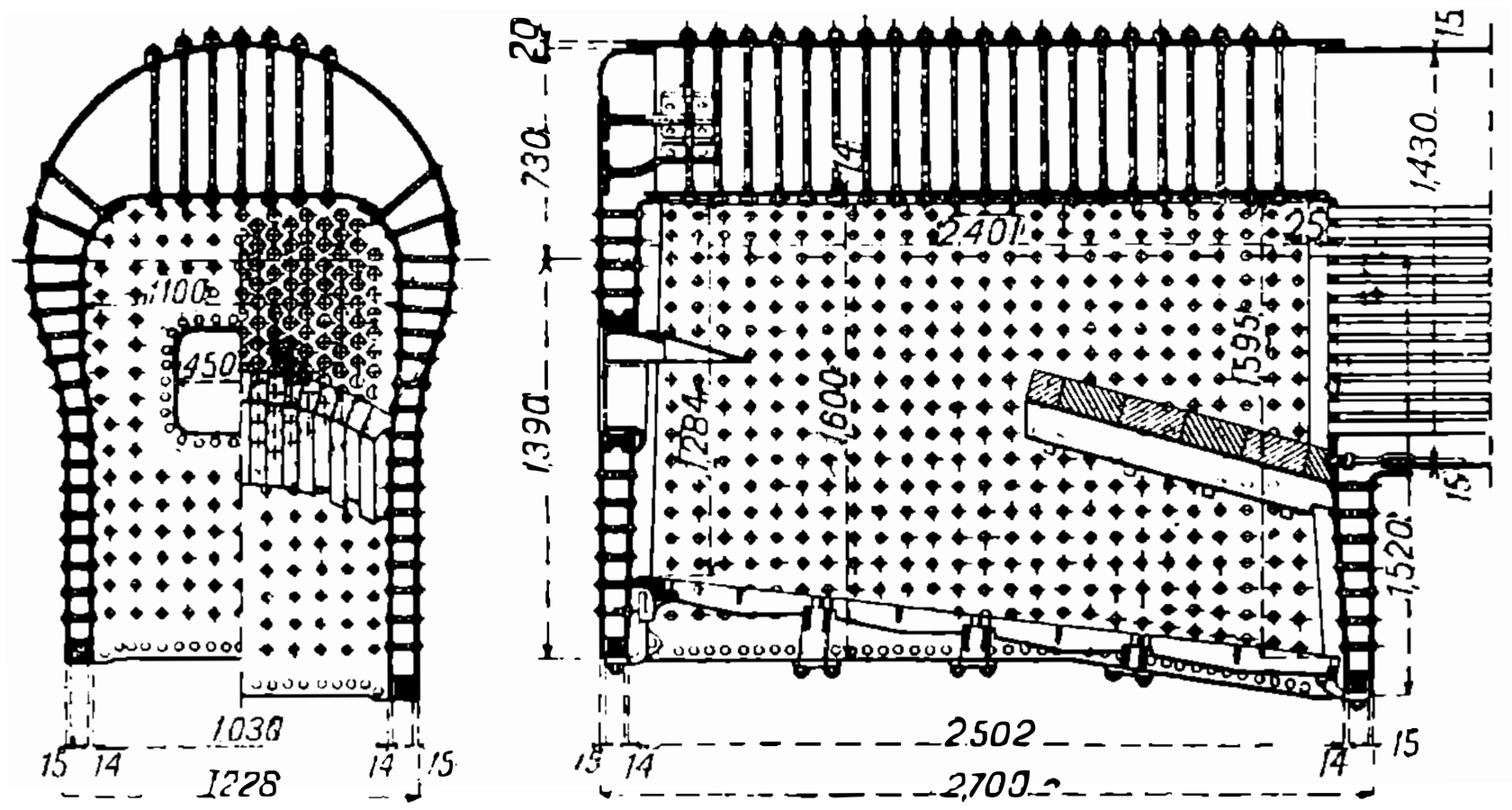


Фиг. 117

Но попытки заменить кирпичные своды металлическими («водяные своды») успехом не увенчались вследствие понижения температуры топки. Также не нашла себе применения конструкция, предложенная Бухананом (Buchanan) и поставленная на паровозе 2—2--0, построенном в мастерских «West Albany» (фиг. 114): наклоненный вперед подогреватель делит топку на две части, из которых верхняя служит дымосожигательной камерой. Практически она оказалась сложна и неудобна.

4. В С. Америке при увеличенном диаметре котлов и при отоплении хорошим углем, следовательно при колосниковых решетках незначительной площади, часто прибегали к уширенным топкам, которые строились с плоскими потолками (фиг. 115) или выпуклыми (фиг. 116). Радиальная топка[1] для котла системы Крамптона показана на фиг. 117.

Иногда при плоском потолке брали полукруглый кожух, кото-



Фиг. 118

рый тогда обычно составлял продолжение цилиндрической части котла, и получалась так называемая топка Крамптона (фиг. 118).

---

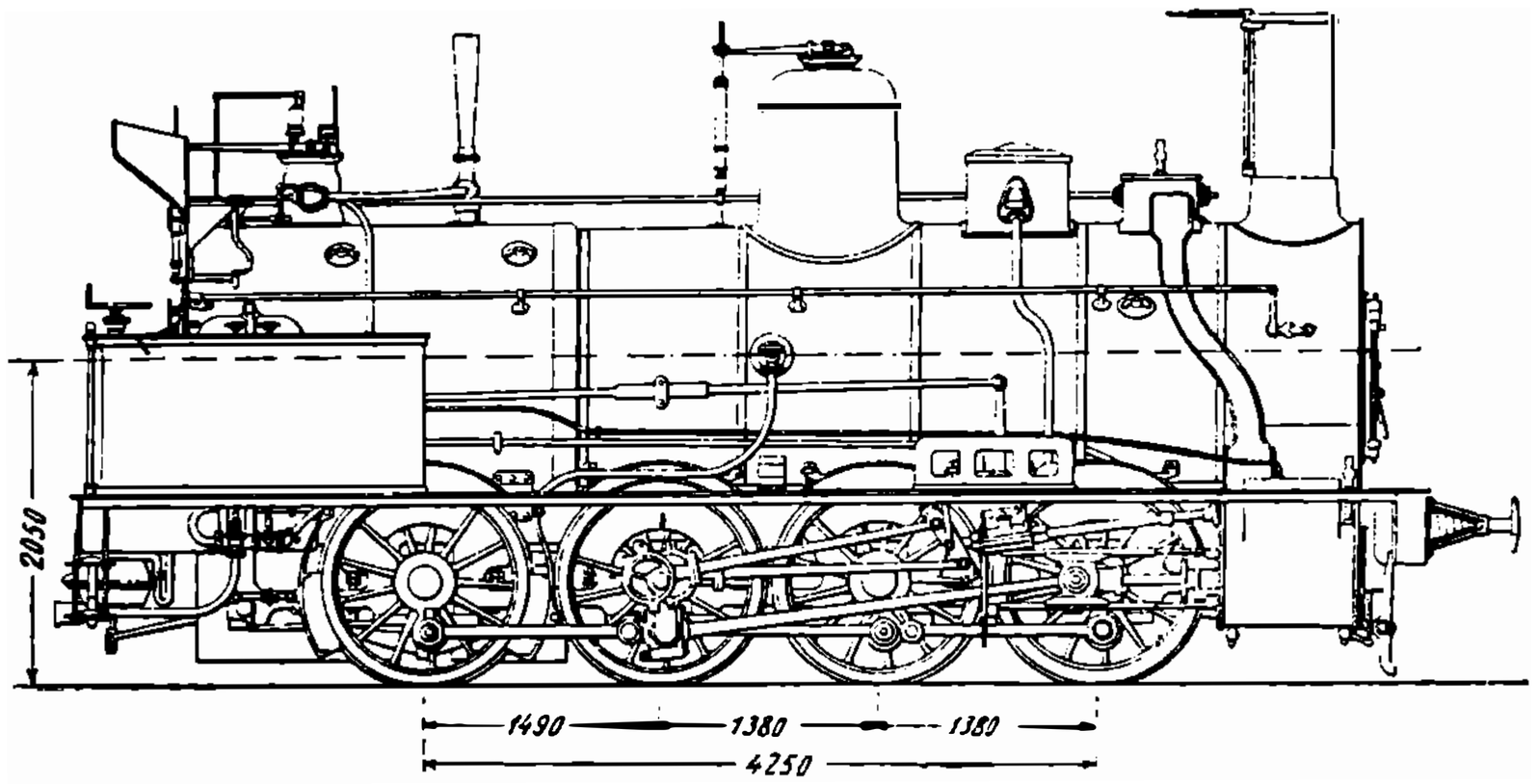
[1] Радиальные топки нашли в настоящее время исключительное распространение в С. Америке и начинают распространяться в Европе и у нас, в СССР.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 16. ЕВРОПЕЙСКИЕ ПАРОВОЗЫ

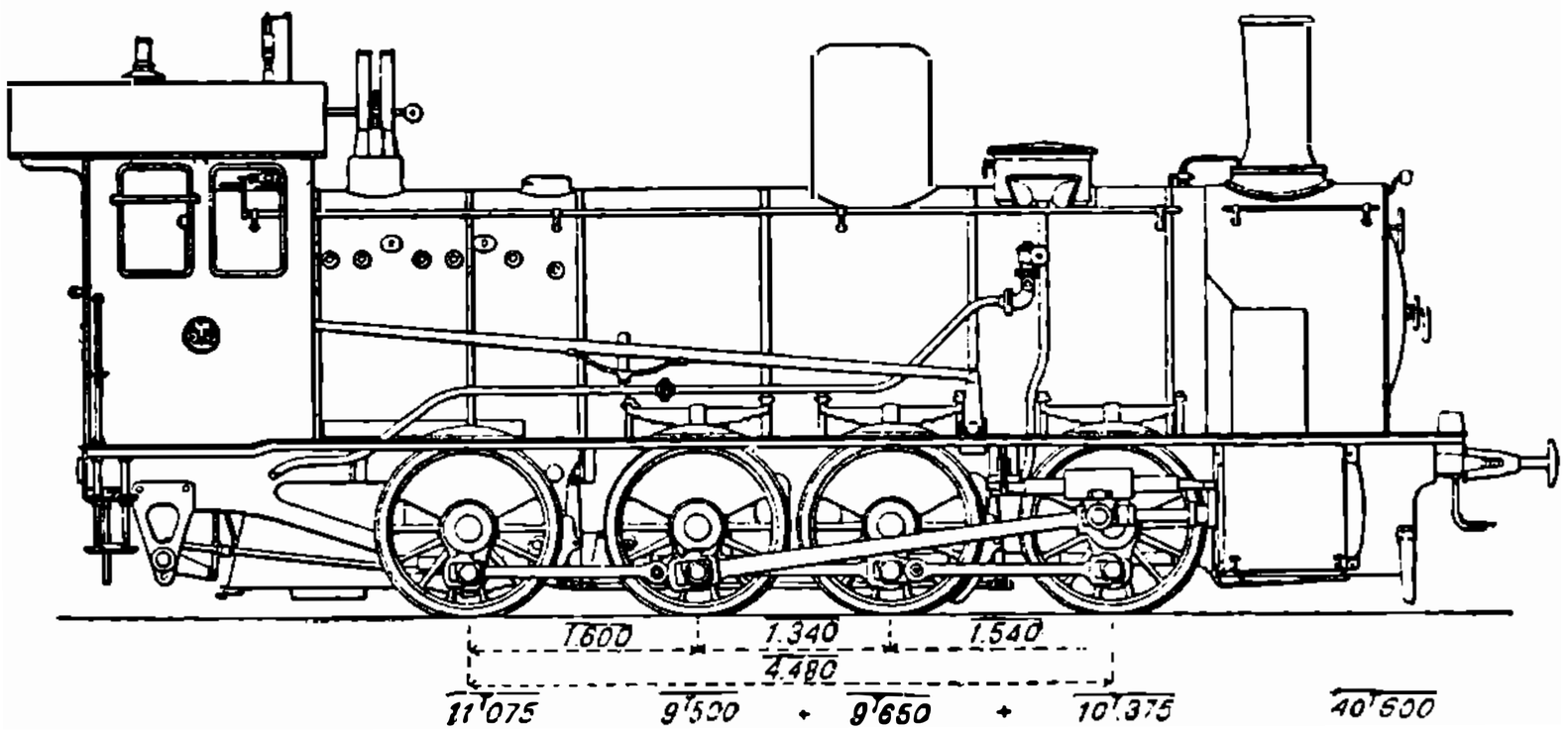
Во всяком случае в темпе своей эволюции и по разнообразию типов европейские паровозы в этот период отставали от американских, особенно в первой половине до применения машин-компаунд, внесших значительное разнообразие и составивших эпоху в паровозостроении.

Товарные паровозы обычно не имели впереди бегунка, и в этот период господствовал тип 0—3—0; только в некоторых государствах появился тип 0—4—0: на заводах Кайль и Крезо в 1866 г. были построены паровозы 0—4—0 сначала с топками Крамптона, потом Бельпера (с 1879 г.) (фиг. 119) и внешними кулиссами Стефенсона или Гуча (на ж. д. Париж—Лион—Средиземное море, или сокращенно P. L. M., с 1888 г. начали ставить кулиссу Гейзингера). Паровозы этого типа были очень распространены на французской сети.



Фиг. 119

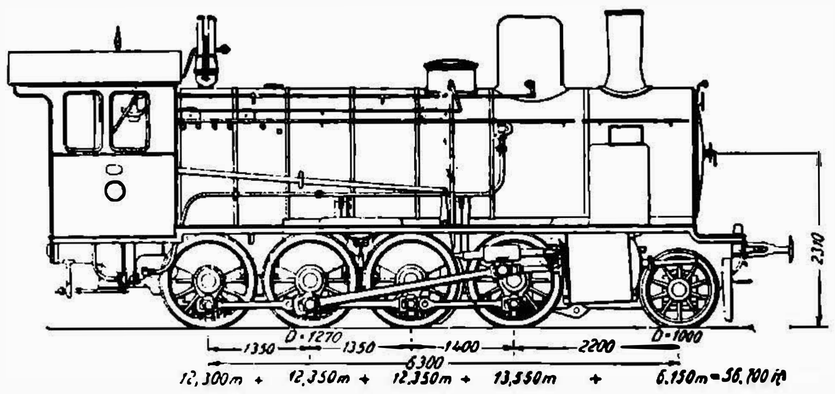
Этот же тип был введен в 1894 г. на прусских государственных ж. д. (фиг. 120).



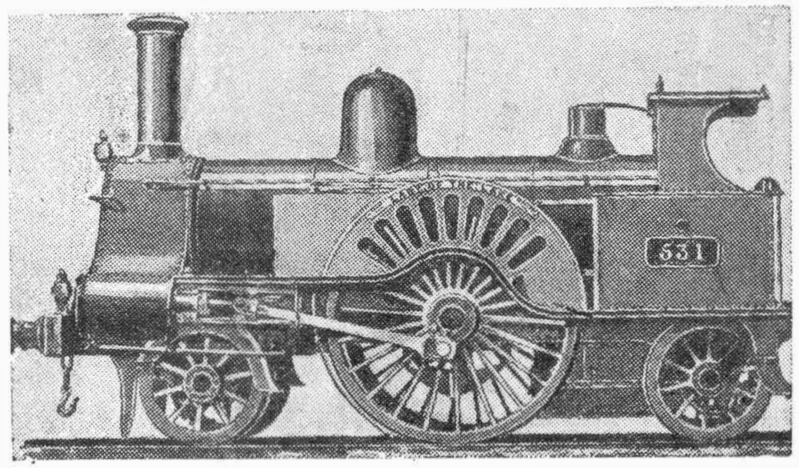
Фиг. 120

Тип 1—4—0 впервые был введен в 1894 г. на прусских государственных ж. д. для движения тяжелых поездов по очень крутым подъемам, причем их строили по американским образцам (фиг 121) — паровозы двухцилиндровые компаунд, с внутренними кулиссами Алана. Работа их была весьма удовлетворительной.

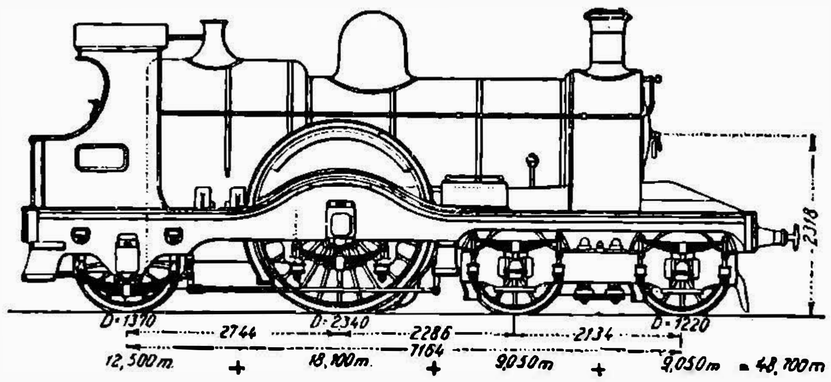
РГБ УДИНТ (ДИТ)



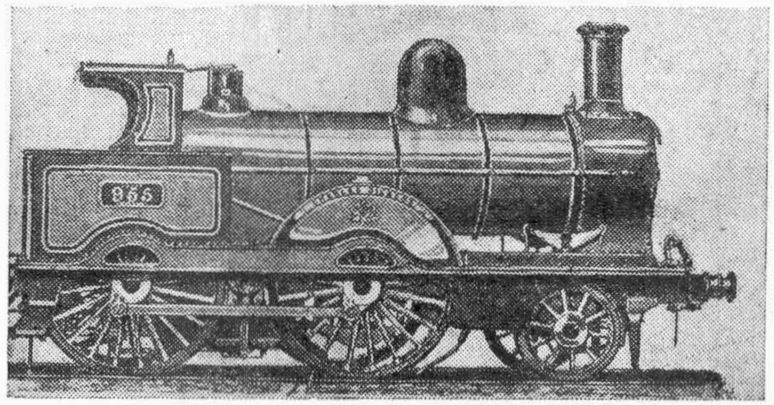
Фиг. 121



Фиг. 122



Фиг. 123



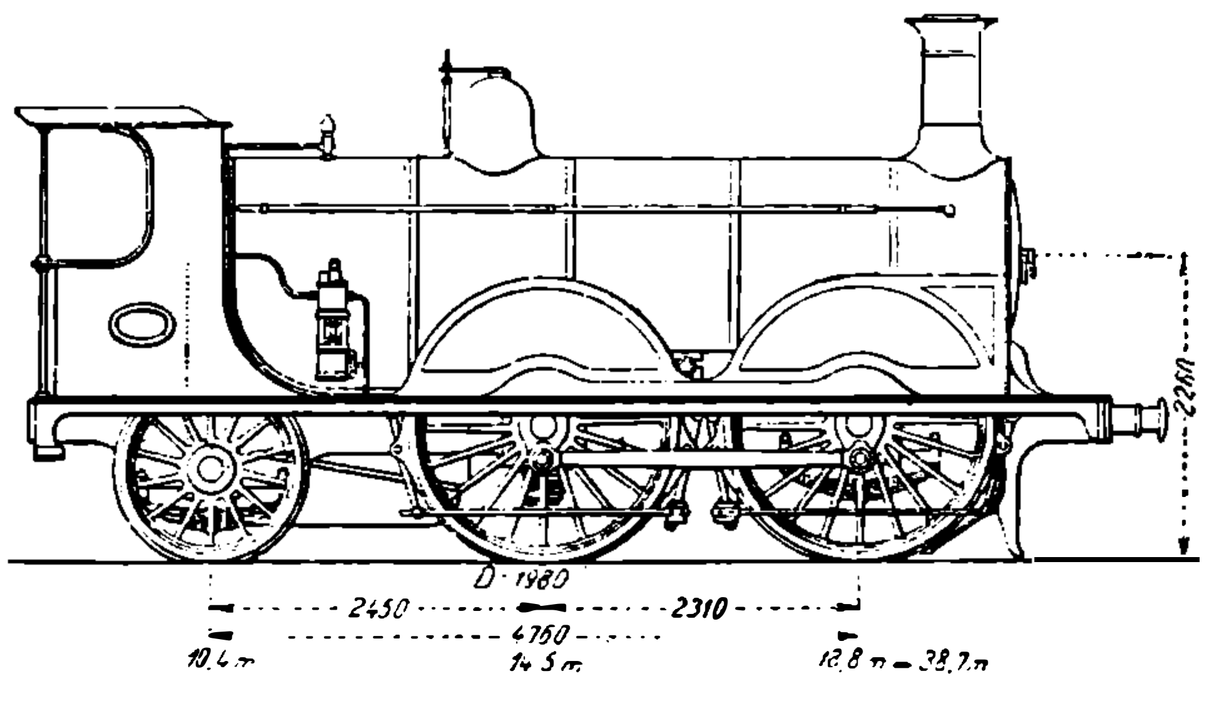
Фиг. 124

НБ УДУНТ (ДНТ)

Как сказано выше, большое число осей было очень редко. Только для Вюртембергской ж. д., как исключение, был построен паровоз 0—5—0 с тремя цилиндрами.

В то время, когда настал расцвет паровозов компаунд, появилось много паровозов, в которых были машины разных систем; например, Вебб построил в мастерских «Grewe» паровоз 0—4—0 с тремя цилиндрами компаунд, не имевший распространения.

Но тогда, так же как и теперь, большое разнообразие вносили узкоколейные паровозы, предназначенные для дорог с весьма большими подъемами и кривыми очень малых радиусов[1]. Поэтому они были принуждены иметь большое число спаренных осей (тем более для распространения давления на большее число точек ввиду легкого пути) и приспособления для легкого вписывания в кривые. Та-



Фиг. 125

ковы паровозы: танк 1—4—1 для Индийских Северо-Западных ж. д., построенный заводом Нельсона в Глазго в 1898 г. для подъемов 0,040 и кривых 180 *м* (вес паровоза 220 *т*); танк 1—3—2 для ж. д. в Трансваале для подъемов 0,020 и кривых 150 *м*, но эти паровозы не являлись образцами для европейского паровозостроения, т. е. делались по специальному заказу.

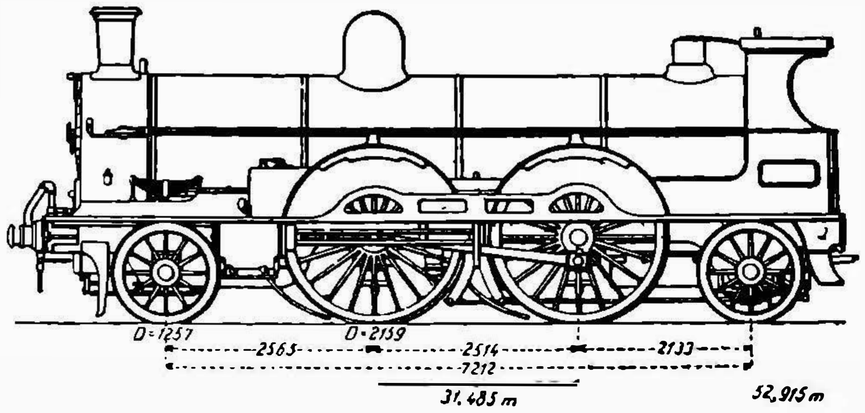
Также не дали (с точки зрения новых типов) ничего нового и пассажирские паровозы этого периода. В Англии ограничивались типами с одной ведущей или с двумя спаренными осями, из которых только выделялись: курьерские паровозы 1—1—1, построенные в количестве 60 шт. известным инж. Рамсботтом (John Ramsbottom) для Лондон — Сев.-Зап. ж. д. в мастерских «Grewe» (фиг. 122); они отличались простотой, компактностью и скоростью, но были слабосильны. Тем не менее паровозы со свободной осью строились для обслуживания курьерских поездов до конца XIX в., развившись в тип 2—1—1, например (фиг. 123) «тип 1893 г.», ж. д. Большая Восточная (рамы двойные, цилиндры внутренние). В других государствах подобные паровозы не строились.

Для пассажирских более тяжелых поездов в Англии строили паровозы с двумя спаренными осями.

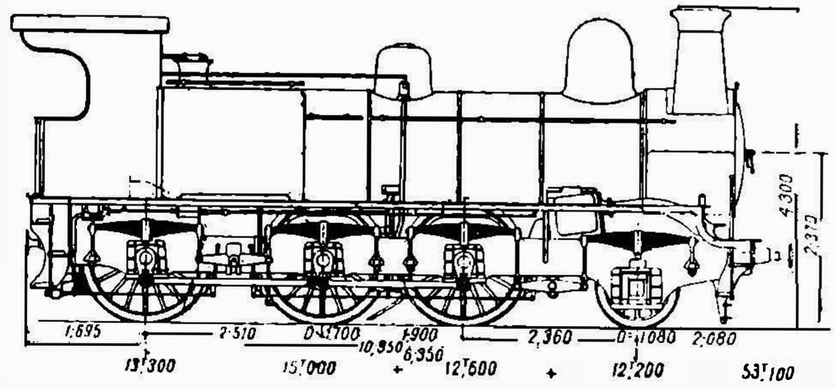
Были очень распространены паровозы типа 1—2—0, которые по проекту Вебба, начиная с 1874 г., в значительном количестве строились (более 150) в мастерских «Grewe» для Лондон—Сев.-Зап. ж. д.

[1] Подобные типы паровозов строились преимущественно для колоний и тропических стран, почему назывались „экзотическими".

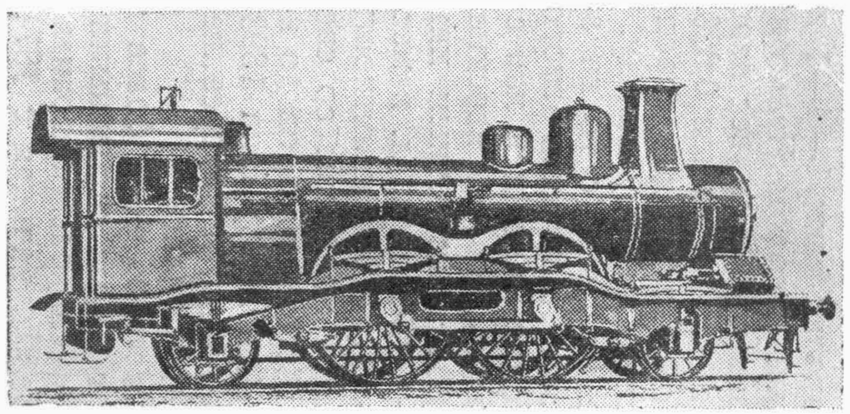
НБ УДУНТ (ДИТ)



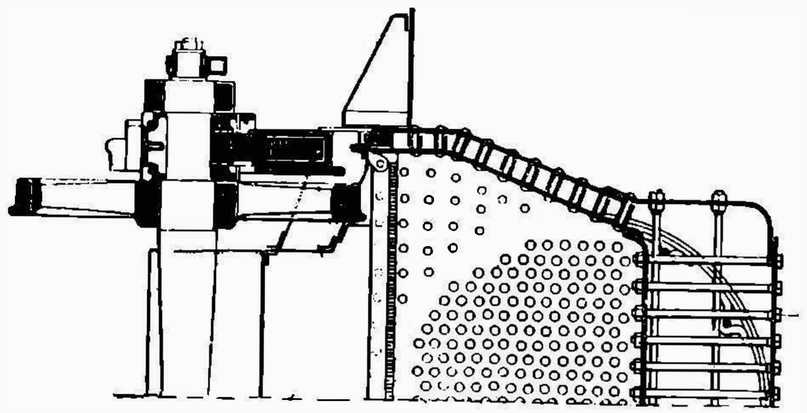
Фиг. 126



Фиг. 127



Фиг. 128

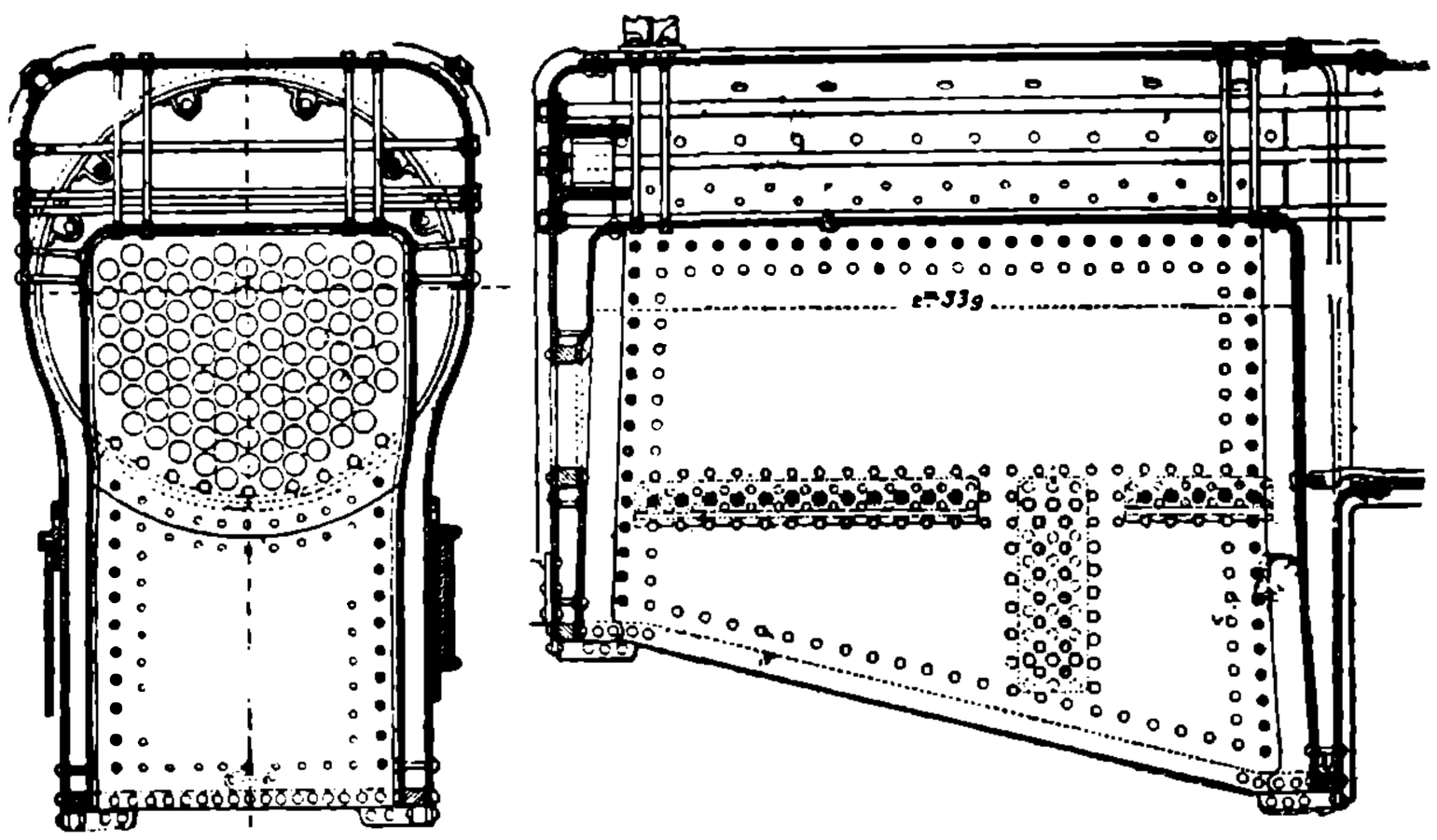


Фиг. 129

НБ УДУНТ (ДНТ)

Как образец приводим паровоз «Чарльз Диккенс» (фиг. 124), который делал пробег с курьерскими поездами между Лондоном и Манчестером и обратно (586 *км*) со средней скоростью 74 *км/час*. В среднем в течение 10 лет он делал пробег по 166 667 *км* в год.

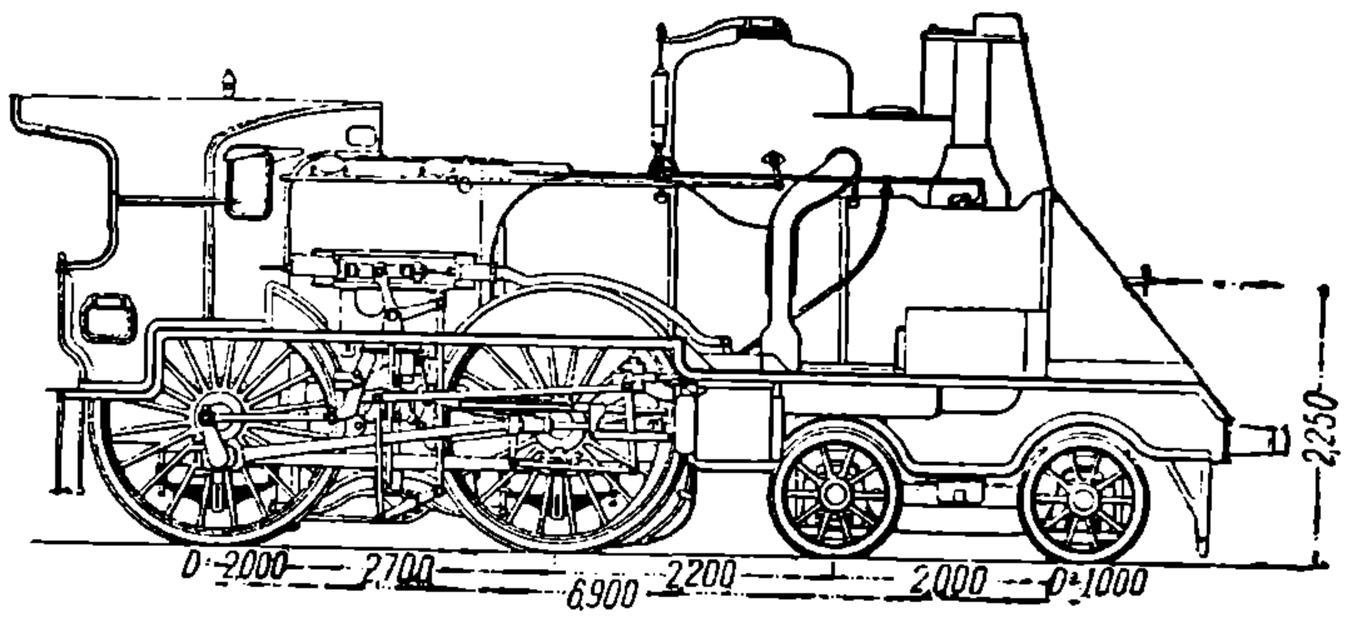
В 1882 г. на ж. д. Лондон—Брайтон—Южный берег по проекту Stroudley был введен тип 0—2—1, называемый «Гладстон»[1] (фиг. 125). Хотя он работал хорошо, но более ни одна дорога паровозов такого типа не строила.



Фиг. 130

В 1877 г. Ворздел (Worsdell) начал применять трехцилиндровые паровые машины-компаунд на паровозах 2—1—1 и 2—2—0 Северо-Восточной ж. д.

В 1890 г. Вебб построил в мастерских «Grewe» замечательный паровоз (тип «Greater Britain») 1—2—1, трехцилиндровый, компаунд



Фиг. 131

(фиг. 126), причем ведущие оси не были спарены и внутренний цилиндр приводил в движение переднюю коленчатую ось, а наружные цилиндры — заднюю ось. Котел имел камеру сгорания. С поездом весом 305 *т* (без паровоза) он на подъеме 0,008 развивал скорость 64 *км/час*, расходуя только 10,7 *кг* угля на 1 *км*.

[1] Так как первый паровоз этого типа имел указанное имя.

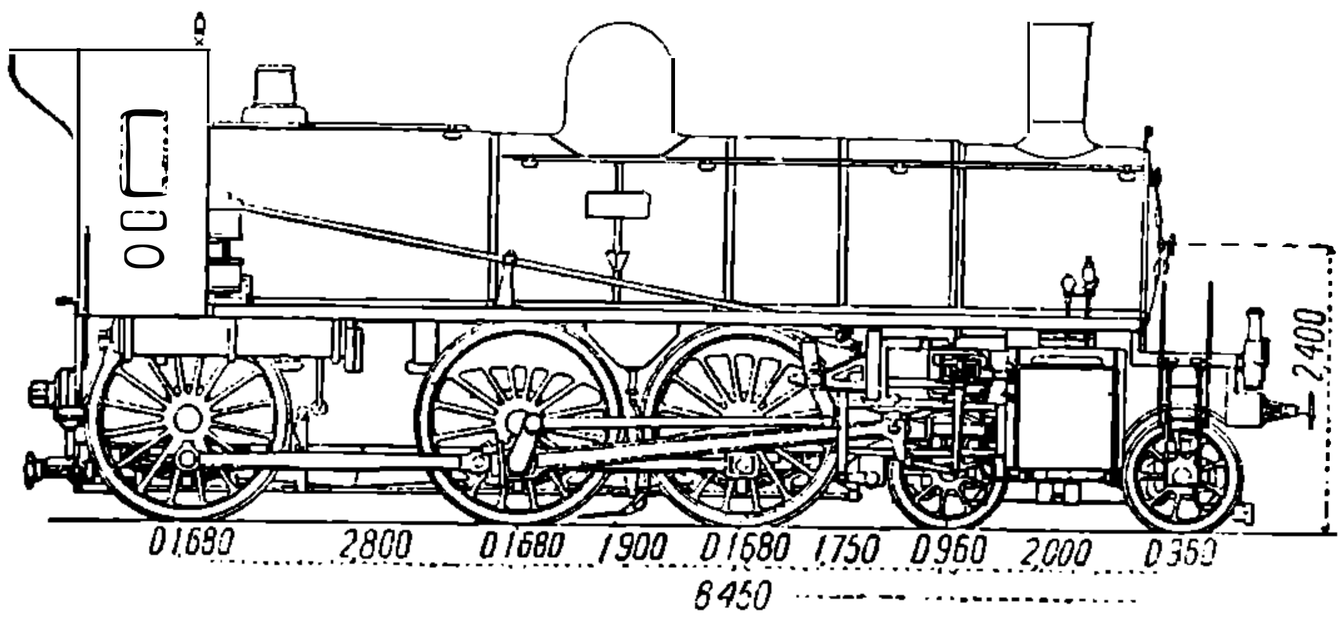
НБ УДУНТ (ДИТ)

Такой же выдающийся паровоз был построен по проекту Аспиналя (Aspinall) в мастерских «Horwich» Ланкашир-Иоркширской ж. д. с кулиссным механизмом Джоя.

Таким образом в Англии пассажирские типы в этот период не шли далее двух спаренных осей. На континенте доходили до трех, причем иногда паровозы носили особые черты «национальной» техники и взглядов данной страны. Например, паровозы Бельгии резко выделялись внешними рамами, длинными рессорами, расширяющимися книзу трубами, своеобразной (с медными обручами) обшивкой котла и пр. Образцы (фиг. 127) — тип 1—3—0 с диаметром колес 1700 *мм*, постройки 90-х годов.

Подобный же паровоз 1—2—1 для курьерских поездов (фиг. 128) завода Кокериль, построенный в 1885 г. При внутренних цилиндрах он имеет наружные наклонные золотники, удобные для осмотра.

Бельгийские паровозы этого периода имели еще одну характерную особенность: они отапливались каменноугольной дешевой мелочью, и для возможности сжигания ее в большом количестве тонким слоем знаменитый Бельпер (Belpaire), главный инженер службы тяги Бельгийских казенных ж. д., сконструировал (в 1861 г.) широкую топку (фиг. 129), отличительной особенностью которой была параллельность плоских потолков кожуха и огневой коробки, что позволяло применять одинаковые анкерные болты.



Фиг. 132

Топки Бельпера получили большое распространение в Европе; они до сих пор применяются как при узких, так и при широких топках (фиг. 130).

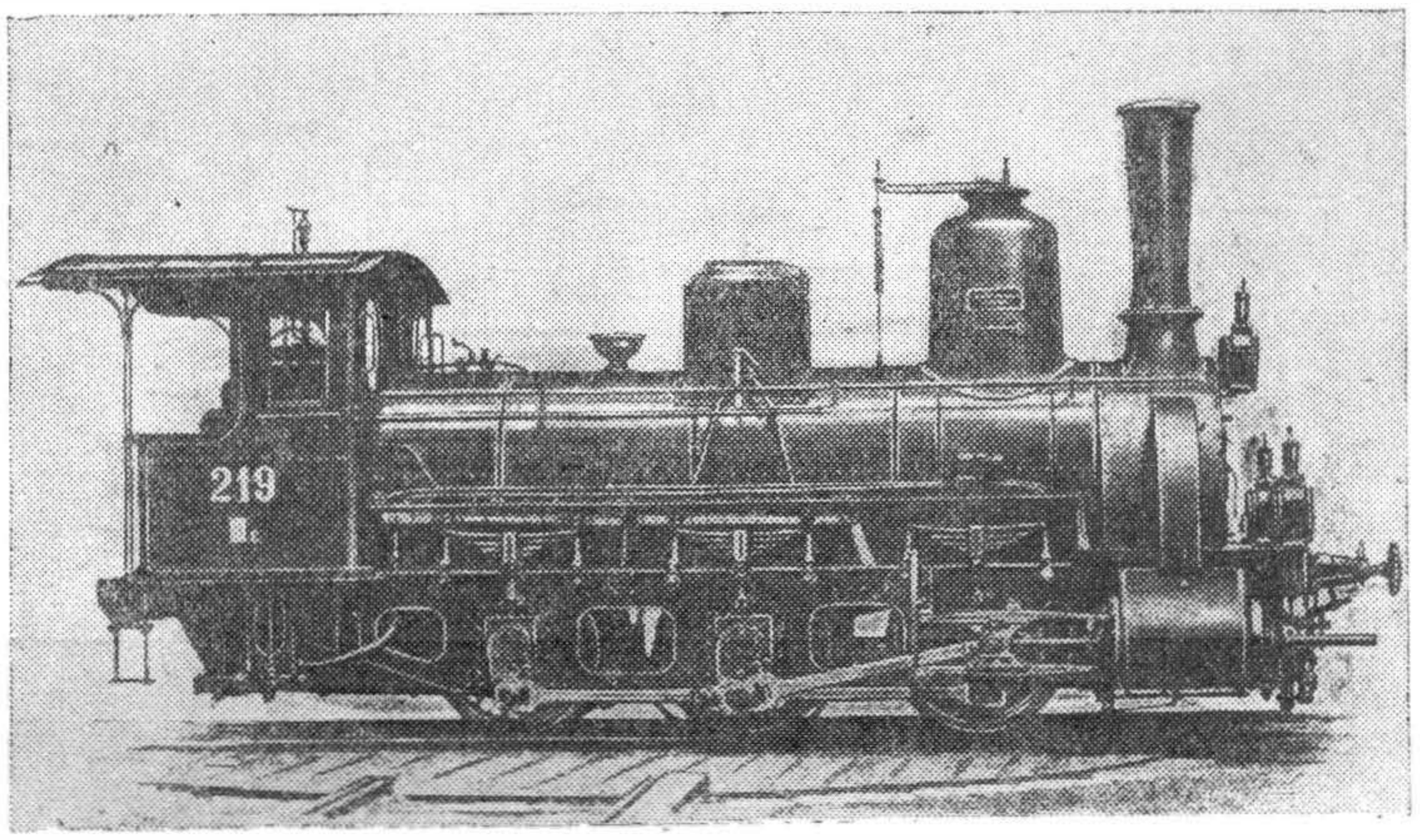
Английские и бельгийские паровозы, как видим из приведенных образцов, имели обычно внутренние цилиндры и лежащие между рамами кулиссные механизмы, и таким образом их внешний вид был весьма простым. Наоборот, во французских паровозах, имеющих притом большой габарит, быстро перешли на внешние цилиндры и наружные кулиссные механизмы (фиг. 119) и широко применяли четырехцилиндровые машины системы Де-Глэна (De-Glehn).

Быстроходные паровозы строились типа 2—2—0, причем применяли для курьерских паровозов ветрорезные приспособления для уменьшения сопротивления воздуха. В конструкцию паровозов много внесли известные инженеры Бодри (Baudry), Дедуи (Detdouits) и Рикур (Ricour).

Характерный образец (фиг. 131) — быстроходный четырехцилиндровый паровоз-компаунд ж. д. P. L. M., постройки 1892 г.

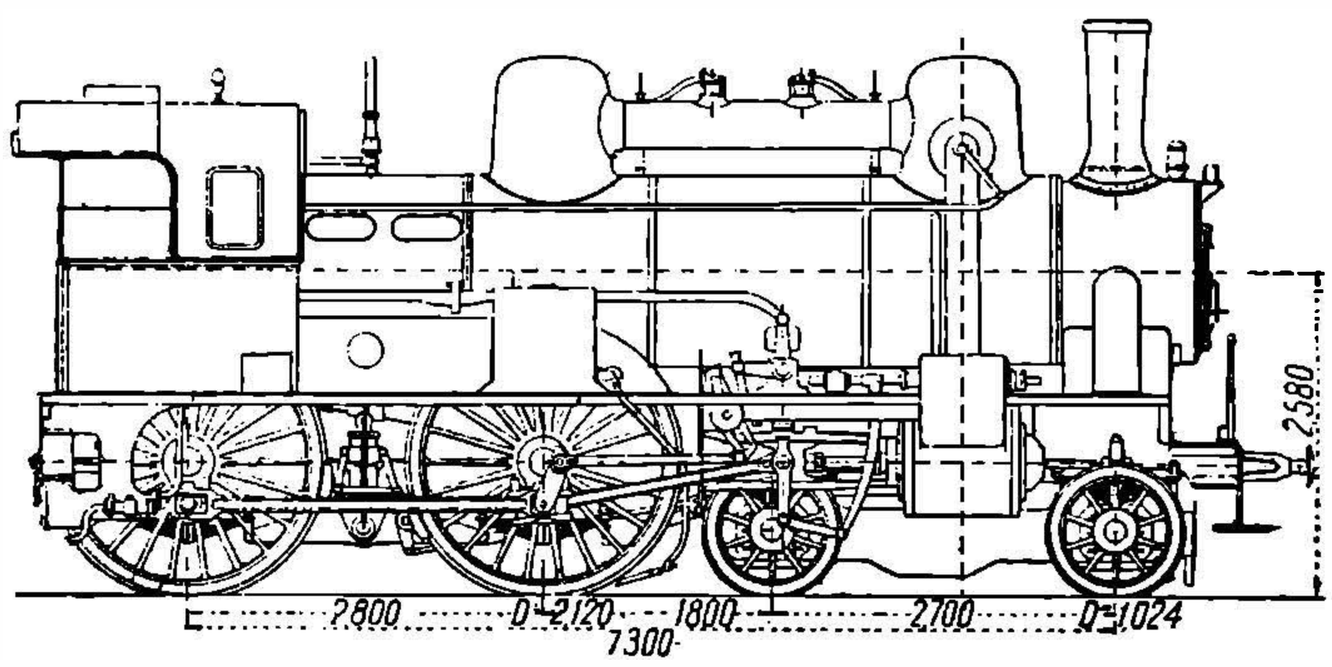
НТБ УДУНТ (ДИТ)

Для более тяжелых пассажирских поездов во Франции сравнительно редко применялся тип 1—3—0, и главнейшие магистрали в 90-х годах перешли на тип 2—3—0. Образец (фиг. 132) — паровоз Западной ж. д. постройки 1896 г. (однократное расширение с внешним кулиссным механизмом Гейзингера).



Фиг. 133

Паровозы других стран этого периода не имеют крупных особенностей с точки зрения типа. Как образцы приводим только типы австрийских заводов: фиг. 133 — начала 70-х годов завода Maschinenfabrik der Staats-Eisenbahngesellshaft в Вене с характерной для того времени внешней рамой и очень большим колпаком у трубы (поверх-



Фиг. 134

ность нагрева 140 *м*² и площадь колосниковой решетки[1] 2 *м*², давление пара 11 *ат*); фиг. 134 — быстроходный двухцилиндровый паровоз-компаунд австрийских ж. д. (тип 1895 г.) с характерными для ж. д. того времени двумя колпаками и соединениями между ними трубой и, наконец, фиг. 135 — быстроходный паровоз итальянской

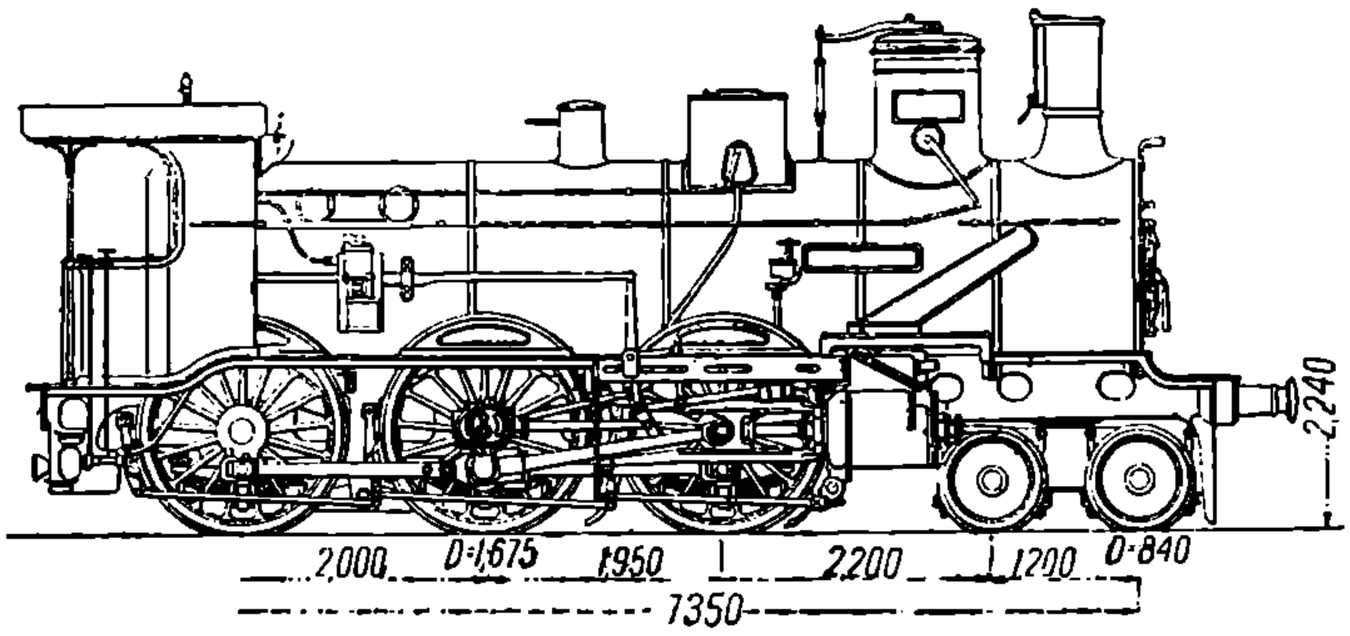
[1] Площадь колосниковой решетки доходила при этом до 5,7 *м*² и больше, что в то время при ручном обслуживании считалось весьма большим.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Средиземноморской ж. д. (однократного расширения) для тяжелых поездов с внешней кулиссой Гуча и своеобразной тележкой (1883 г.).

Для узкоколейных ж. д. паровозы строились значительно упрощенного типа.

Несмотря на то, что рассматриваемый период не отличается особым богатством новых типов паровозов, он замечателен крупнейшими достижениями: разработкой применения принципа компаунд и



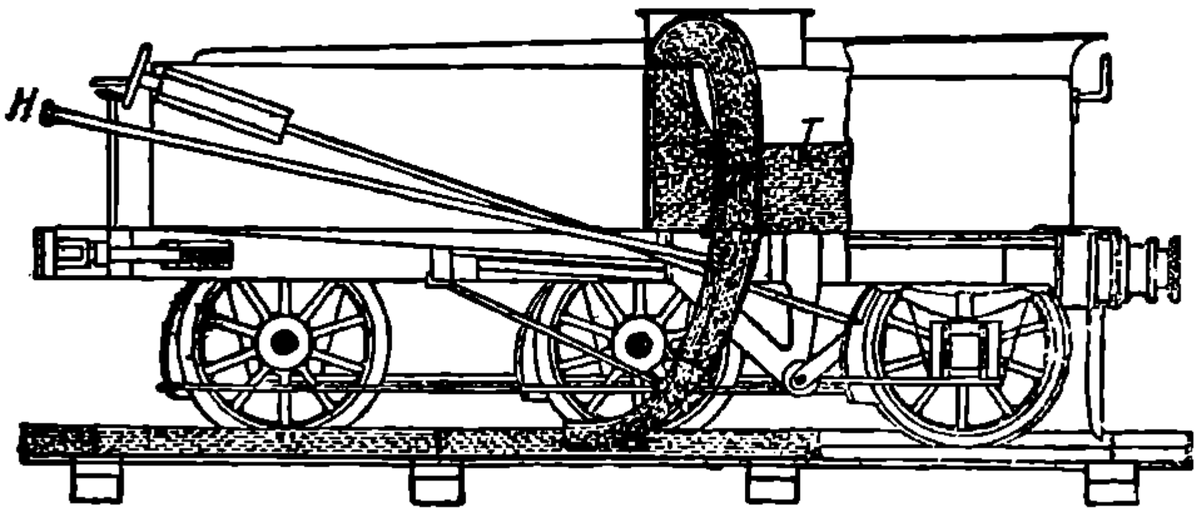
Фиг. 135

частично перегрева пара; разработкой совершенно новых типов сочлененных и горных паровозов и усовершенствованием парораспределительных механизмов, что составляет в силу своей важности предмет отдельного рассмотрения; кроме того, почти во всех частях паровоза сделаны выдающиеся нововведения, часто имеющие исключительное эксплоатационное значение.

Из таковых кратко укажем на следующие.

I. По паровозиому котлу

1. Питание котла в начале развития паровозостроения производилось при помощи ручного насоса, а затем насосы начали приводить в действие эксцентриками или тягами, соединенными с движущим механизмом, например с крейцкопфом (фиг. 106 — насос приводится в действие контркривошипом задней оси); потом стали ставить независимые паровые насосы, которые помещались на паровозе, или приводили их в действие от воздушных тормозных насосов.



Фиг. 136

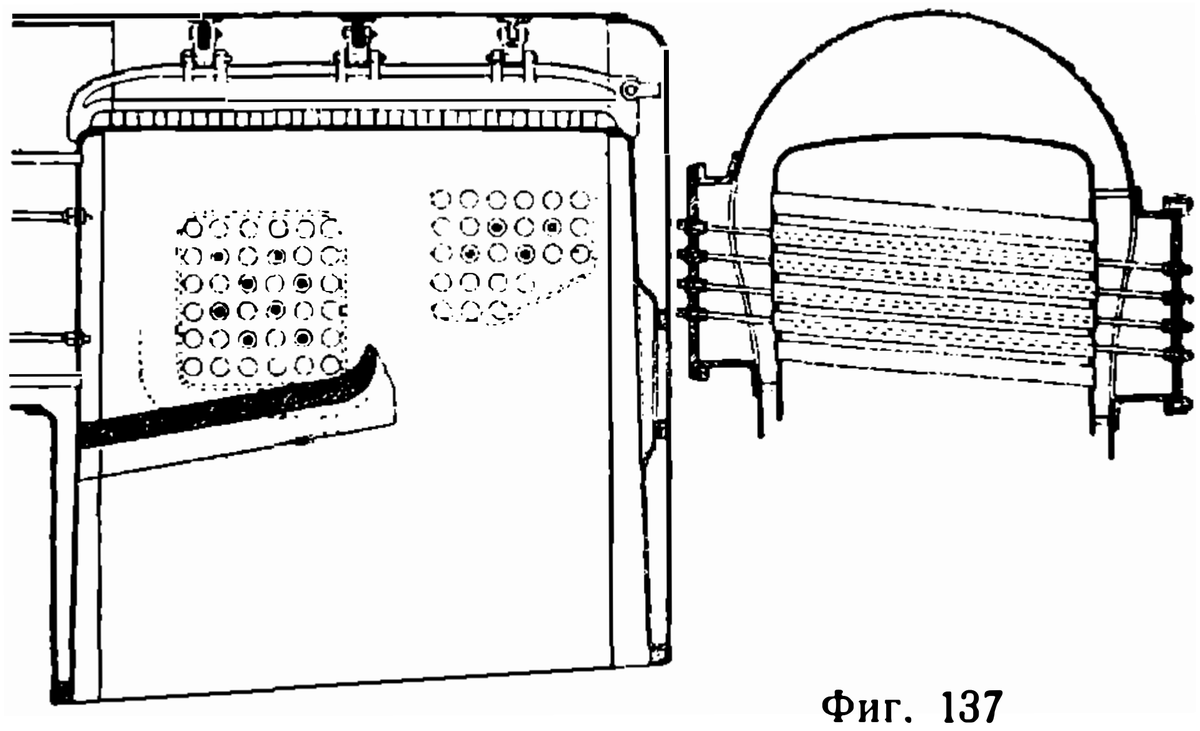
В июле 1858 г. французский инж. Жиффар (Henry Giffard) предложил свое гениальное изобретение — инжектор, который быстро вытеснил насосы.

2. В 1860 г. Ромсботтом (John Ramsbottom) ввел автоматическое снабжение водою тендера на ходу паровоза из особого жолоба, наполненного водой и расположенного на сере-

НВ УДУНТ (ДІТ)

дине пути между рельсами (фиг. 136). При проходе станции таким образом можно набирать до 5 *т* воды. Введено в Англии и Америке на многих ж. д.

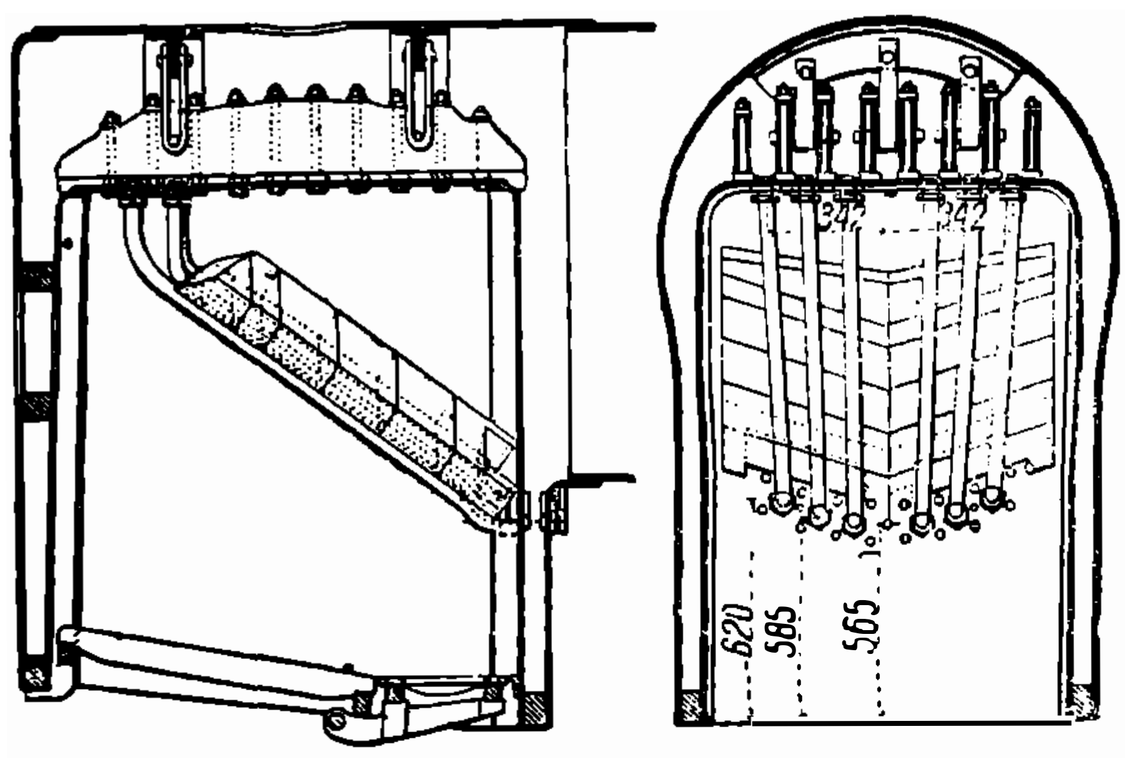
3. Неоднократно повторялись попытки поместить в топке кипятильники[1] для увеличения количества пара. В качестве таковых ставились «водяные своды» Буханана (фиг. 114) и Тенбринка (Теп-Brrinsk) (фиг. 140). Последние были изобретены в 1860 г. и до введения более рациональных кирпичных сводов были очень распространены; например на одной Орлеанской ж. д. во Франции были поставлены на 1 200 паровозах, но затем были оставлены (охлаждение топочного пространства, сложность ремонта не уничтожили дыма и пр.).



Фиг. 137

Но попытки поставить кипятильники не оставлялись: в 1899 г. Друммонд (Drummond), начальник тяги Лондон—Юго-Зап. ж. д. поставил свои кипятильные трубы на паровозе 2—2—0 (фиг. 137), благодаря которым прямая поверхность нагрева увеличилась вдвое. Топка загромождалась, что препятствовало их распространению.

Широкое распространение получили только американские кипятильные трубы, служащие вместе с тем и опорой свода. Их первая

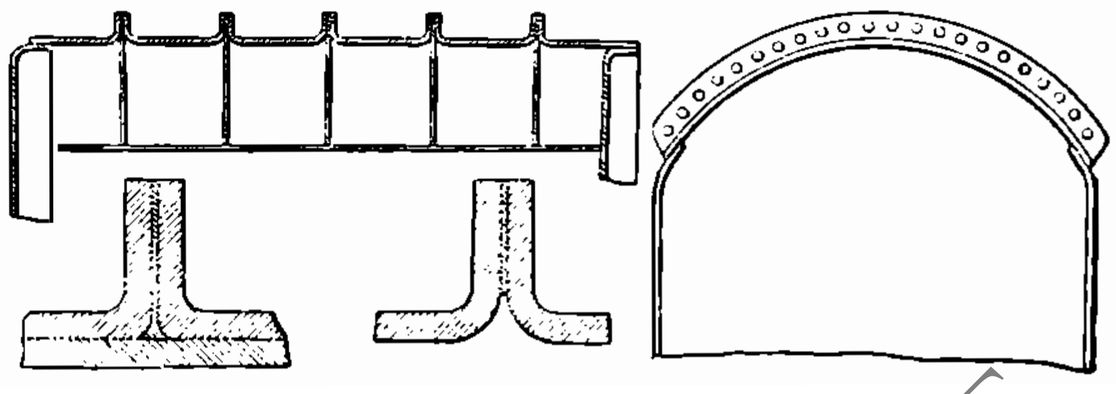


Фиг. 138

конструкция показана на фиг. 138.

В это время уже начали распространяться кирпичные своды и хотя они впервые появились в 40-х годах, но, например, во Франции они впервые были поставлены на паровозах на Западных ж. д. только в 1884 г.

4. Неоднократно предлагались всевозможные меры к упрощению конструкции топки путем уменьшения количества связей. Их можно разбить на следующие категории:

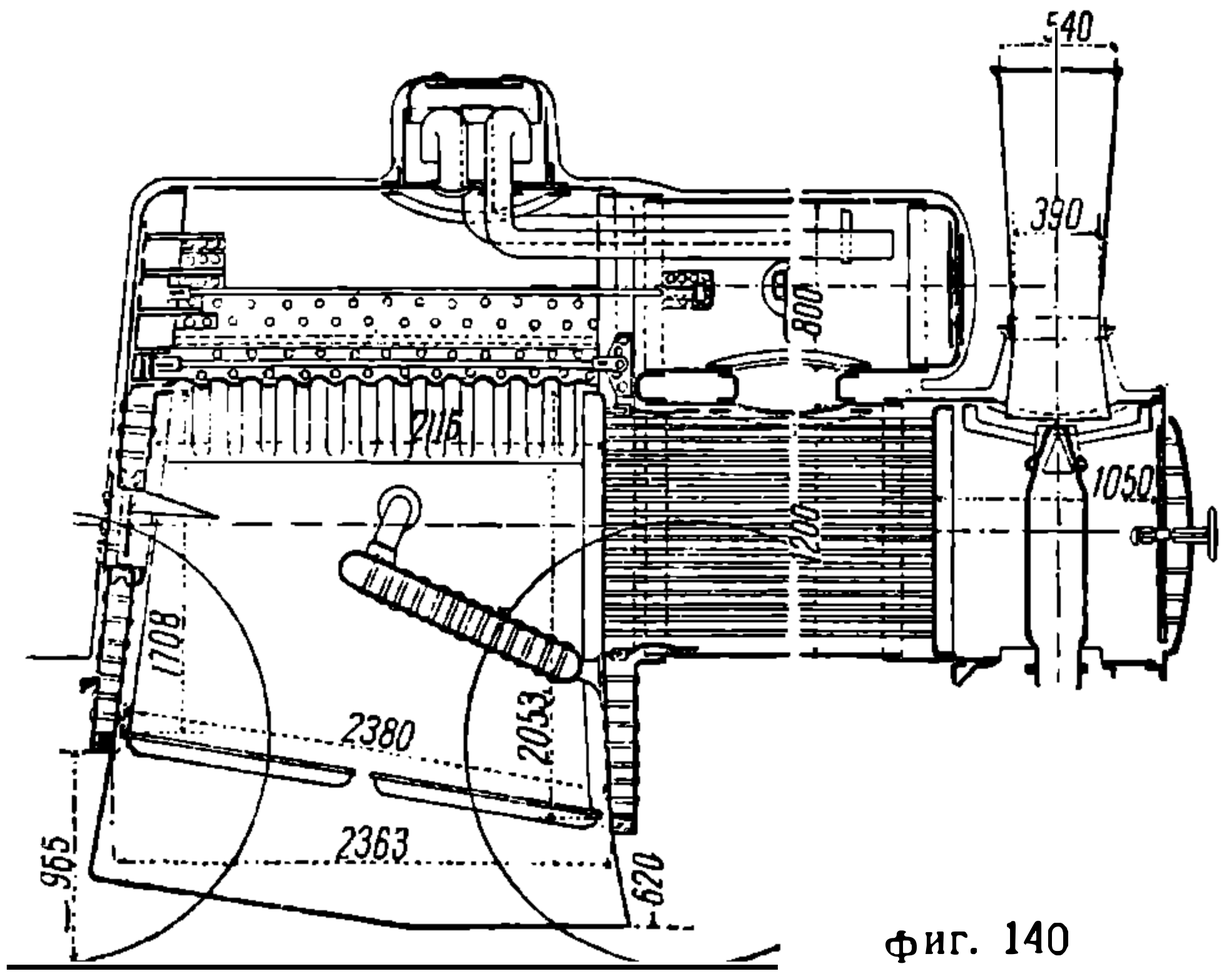


Фиг. 139

[1] В настоящее время этот вопрос удовлетворительно разрешен постановкою в топках термосифонов или карманов Никольсона.

НБ УДУНТ (ДИТ)

а) изменяли конструкцию потолка для устранения анкерных болтов и балок, например, заменяли обыкновенный потолок рядом жестких, склепанных корытообразных частей — системы Полонсо (Polonceau) (фиг. 139) —80-е годы (топки Полонсо и другие, им подобные, основанные на том же принципе, служили удовлетворительно только при площадях колосниковой решетки до 2 *м*², но тем не менее, подвергаясь быстрому износу в местах сгиба потолка, распространения не получили);



Фиг. 140

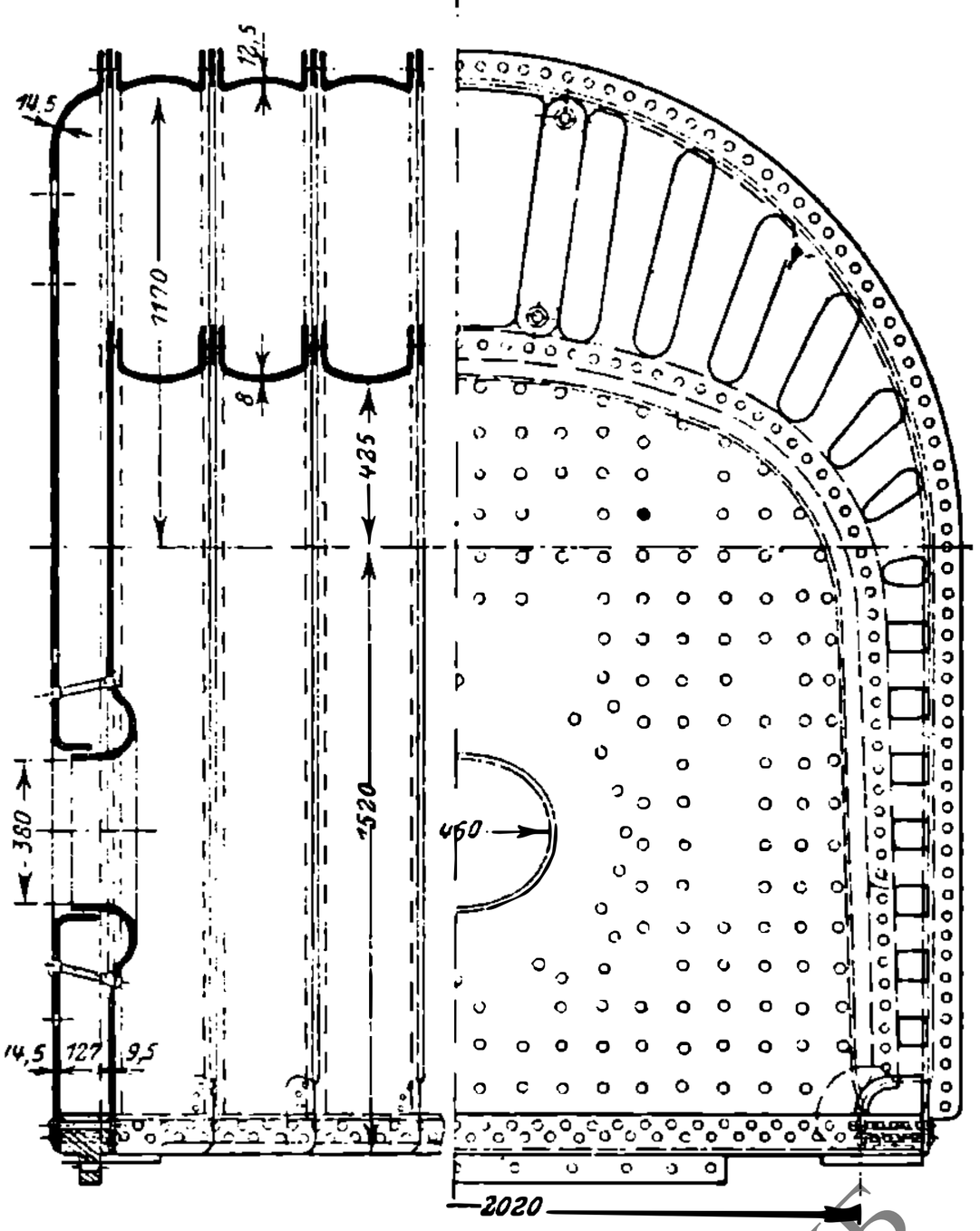
б) делали потолок из волнистого железа (фиг. 140);

в) не только потолок, но и плоские боковые стенки укрепляли таким образом:

— особыми листами, соединяя видоизмененные корытообразные части стенок топки с кожухом, например, в системе Джекобс-Шупера (Jacobs-Shupert), появившейся в 1899 г. на ж. д. Atchison — Topeka — Santa Fé (фиг. 141);

— делая потолок и плоские стенки топки из особого фасонного железа со штампованными волнами, например, системы Вуда (Wood) (фиг. 142); такие топки поставлены на паровозах 1—5—0 ж. д. New-York Central — Hudson-fluss;

— вставляя только в боковые стенки упругие части для того, чтобы боковые стенки легче деформировались, например, топка Логриджа (Laughridge) (фиг. 143) и т. д.;



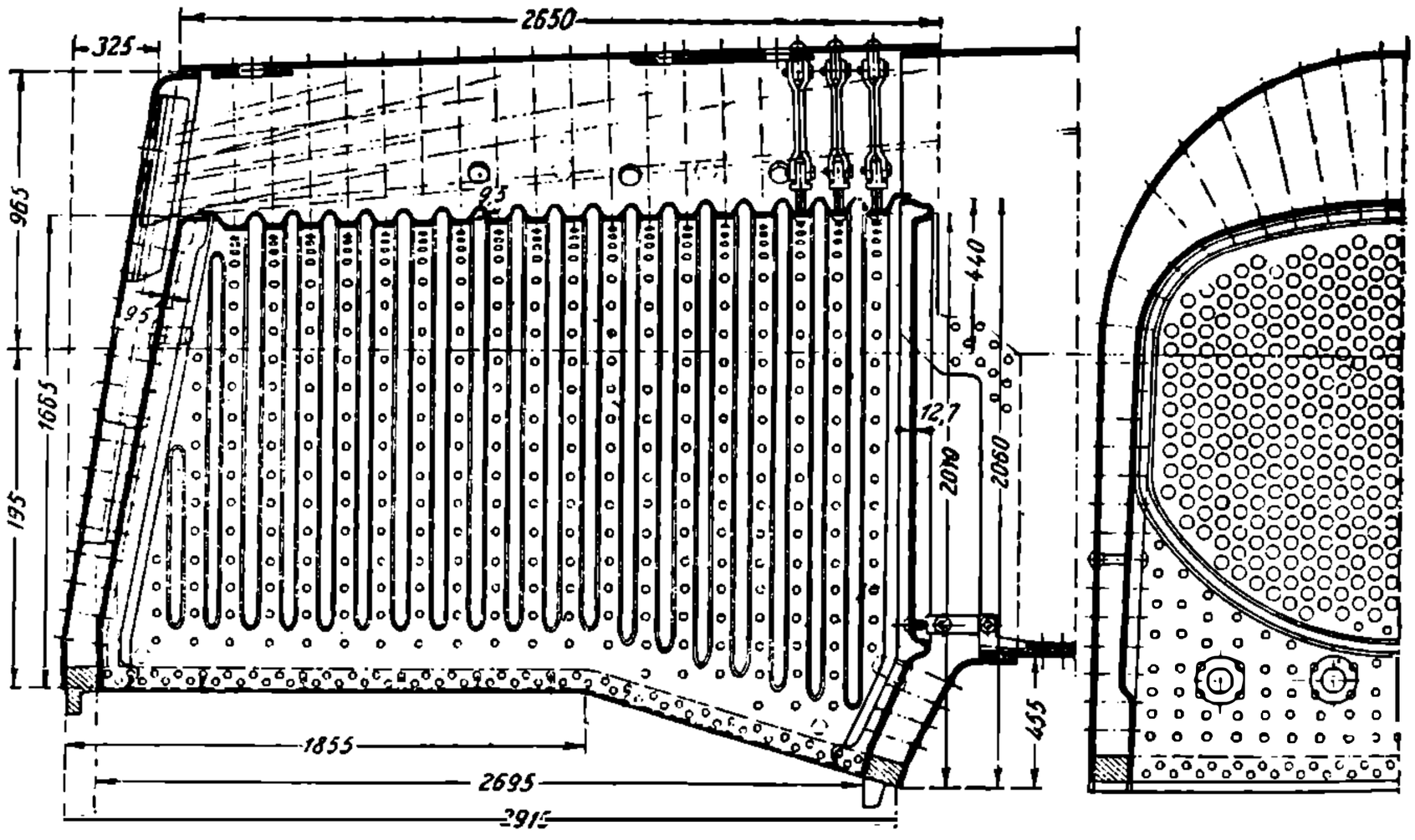
Фиг. 141

г) неоднократно предлагались даже круглые топки, например в 1888 г. инж. Ленц (Lentz) построил на Гогенцоллернском заводе паровоз 2—2—0 с круглой топкой из волнистого железа (на 14 *ат*), причем передняя часть была отделена порогом с дополнительным подводом воздуха, обра-

НБ УДУНТ (ДІТ)

зуя дымосожигательную камеру (фиг. 144). Связи здесь таким образом устранены совсем.

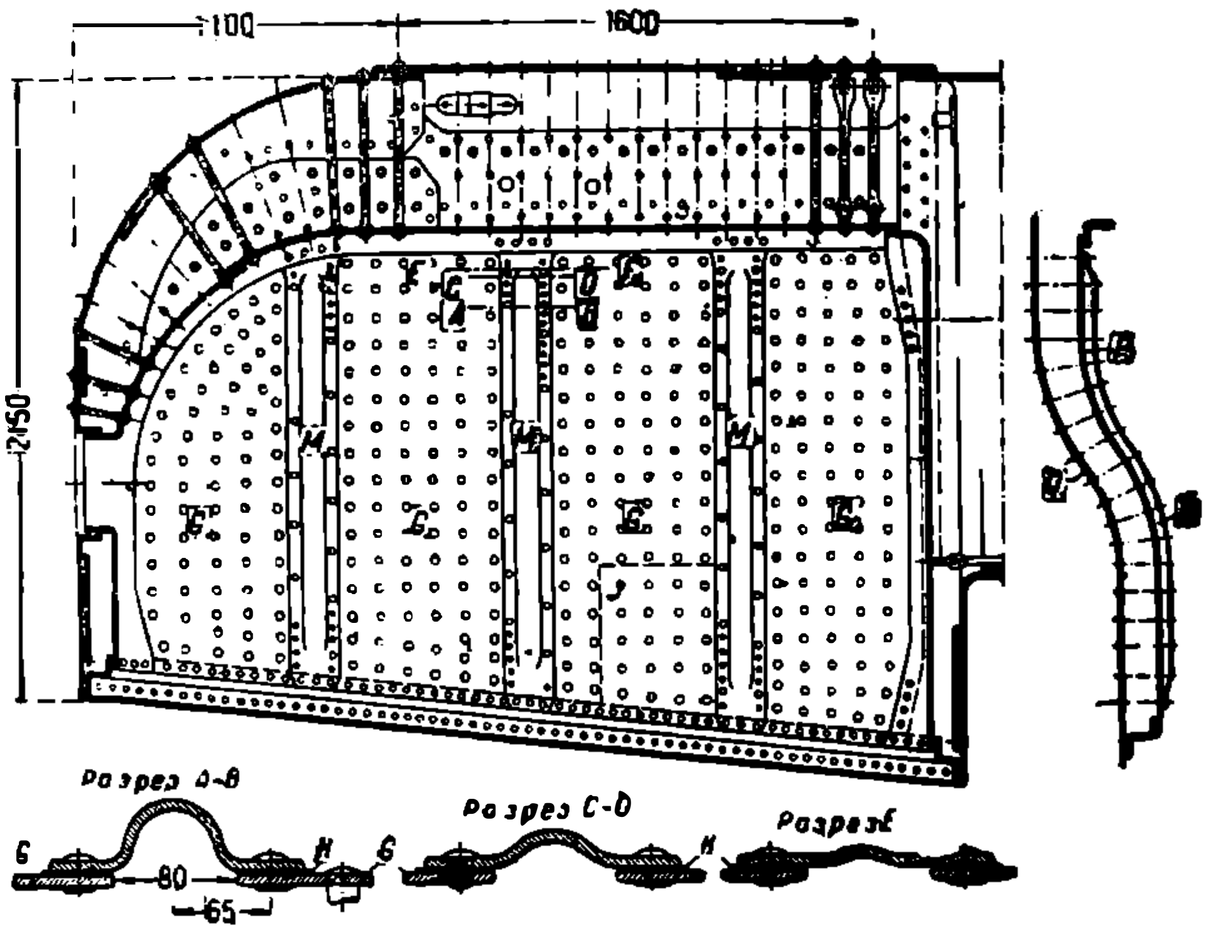
Подобные же топки были поставлены на ж. д. Illinois-Central и др. инж. Вандербильтом на паровозах 2—2—1 и пр. На фиг. 145



Фиг. 142

показана подобная же топка паровоза 1—4—0 ж. д. A. T. Santa Fé с нефтяным отоплением, построенная заводом Балдвина в 1902 г.

Все подобные конструкции особого распространения не получили вследствие крайней затруднительности и дороговизны ремонта, причем подобные топки изнашивались быстро. С другой стороны, в круглых топках нельзя было значительно увеличивать площадь колосниковой решетки, и они быстро деформировались. Вода в нижней части под волнистыми трубами долгое время оставалась холодной. Вообще эти конструкции признаны неудачными.

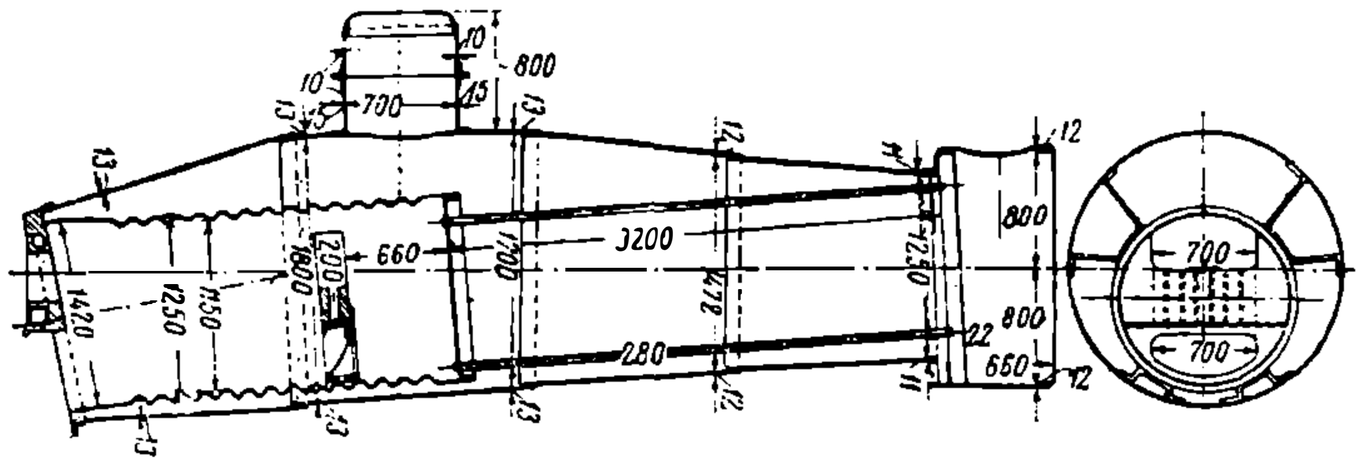


Фиг. 143

д) Наконец, было много попыток совсем заменить внутреннюю топку паровозов частично или целиком внешней топкой. В качестве примера укажем (фиг. 146) — топку Брокка (Brock), частично внешнюю, примененную впервые в 1893 г. на саксонских ж. д. и на товарных паровозах дирекции Halle. Потолок и кожух были заменены тремя барабанами, и боковые стенки выложены огнеупорным кирпичом.

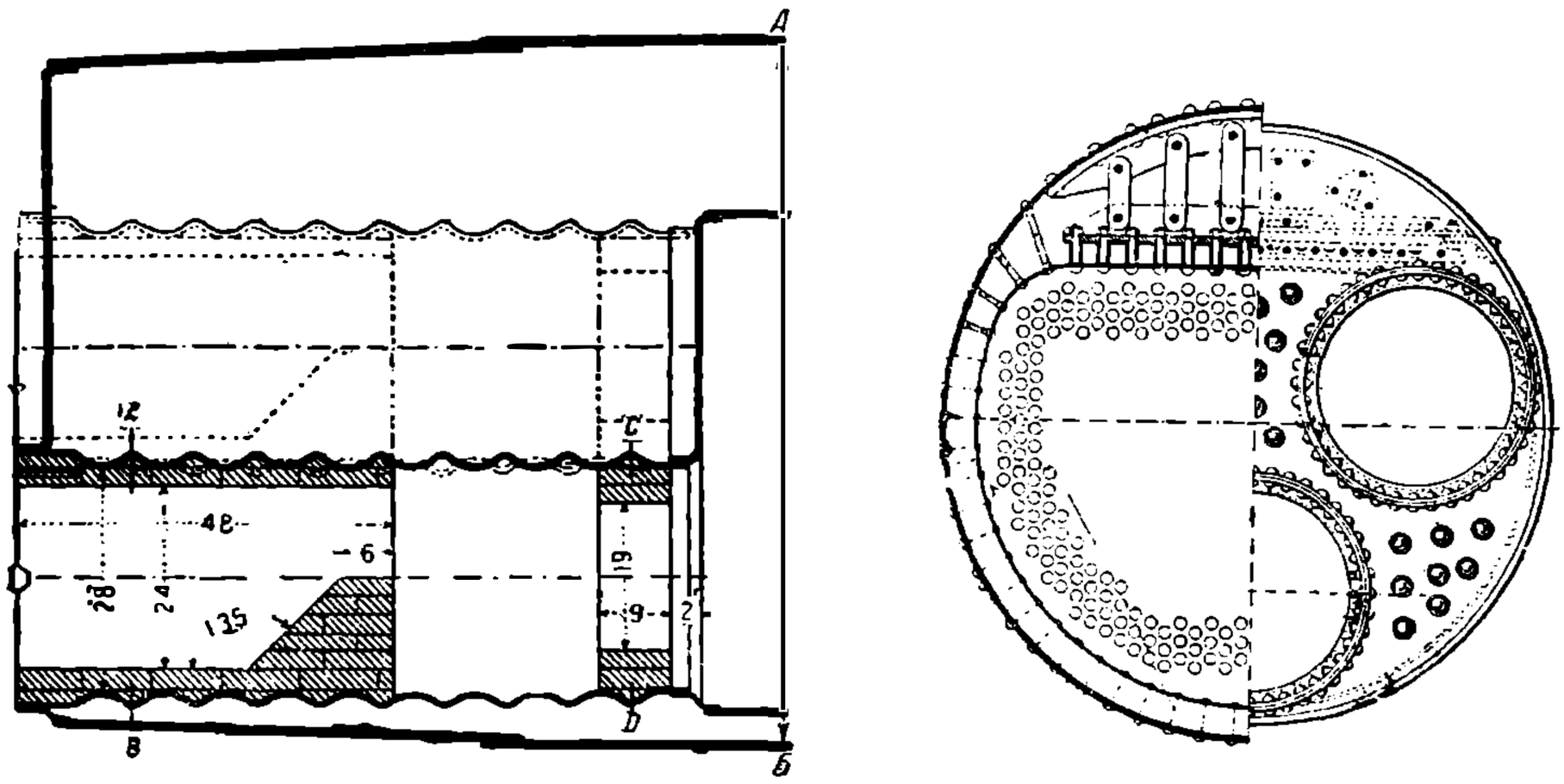
НБ УДУНТ (ДИТ)

Полные внешние топки были предложены инж. Вердербером (Werderber) в 1879 г. (фиг. 147) и испытаны на венгерских, прусских и австрийских ж. д., инженерами Доктером (Docteur) на бельгийских ж. д. и Зохером (Socher) на австрийских ж. д. (90-е годы).

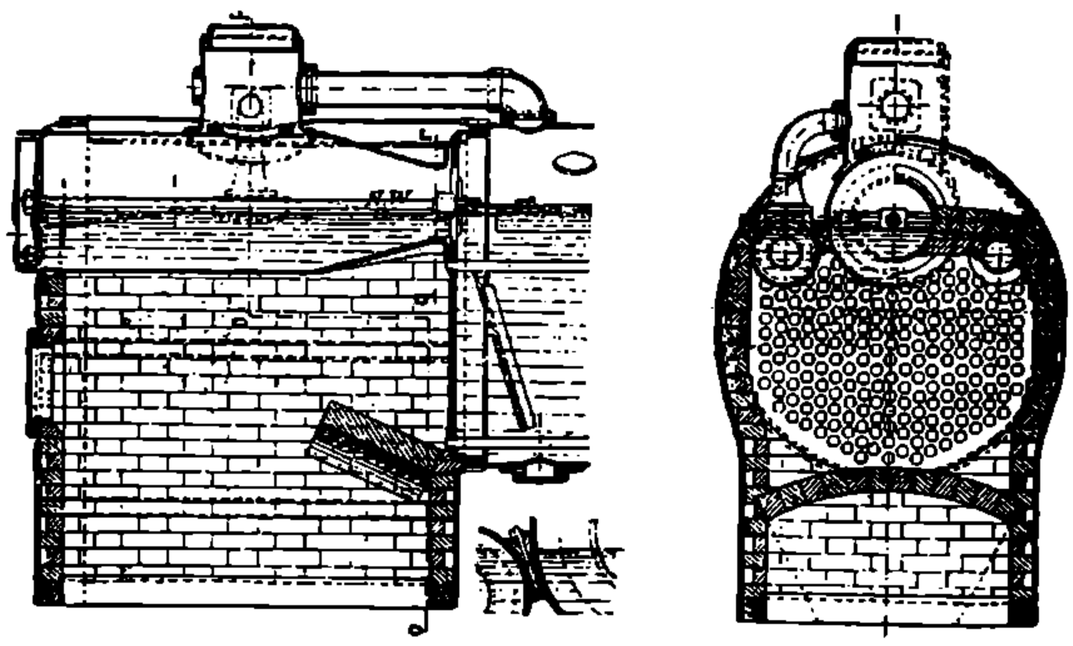


Фиг. 144

Все они дали вполне благоприятные экономические результаты, но затруднение заключалось в быстром обгорании трубок, вследствие значительного повышения температуры у решетки, и в расстройстве



Фиг. 145



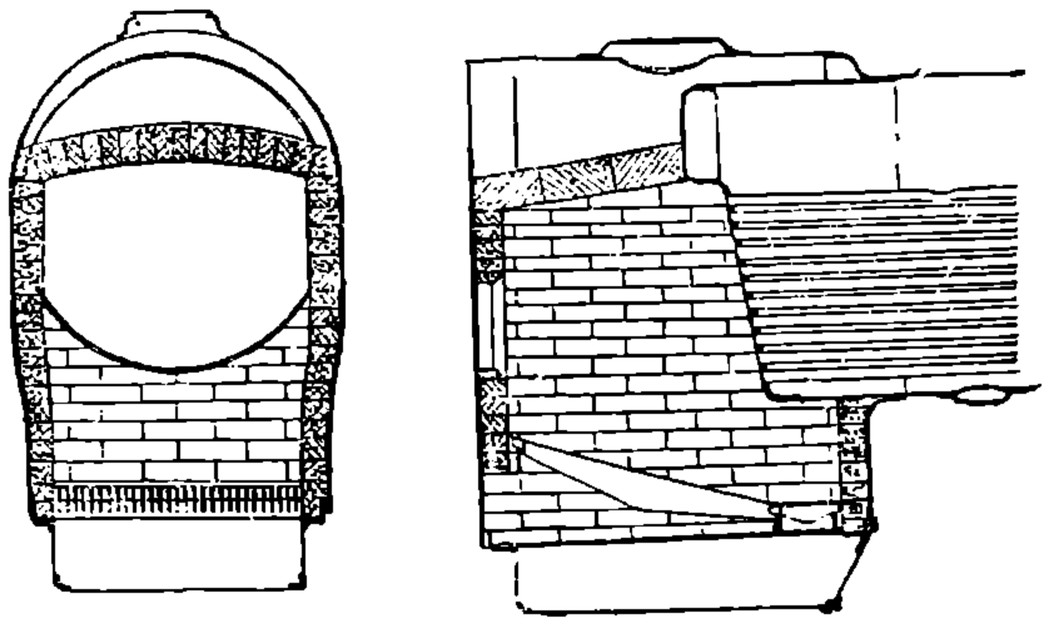
Фиг. 146

каменной кладки от сильной тряски паровоза. Во всяком случае через короткое время после испытания внешние топки были оставлены, и обыкновенная внутренняя топка осталась неизменной до сих пор, так как более поздние предложения применять водотрубные топки оказались также неудачными.

5. Потолки топок укреплялись сначала анкерными балками продольными (фиг. 138), потом при увеличении длины топок — поперечными (например, фиг. 148). Этот способ укрепления для небольших паровозов сохранился до сих пор, но при

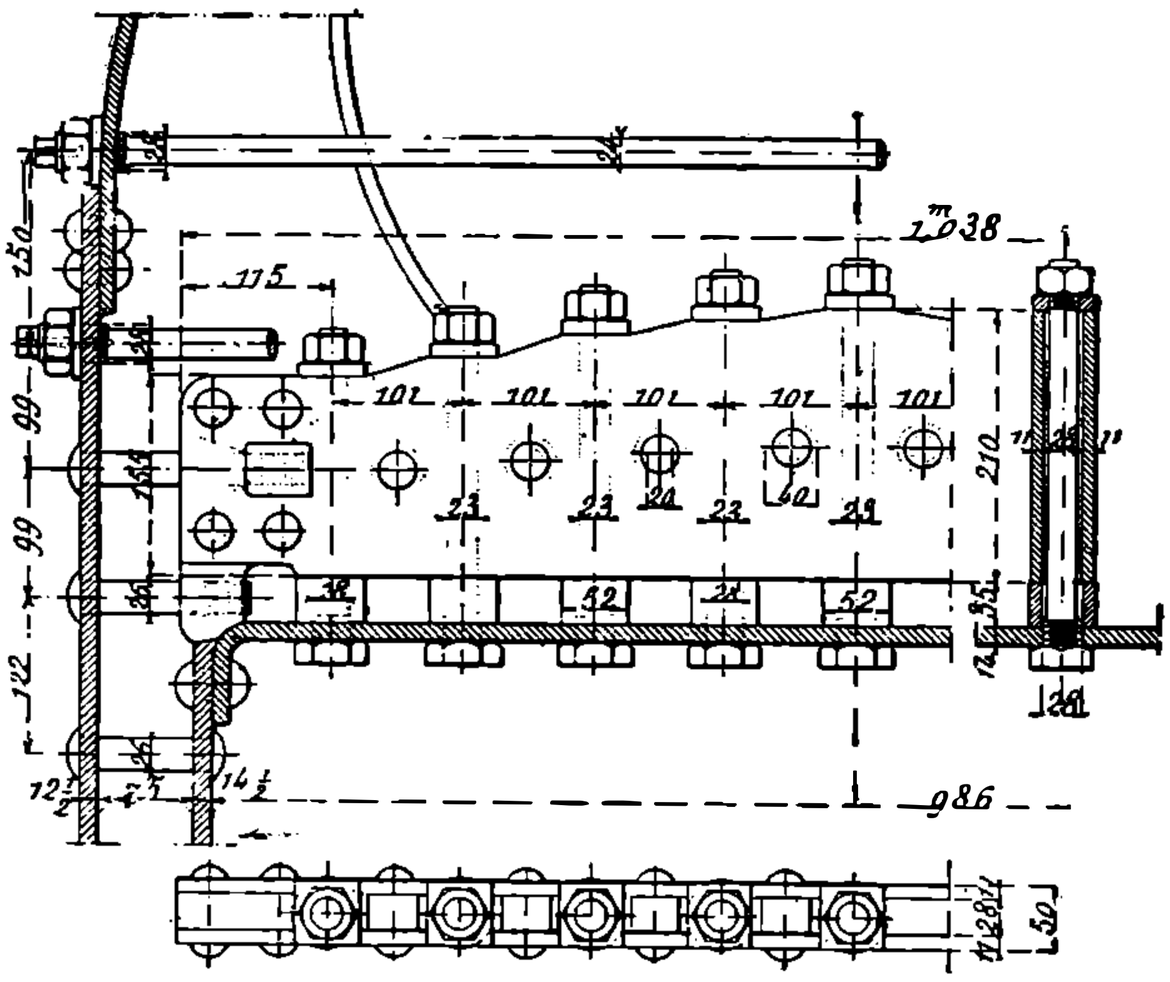
НБ УДУНТ (ДИТ)

значительных топках перешли к подвесным анкерным балкам (фиг. 137 и 149), а затем и к анкерным болтам (например, фиг. 129 и 130). Вскоре оказалось необходимым, во избежание изгиба и расстройства соединений, часть их сделать гибкой. Подобных гибких связей было предложено множество конструкций. В то же время были предложены анкерные балочки, нашедшие в настоящее время большое распространение.



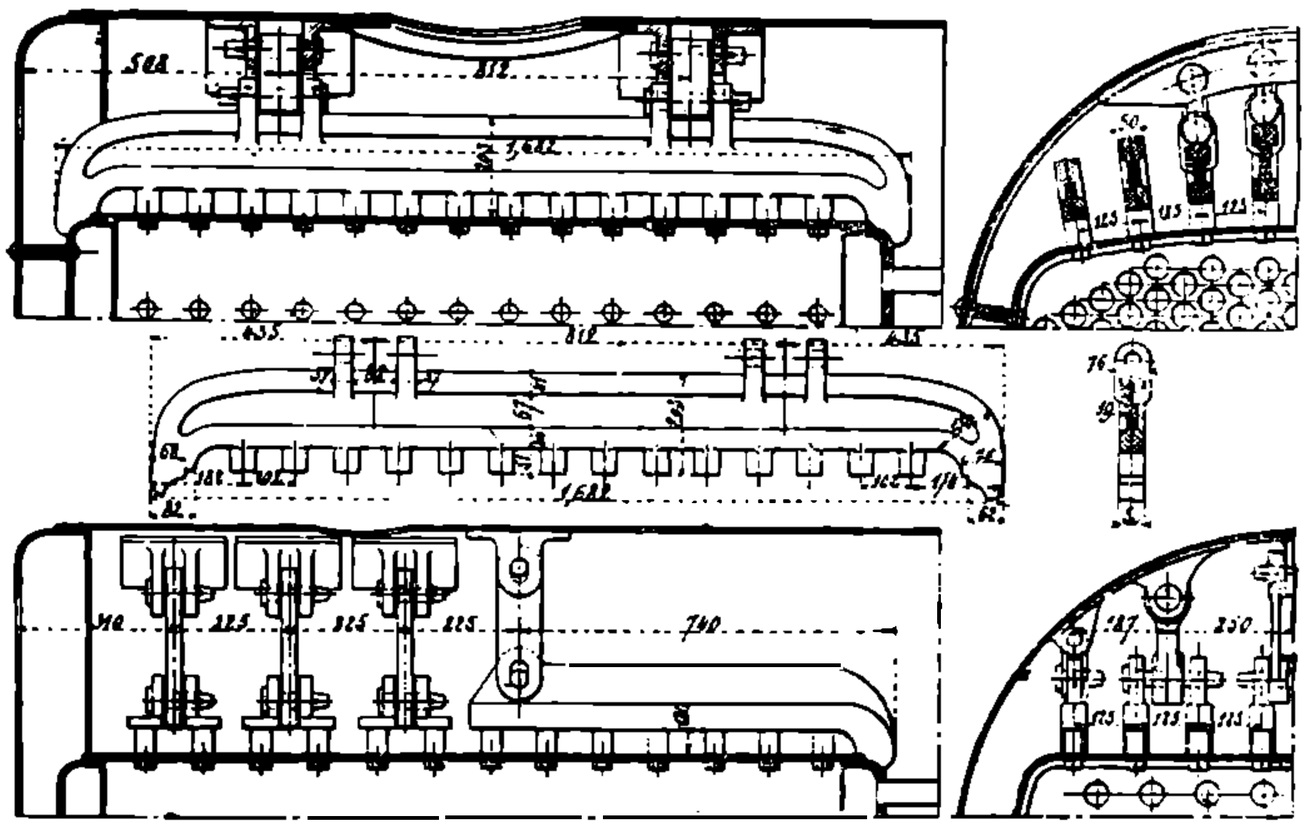
Фиг. 147

Из гибких связей обратим здесь внимание только на развитие шарнирных связей, получающих в последнее время исключительное распространение в связи с введением топок, достигающих 10 *см*² и более и потому с очень большими температурными напряжениями.



Фиг. 148

Идея гибких шарнирных связей принадлежит начальнику тяги Северо-Восточных ж. д. Австрии Веренфенингу, который стал их



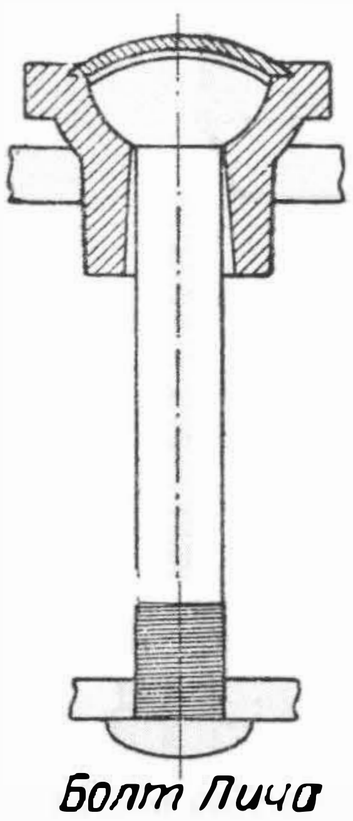
Фиг. 149

применять в 1878 г. Они состояли из двух втулок, ввинчиваемых в наружный и внутренний лист топки, и болта, сидящего в обеих втул-

НБ УДУНТ (ДІТ)

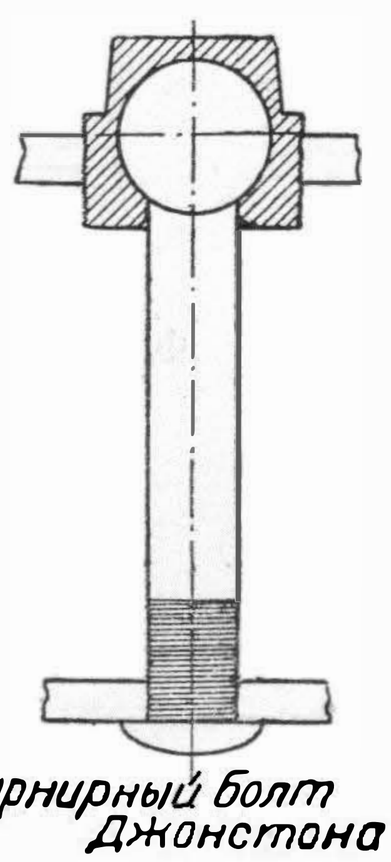
ках с некоторым зазором, причем наружное седло имело коническую поверхность. Особого распространения эта связь не получила, тем более что в них, вследствие малых тогда размеров топок, не было и особой необходимости.

В 1882 г. Лич (M. Leech), котельный мастер одной из дорог в Индии, начал применять связи с шаровой поверхностью (фиг. 150), которая с некоторым изменением стала применяться Пенсильванской ж. д.



Болт Лича

Фиг. 150



Шарнирный болт Джонстона

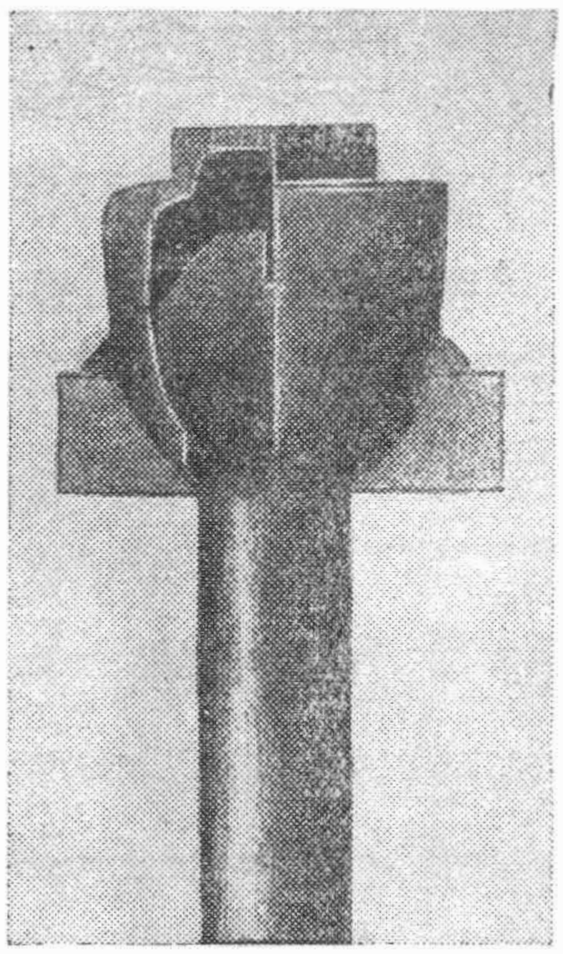
Фиг. 151

В 1900 г. Джонстон предложил связать с шаровой головкой (фиг. 151) и обнимающей ее втулкой, которая насаживалась на головку в горячем состоянии (она раскрывалась, нагревалась и закрывалась горячей) с некоторым зазором. Хотя результаты были прекрасными, но изготовлять эту связь было трудно и невозможно было производить периодический осмотр.

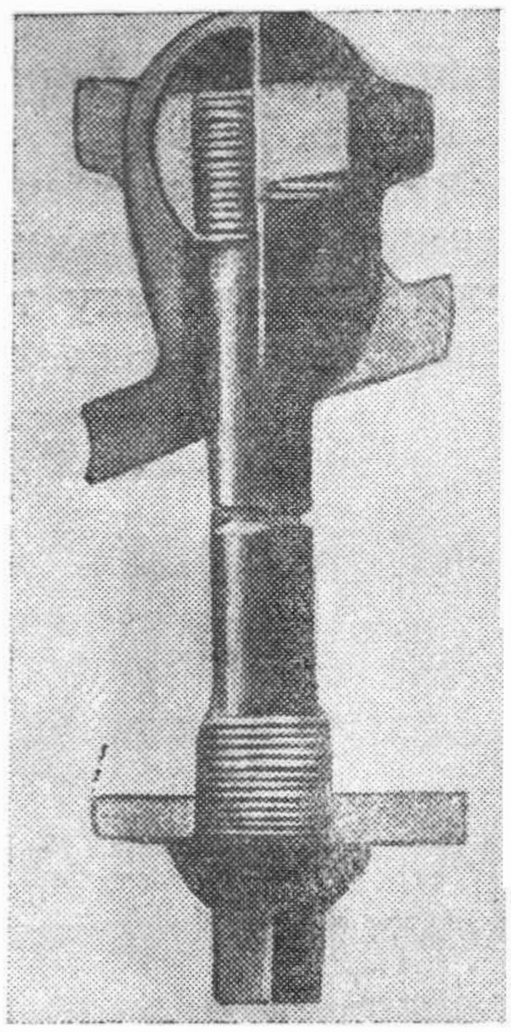
1 марта 1904 г. Тэт (Tate), котельный мастер Пенсильванской ж. д., взял патент на известную свою связь, где идея Джонстона сочеталась с конструкцией связи Пенсильванской ж. д. Современная конструкция связи Тэта показана на фиг. 152 и 153.

6. Кроме обыкновенных п о с т о я н н ы х конусов были изобретены конусы с п е р е м е н н ы м с е ч е н и е м.

7. Обращали большое внимание на у в е л и ч е н и е п а р о в о г о п р о с т р а н с т в а, чтобы иметь больший запас пара и не слишком форсировать котел при переменном профиле. Помимо постановки больших колпаков, иногда даже двух (фиг. 134), поднимали кожух над топкой (в Америке—система котлов wagon-top — фиг. 106). Фламмом (Flamm) в 1892 г. был предложен особый котел, поставленный на паровозах 2—2—0 Французской Восточной ж. д. (фиг. 154), где весь нижний барабан был заполнен большим количеством дымогарных труб (323 шт.), а верхний, соединенный с нижним тремя патрубками, содержал пар (фиг. 140).



Фиг. 152

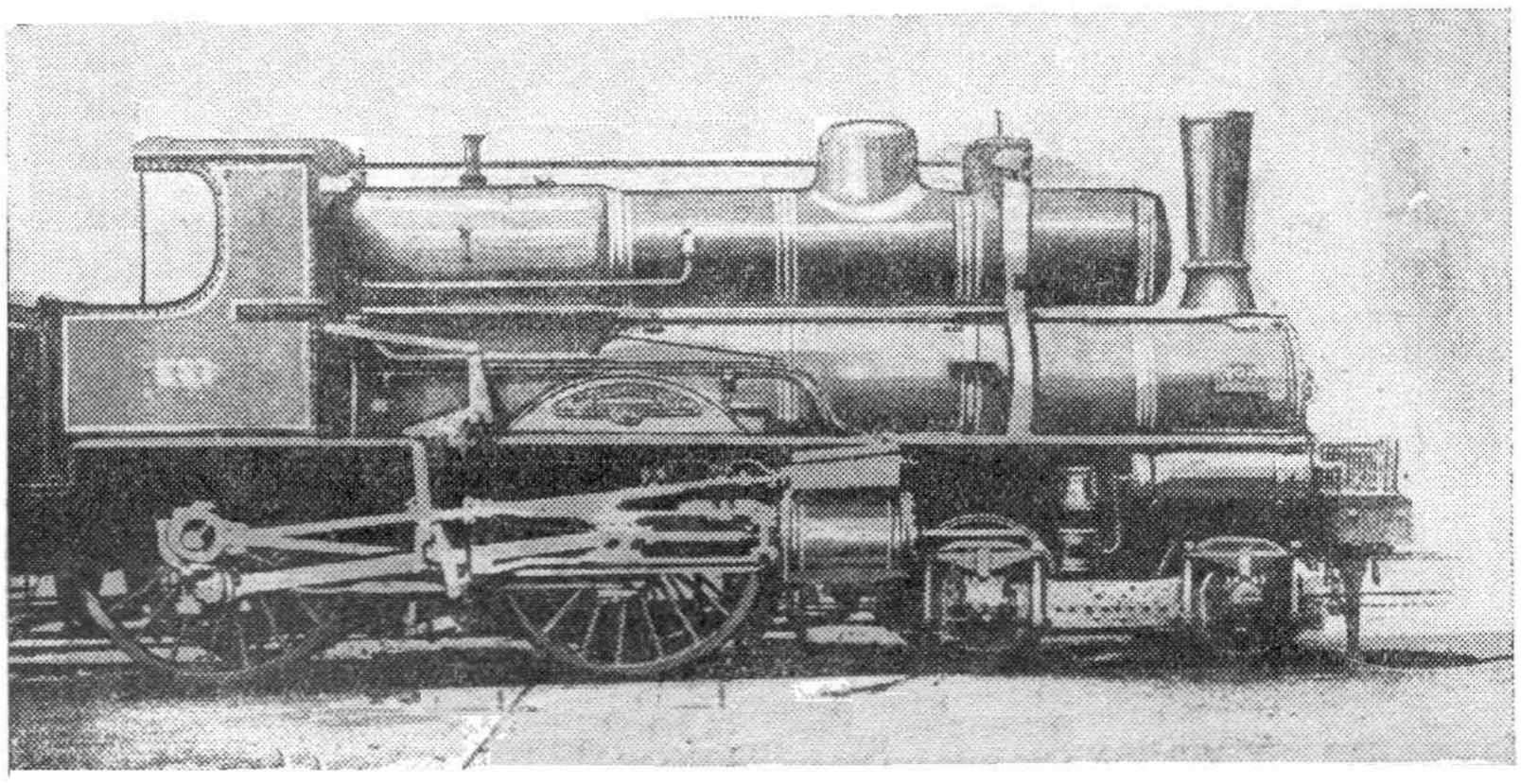


Фиг. 153

8. Укажем на очень интересную попытку урегулировать движение газов по дымогарным трубам. Инж. Веббе на четырехцилиндро-

НВ УДУНТ (ДИТ)

вом паровозе компаунд 2—2—0, построенном в мастерских «Grewe» в 1897 г., разделил дымовую коробку на два отделения горизонтальной доской так, что одна половина дымогарных труб пропускала газы в верхнее отделение, вторая — в нижнее. Каждая имеет свою отдельную дымовую трубу (в одной общей обшивке). Из каждой пары цилиндров пар выпускается также отдельно через свой конус в свою трубу. Движение газов получается более равномерным. В настоящее время то же достигается увеличением объема дымовых коробок возможно более низким помещением конуса с установкой петикотов (последнее время с расщеплением струи) и пр.



Фиг 154

II. По паровой машине

Она подвергалась весьма значительным усовершенствованиям вследствие введения принципа компаунд и усовершенствования парораспределительных механизмов (см. §§ 35 и 39).

III. По экипажной части

Особенное внимание было обращено на вписывание в кривые, почему появилось значительное количество конструкций тележек и бегунков (§ 20).

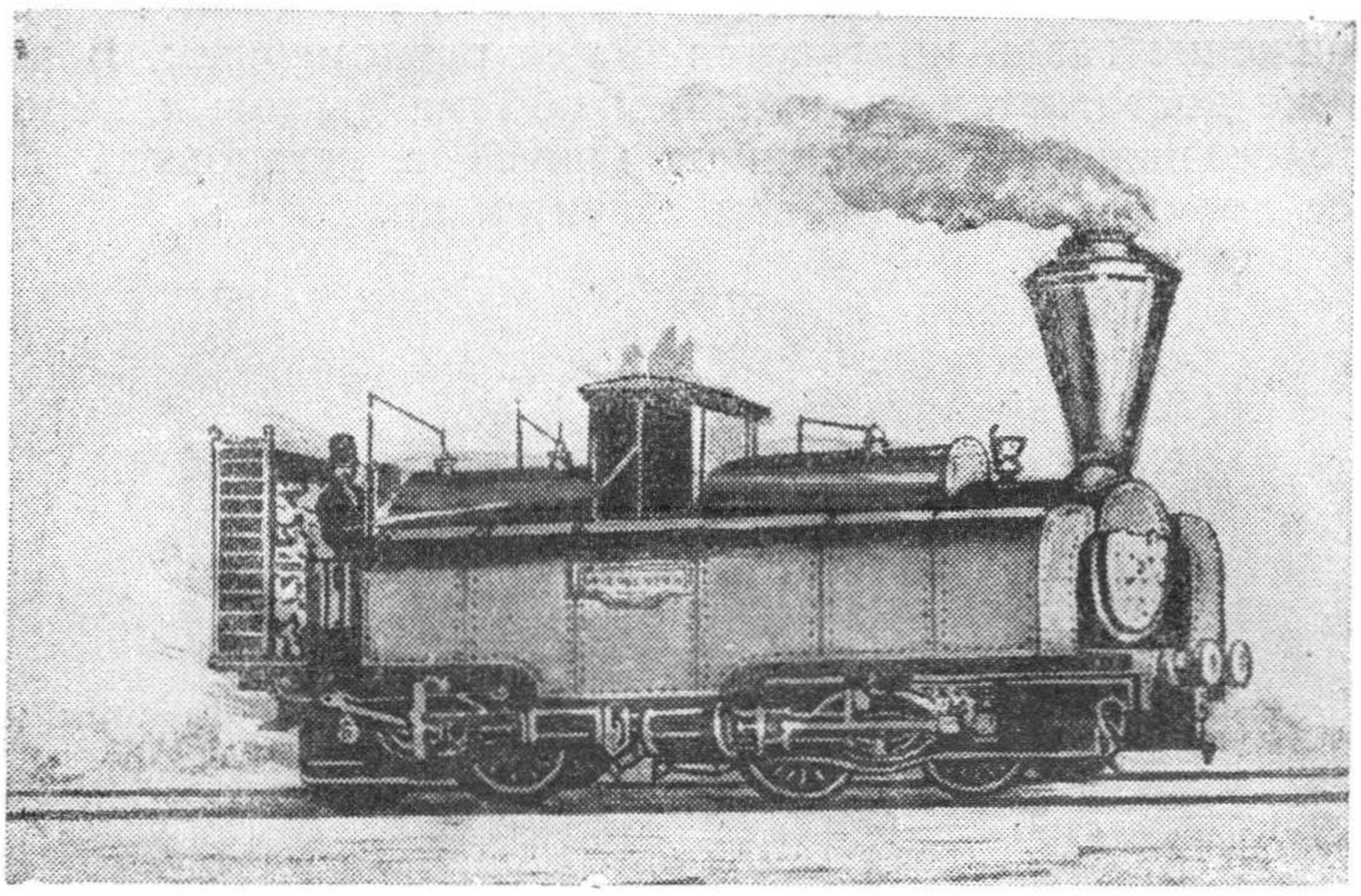
§ 17. СОЧЛЕНЕННЫЕ ПАРОВОЗЫ

С развитием ж.-д. сети появилось затруднение в обслуживании горных участков и вообще горных дорог, так как требовались паровозы значительной мощности, следовательно с большим числом спаренных осей и поэтому длинной базой и вместе с тем легко вписывающиеся в кривые малого радиуса. Только при наличии таких паровозов было возможно обслуживать ж. д. те горные области, которые до того времени были лишены ж.-д. сообщения, а потому получилась возможность экономически их связать между собою.

Это обстоятельство выдвинуло необходимость объявить конкурс паровозов на ж. д. Вена—Триест, составивший эпоху в деле паровозостроения. Земмерингский участок этой дороги имеет подъемы до 0,025 и кривые радиуса до 190 *м*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В 1850 г. был объявлен австрийским министерством торговли конкурс с четырьмя премиями (240, 120, 84 и 72 тыс. франк.) за лучший паровоз, могущий вести поезд весом не менее 140 *т* (без паровоза и тендера) по этому участку со средней скоростью 21,4 *км/час.*



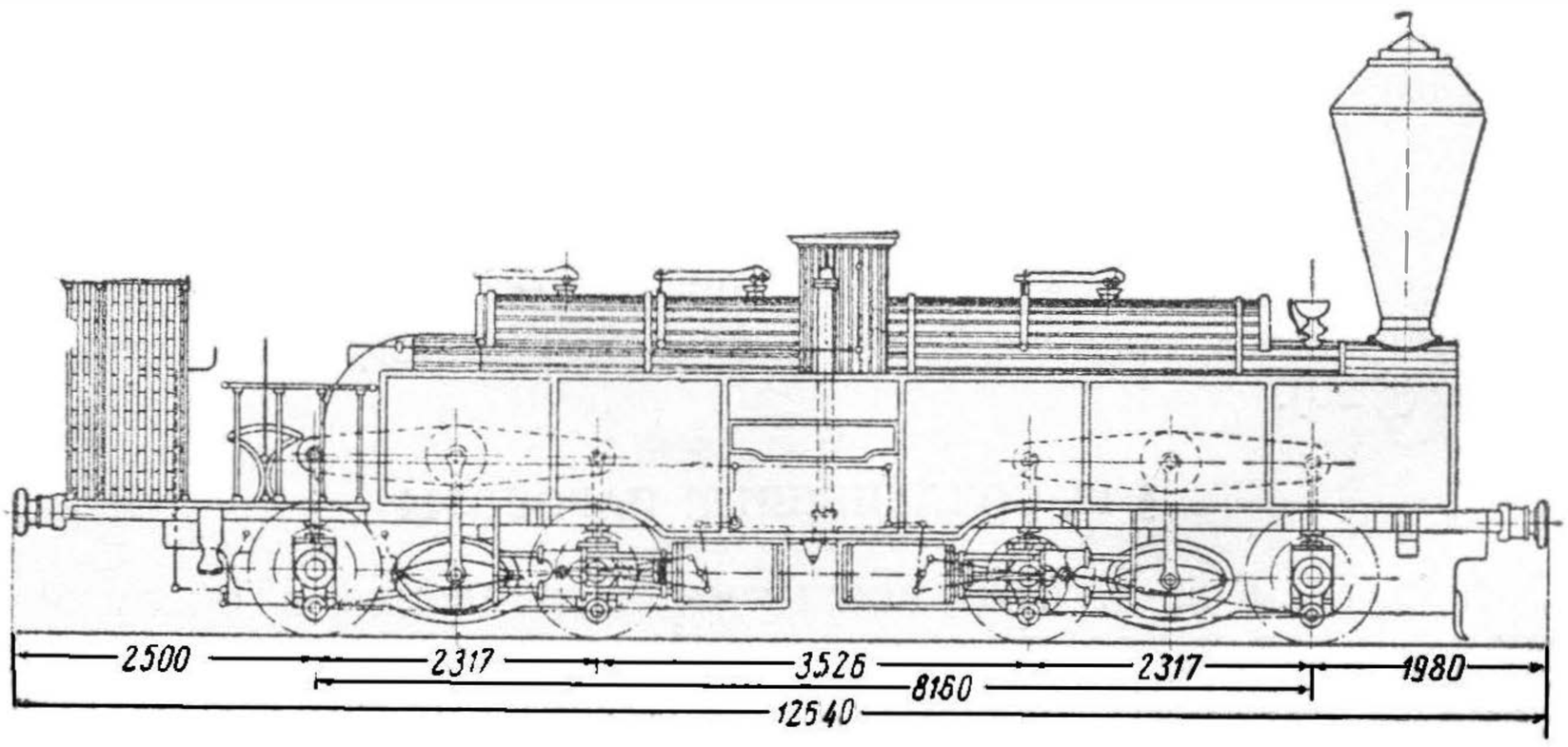
Фиг. 155

Были представлены четыре паровоза:

1. «Bavaria»—завода Маффей (Maffei) в Мюнхене (два цилиндра, четырехосный).

2. «Wiener Neustadt» — завод Гюнтера (Giinther) в Вене.

Он имел две двухосные поворотные тележки под одним общим котлом и четыре наружных цилиндра (фиг. 155).



Фиг. 156

На фиг. 156 представлен чертеж этого паровоза, на котором видно оригинальное сопряженное подвешивание его с большими продольными балансирами.

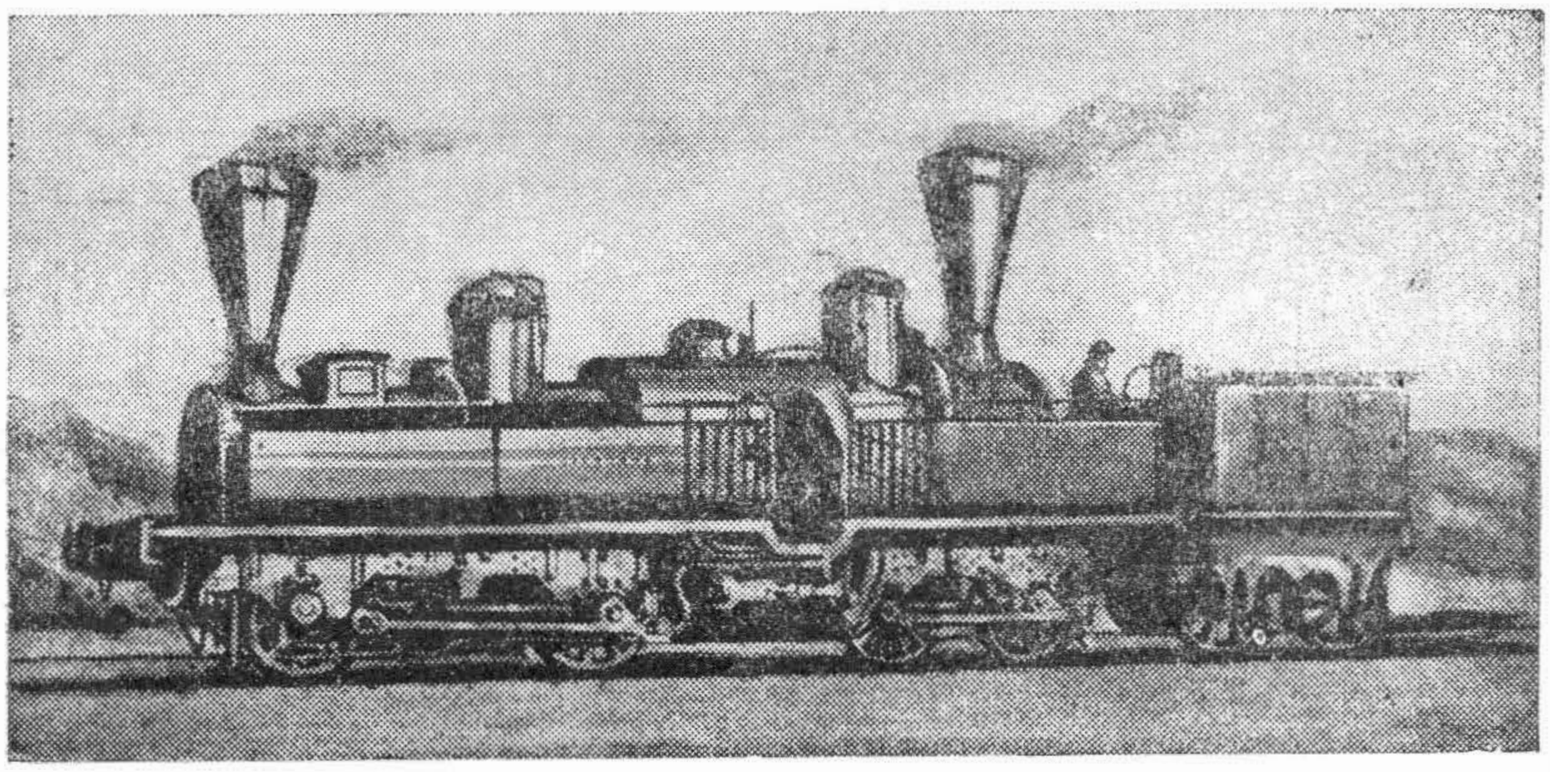
3. «Seraing» — завода Коккерилль (Cockerill) в Бельгии.

Этот паровоз был построен по проекту инж. Лейцмана (Leitzmann) (без его ведома), получившего на это устройство в

НБ УДУНТ (ДИТ)

Пруссии патент, в котором паровоз был назван «двойным паровозом». Паровоз имел две поворотные тележки с четырьмя внутренними цилиндрами и двойной котел (вернее, два котла, соединенные топками) (фиг. 157).

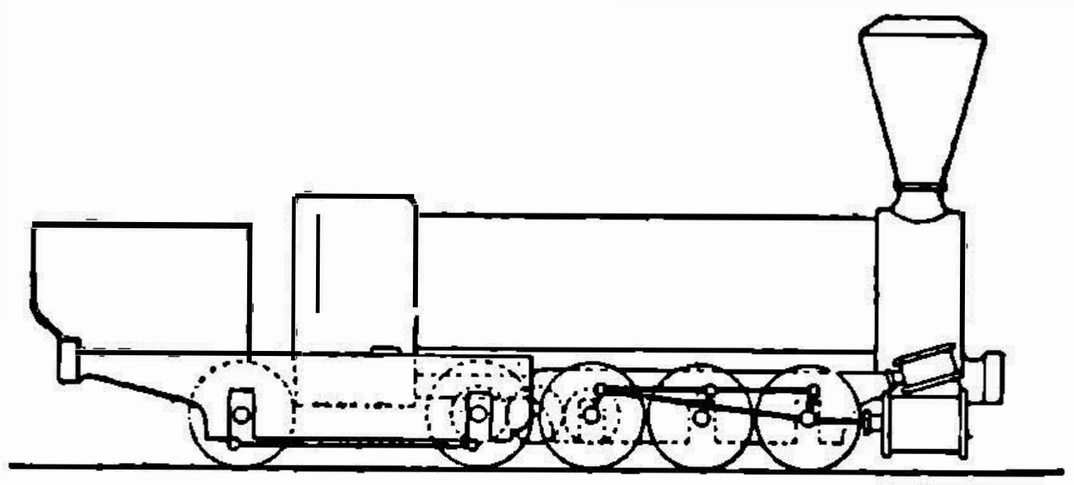
4. «Vindobona» Венско-Глоггнизского машиностроительного завода.

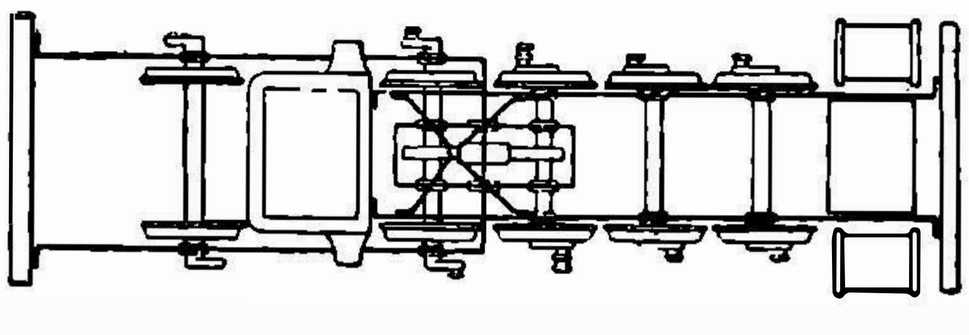


Фиг 157

Испытание производилось в августе 1851 г., причем указанные премии были присуждены в том же порядке, так как все паровозы более или менее удовлетворяли условиям конкурса, но тем не менее они были признаны для регулярного движения неподходящими.

Указанный конкурс все-таки принес огромную пользу, так как дал большой опытный материал, и, с другой стороны, премированные паровозы послужили образцами для конструирования дальнейших типов сочлененных паровозов.





Фиг. 158

Прежде всего в 1853 г. проф. фон-Энгерт (v. Engerth) спроектировал с помощью Кесслера (Kessler) в Эслингене и Коккерилля паровоз, построенный заводом Эслинген.

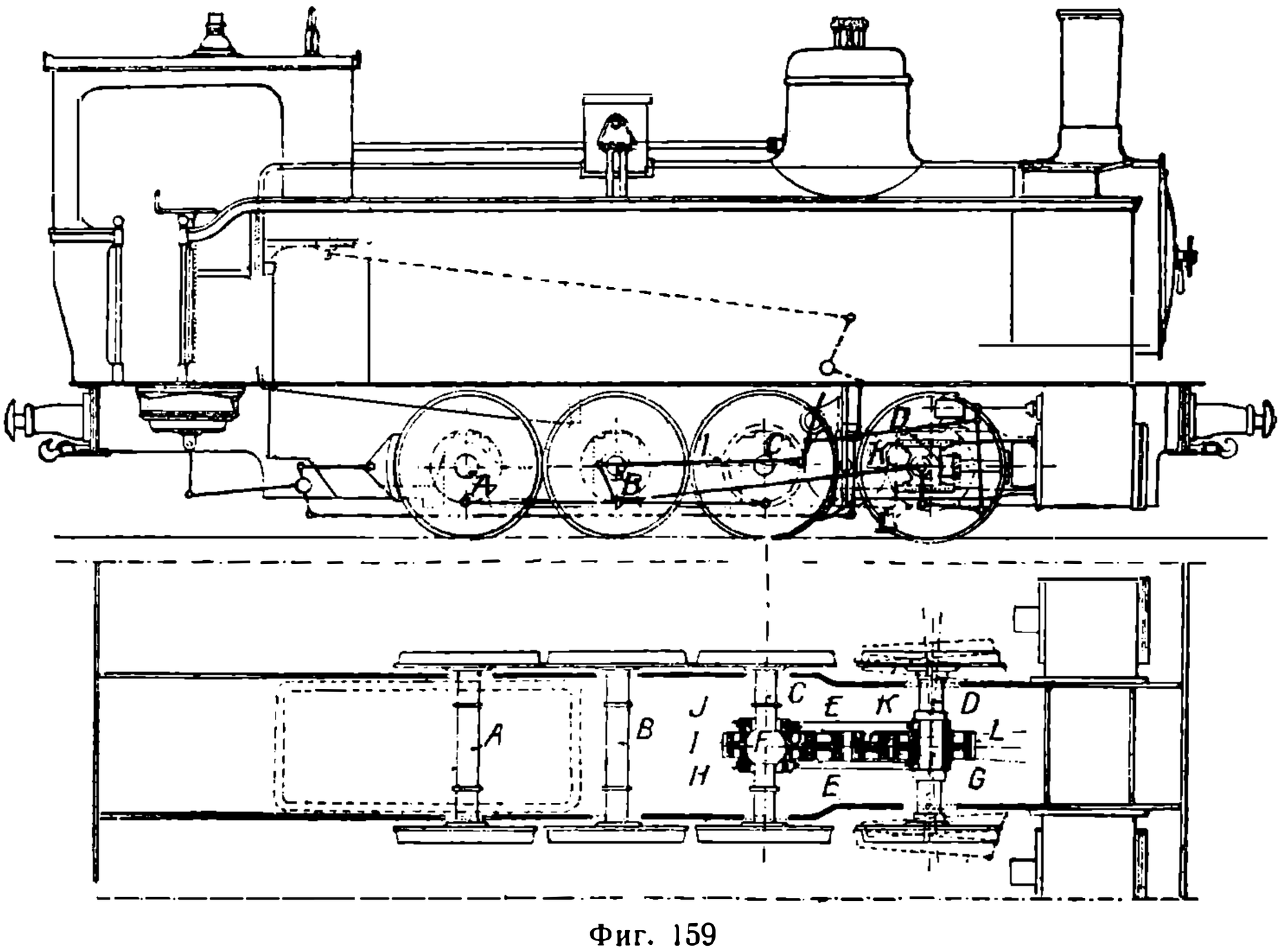
Паровоз имел две отдельные поворотные тележки: переднюю с тремя спаренными осями и заднюю с двумя спаренными осями (тендерная), причем, следовательно, утилизировался и вес тендера (фиг. 158). Обе тележки соединялись между собою с помощью зубчатой передачи Гедлея (Hedley). Таких паровозов на Земмерингскую ж. д. было доставлено 26.

Так как передача работы при помощи зубчатых колес была нецелесообразна, то позже она была оставлена, и паровоз Энгерта был

НТБ УАДУНТ (ДНТ)

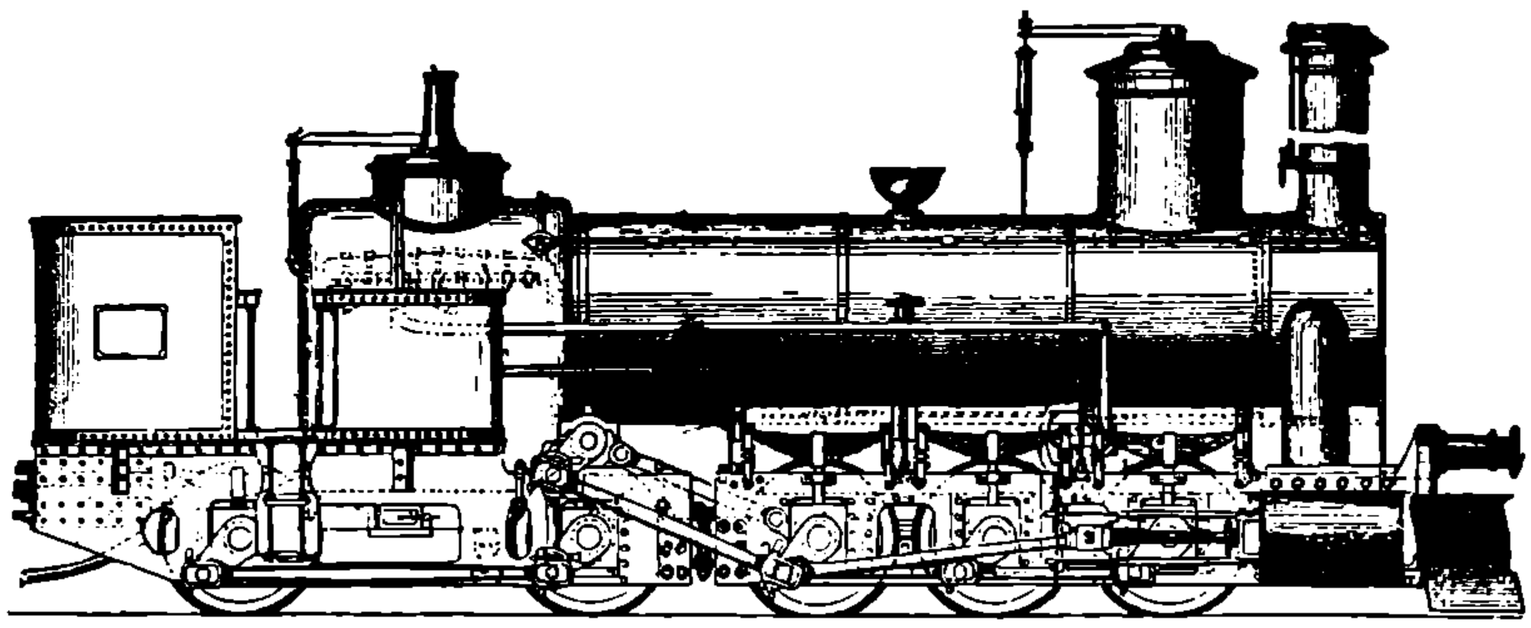
заменен паровозом 0—4—0, причем некоторые оси получили значительные боковые р а з б е г и.

Система Энгерта 0—4—0 весьма часто подвергалась различным видоизменениям, особенно в Германии и Австрии.



Фиг. 159

Укажем на одно очень оригинальное устройство, сделанное во Франции в 1906 г. на паровозе 0—4—0, где передняя ось сделана поворотной; она соединена с остальными спаренными осями зубчатой передачей *E* с шаровым шарниром *F* (фиг. 159). Паровоз работал на линии Pingnely—Lyon.



Фиг. 160

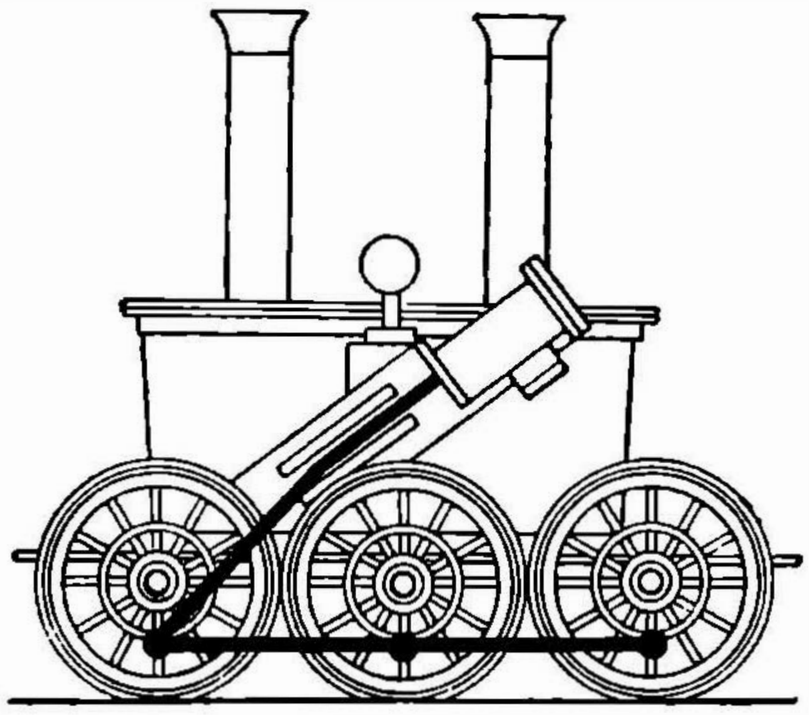
Паровозы Энгерта были введены на многих ж. д. Франции и Швейцарии, и их появление было такой же эпохой в паровозостроении, как появление паровозов Стефенсона. Введенный принцип д в у х- п о в о р о т н ы х т е л е ж е к неоднократно видоизменялся, и на нем основан целый ряд появившихся затем с о ч л е н е н н ы х п а р о в о з о в (двойных или гибких).

НБ УДУНТ (ДИТ)

В 1862 г. был построен паровоз системы Пиус Финка (Pius Fink) для ж. д. Oravitza—Steierdorf с подъемами 0,050 и радиусами кривых 113,7 *м* (фиг. 160).

Паровоз Финка имел две поворотные рамы — передняя трехосная, задняя — двухосная. Обе тележки приводились в движение одновременно от передаточного вала (без колес, так называемая немая ось) при помощи весьма остроумного передаточного движущего механизма, спроектированного Кирхвегером Klrchweger) из Ганновера.

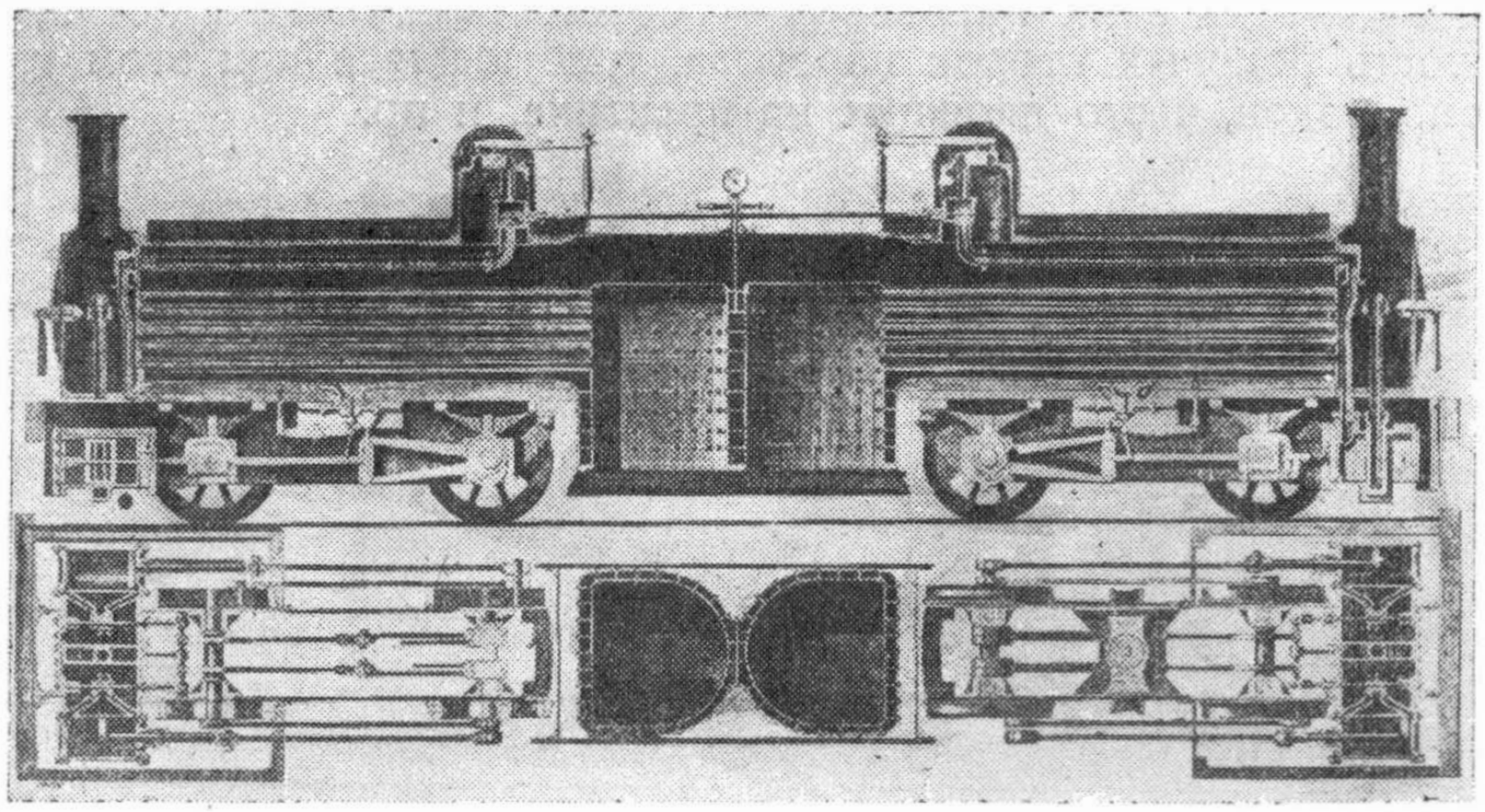
Идея сочлененных, или сдвоенных паровозов вообще не была уже нова, так как еще в 1827 г. Стефенсон для Ливерпуль-Манчестерской ж. д. построил паровоз, снабженный двойным котлом (фиг. 161), и в 1847 г. двойной паровоз для Джиовийской ж. д., у которого два танк-паровоза соприкасались друг с другом задними концами своих котлов и не наглухо соединялись при помощи поворотного стержня.



Фиг. 161

Наконец в 1832 г. Аллан построил двойной паровоз «Южная Каролина» (фиг. 55).

На основании этой идеи, приняв за образец премированный паровоз «Saraing», Ферли (Fairlie) в 1864 г. построил свой двойной «сопряженный» паровоз (фиг. 162), у которого имеются две ци-



Фиг. 162

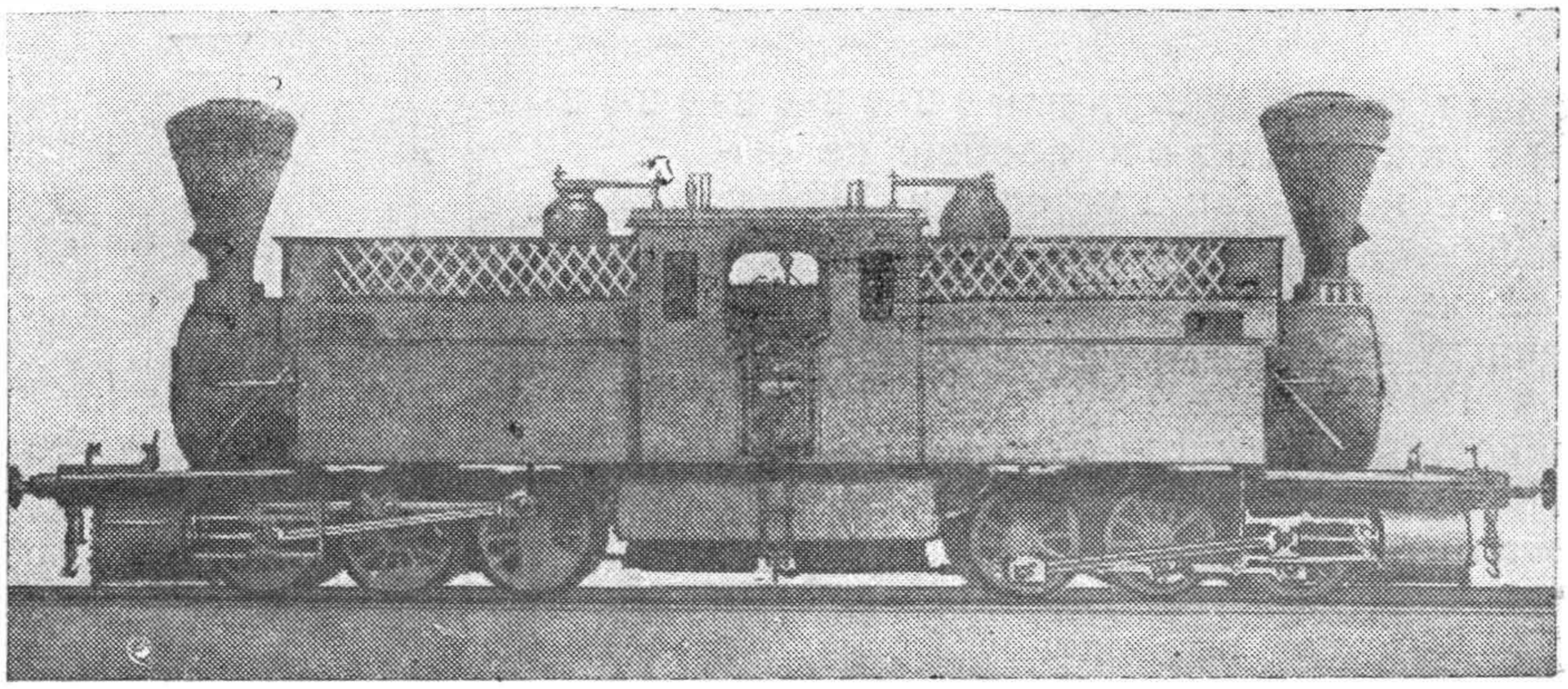
линдрические части котлов с дымовыми коробками и трубами у каждой и общий кожух двух топок с двумя топочными отверстиями. Котел опирается на две поворотные тележки центральными шкворнями, что позволяет вписывать в кривые очень малого радиуса.

В 1869 г. ж. д. Festiniog в Англии ввела у себя паровозы Ферли с трехосными тележками (для подъемов в 0,017 и кривыми около 40 *м*); каждая тележка приводится в движение своей особой паро-

НБ УЖГУНТ (ДІТ)

вой машиной с цилиндрами на концах паровоза, причем паропроводные и пароотводные трубы состояли из звеньев, снабженных на концах сферическими фланцами, благодаря чему трубы могли следовать за угловыми перемещениями.

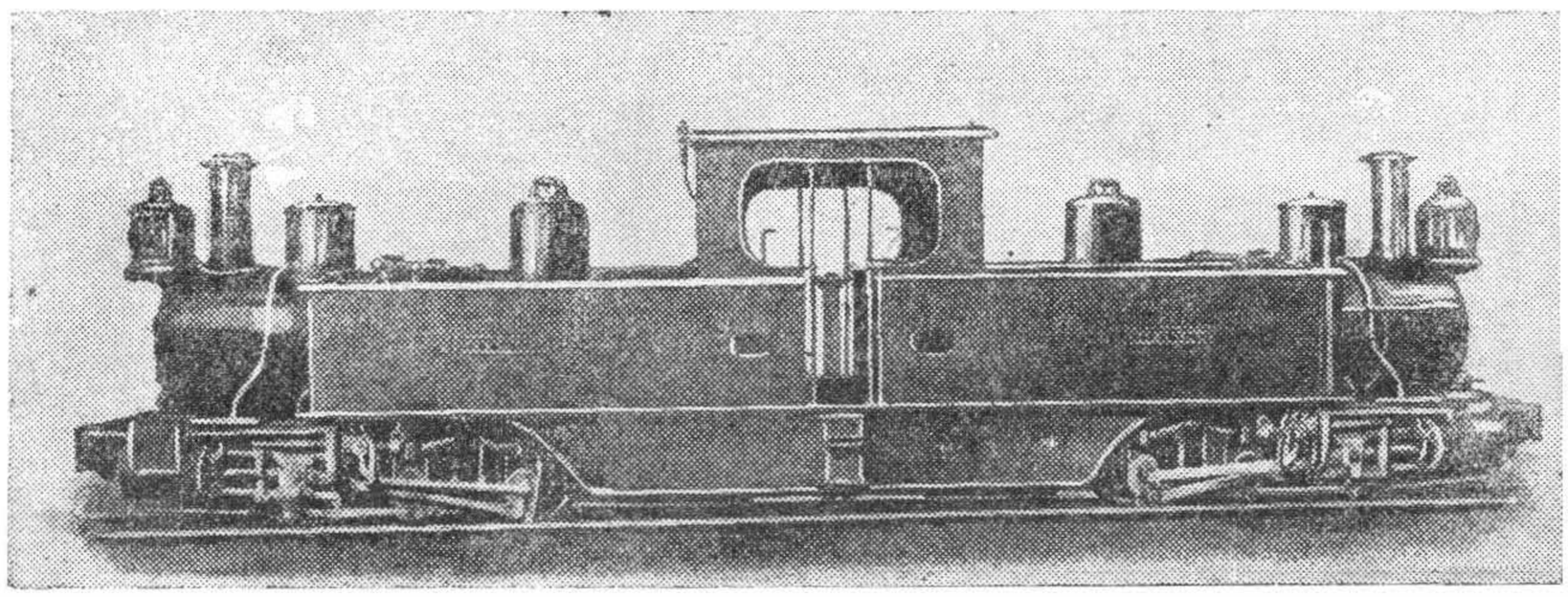
Их строили три английские фирмы: Avonside Engine C⁰, Iorkshir Engine C⁰ и Vulcan foundry в значительном количестве в 1870—1875 гг. для горных ж. д. Южной Америки и Новой Зеландии. В Европе они



Фиг. 163

встречались в Германии и России, на Поти—Тифлисской ж. д., для которой в 1879 г. австрийским заводом Wiener — Neustädter Lokomotivfabrik было построено 5 паровозов типа 0—3—0 + 0—3—0 (фиг. 163), обслуживающих Сурамский перевал.

Недостатки этих паровозов — сложность двойного котла, разобщенность боковых сторон паровоза, требующаяся при этом гибкость паропроводов, часто парящих на практике, и пр.



Фиг. 164

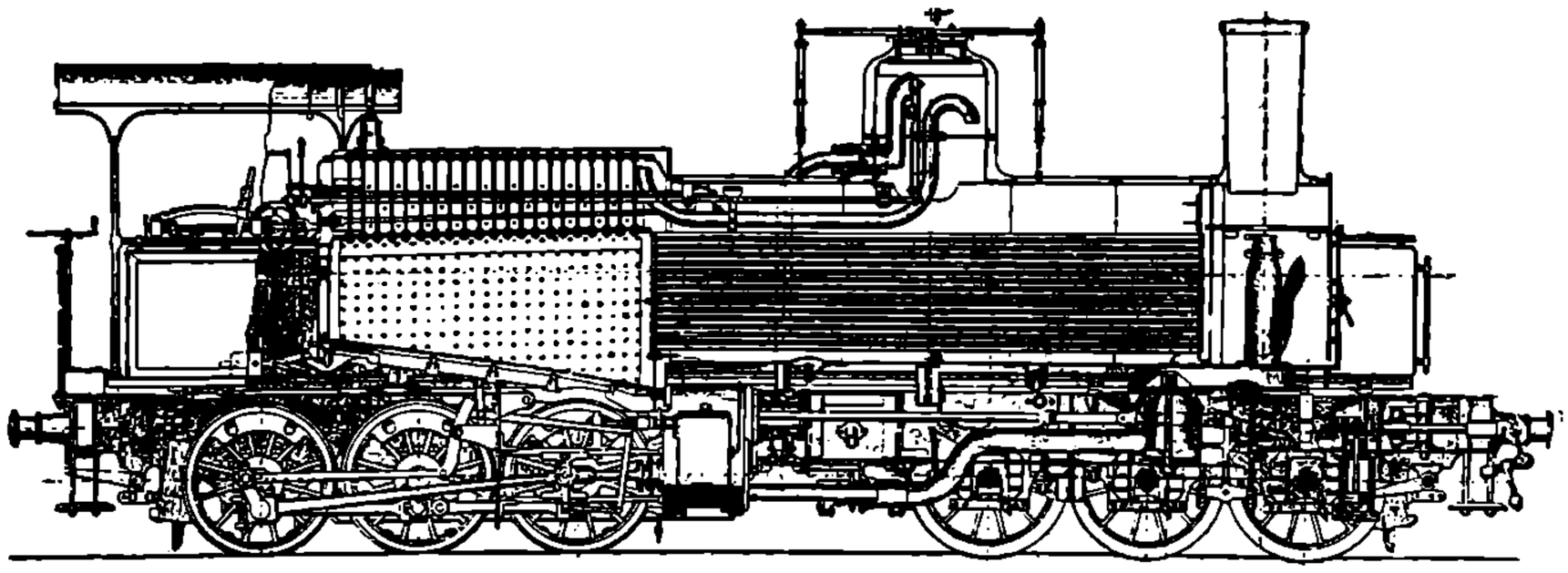
Позднее, с целью обособить котлы и в случае порчи одного дать возможность работать другому, паровозы Ферли были видоизменены заводом Вулкан (Vulcan), и получился тип «Fairlie modifiée» с отдельными котлами для каждой стороны; на фиг. 164 представлен паровоз, построенный для ж. д. в Чили (1910 г.).

В измененных паровозах Ферли с двумя котлами значительно уменьшается амплитуда изменения уровня воды на подъемах и укло-

РБ УИИНТ (ДШТ)

нах, топки являются более легкими, и получается меньшая опасность для паровозных бригад при крушениях.

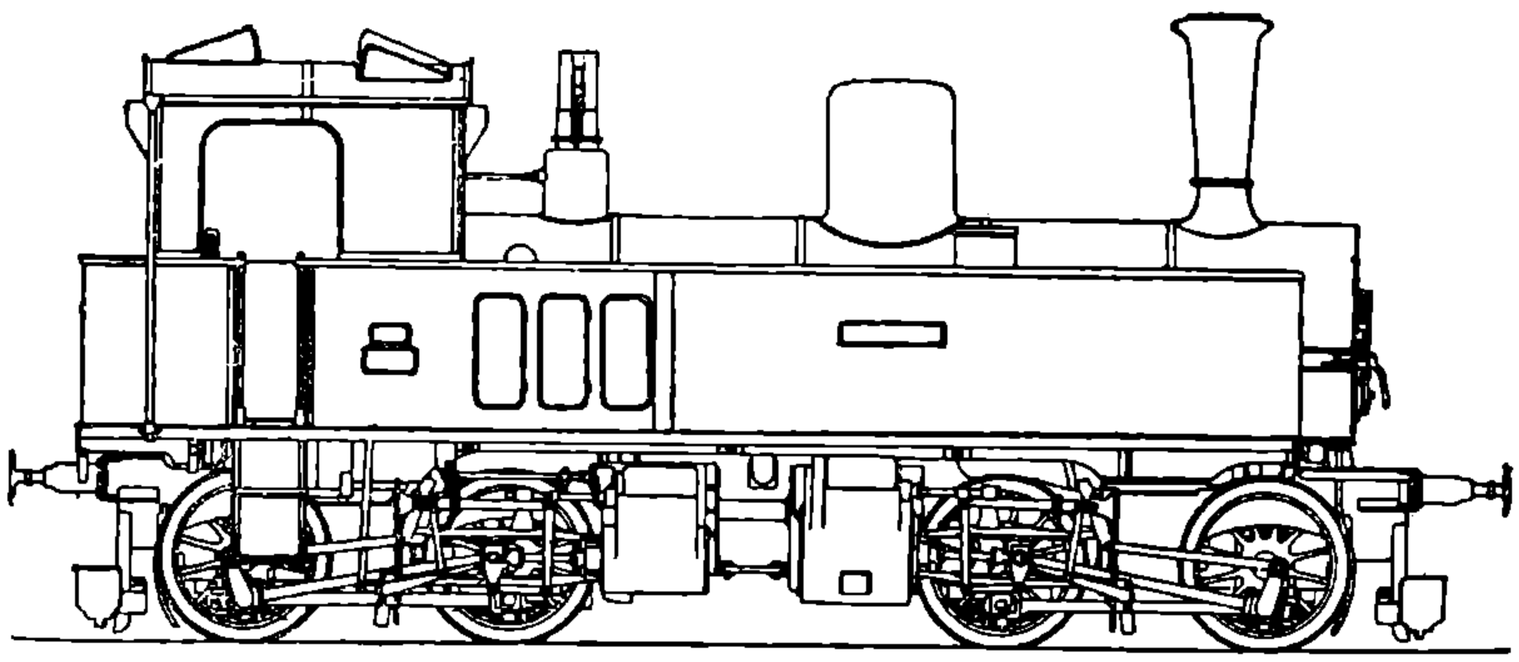
Есть еще конструкция Ферли с одним котлом, построенная Северо-британской паровозной компанией для южно-африканских ж. д. в противовес своему конкуренту — паровозу системы Гаратта, описанному ниже. Этот тип также называется «измененным Ферли»



Фиг. 165

(«Fairlie modifiée); он сохранил все признаки типа Ферли: шкворни тележек расположены в центре жесткой колесной базы каждой тележки, но расстояние между тележками значительно увеличено, что дает возможность больше развить колосниковую решетку, улучшить конструкцию зольника и распределить вес паровоза на большую погонную длину пути, что очень важно при слабом узкоколейном пути.

В 1861 г. Meyer (Мейер) взял в Бельгии патент на паровоз, который представлял собой только исправленный паровоз «Wiener



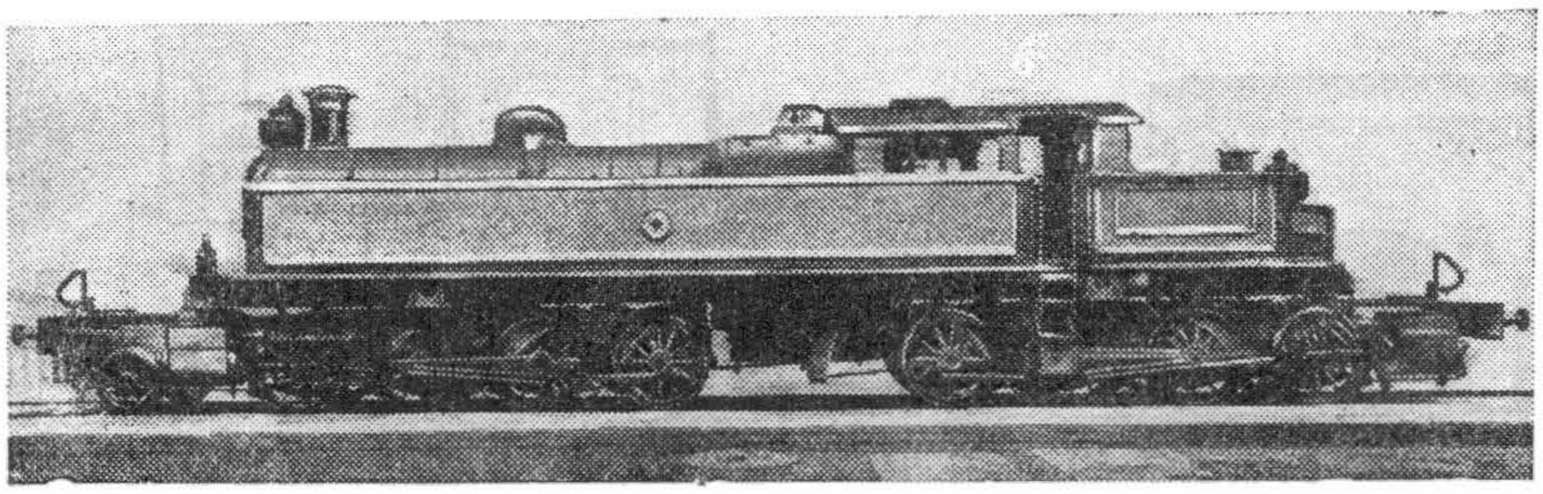
Фиг. 166

Neustadt» Гюнтера, премированный в 1850 г. Под именем «паровоза системы Мейера» он фигурировал на Венской всемирной выставке в 1873 г.

В этом паровозе, так же как в паровозе Гюнтера, имеются две независимые друг от друга поворотные тележки, паровые цилиндры которых расположены по середине паровоза и повернуты один к другому, но, в противоположность паровозам Ферли, здесь только один котел.

НБ УДУНТ (ДИТ)

На фиг. 165 показан паровоз Мейера, построенный Compagnie Belge в Брюсселе для Большой Центральной бельгийской ж. д. в 1872 г. Котел обыкновенный, с топкой Бельпера; передняя тележка вращается относительно пустотелой чугунной шарообразной цапфы, задняя же лежит на двух боковых ползунках, расположенных по ее середине, и может поворачиваться на незначительный угол. Гибкие паропроводы остаются. На фиг. 166 показан паровоз системы Мейера

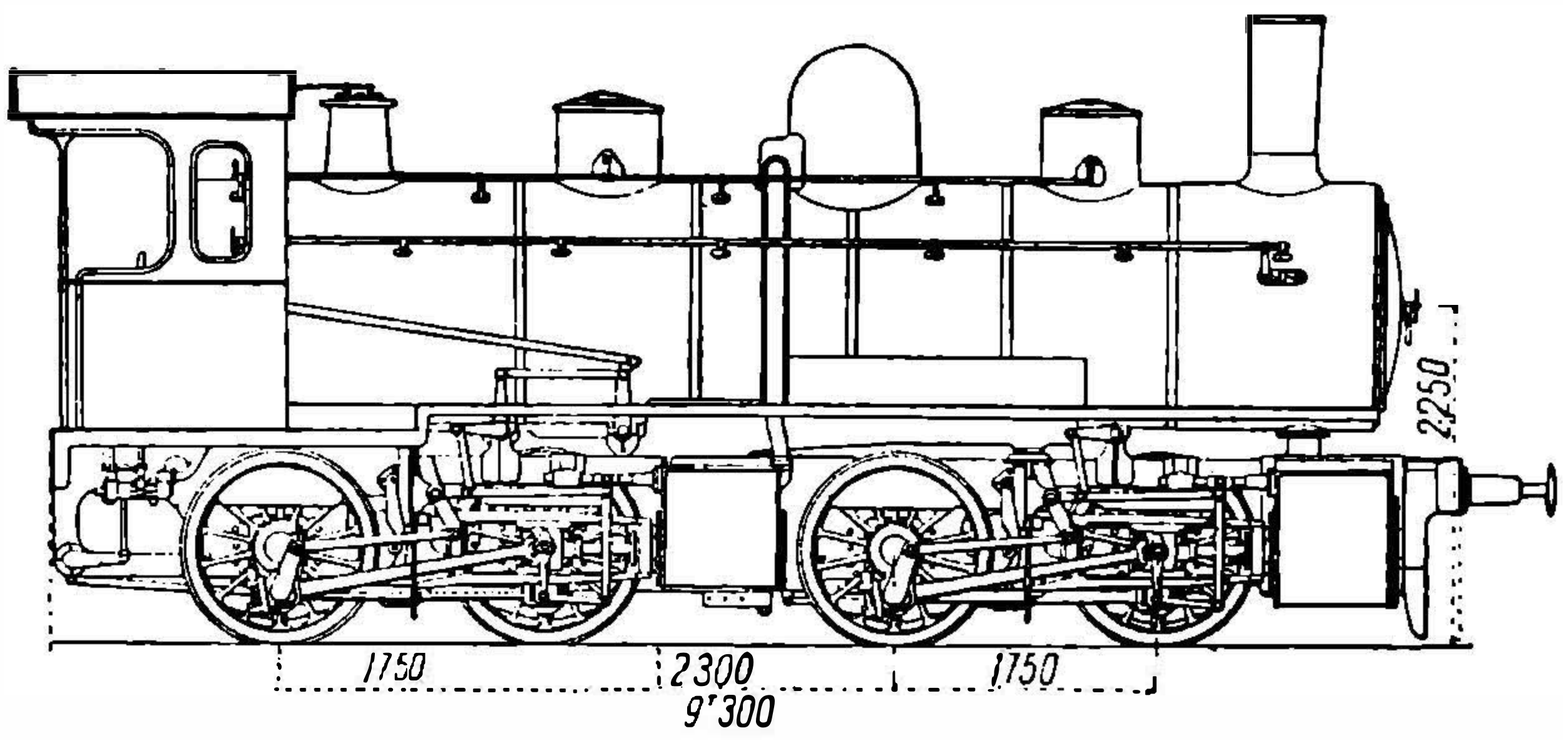


Фиг. 167

Саксонских ж. д., построенный в 1890 г. заводом Гартмана в Хемнице. И эта система неоднократно видоизменялась.

Из позднейших его видоизменений укажем на систему Китсон-Мейера (фиг. 167) с цилиндрами на концах паровоза, как в паровозах Ферли, но с одним котлом.

Эти паровозы стали строиться в 1892 г. одновременно заводом Балдвина в Америке и Китсоном в Лидсе (Leeds) в Англии.



Фиг. 168

Основной недостаток всех указанных систем — взаимная сме-щаемость всех цилиндров и котла, что влечет за собою устройство гибких паропроводов высокого давления.

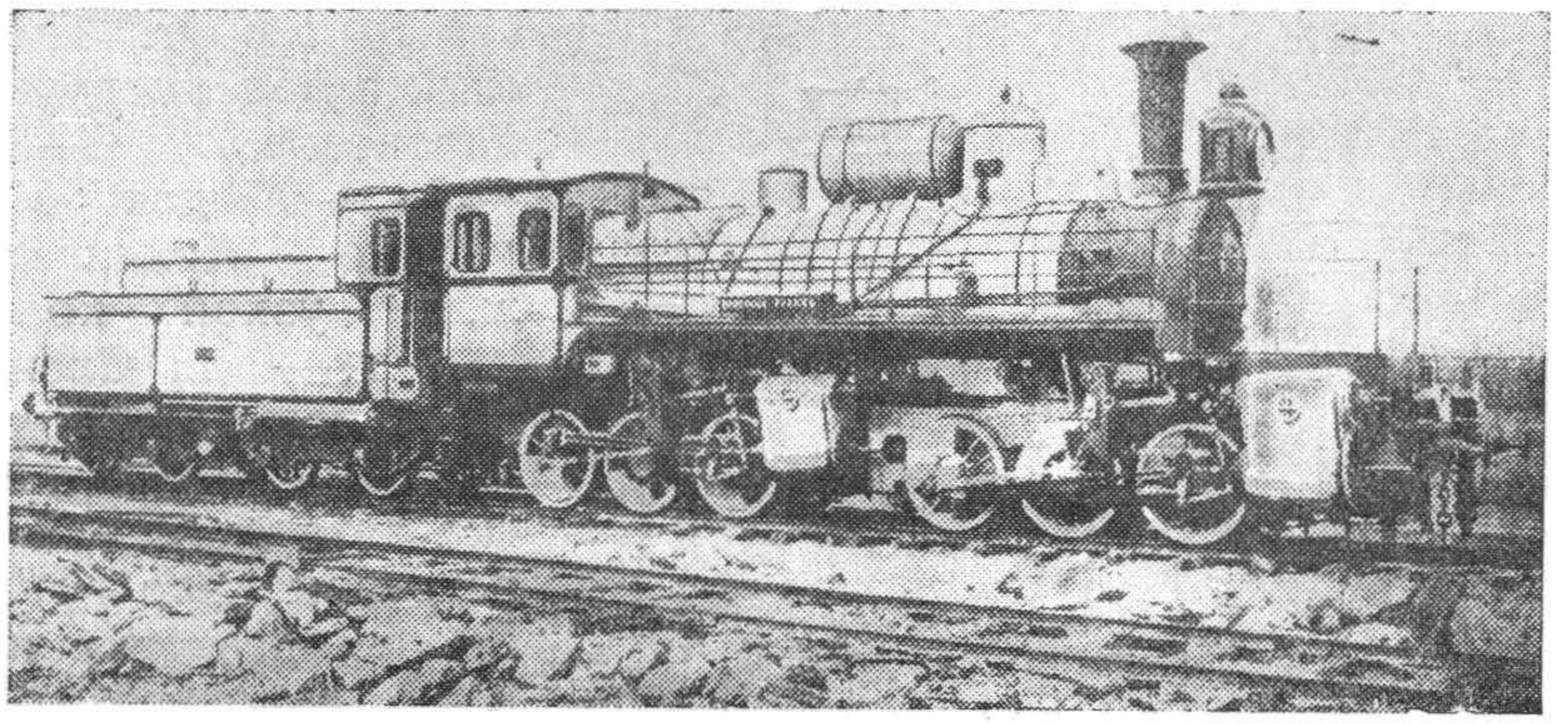
При современных давлениях, часто превышающих 15 *ат*, это обстоятельство влечет крупные эксплоатационные затруднения, что препятствует широкому распространению этих паровозов.

В 1887 г. швейцарский инж. Маллет в Париже[1] применил в своем сдвоенном паровозе (дуплекс) особое устройство: у него только передняя группа осей образует поворотную тележку, тогда как задняя группа осей находится в главной раме паровоза, следовательно

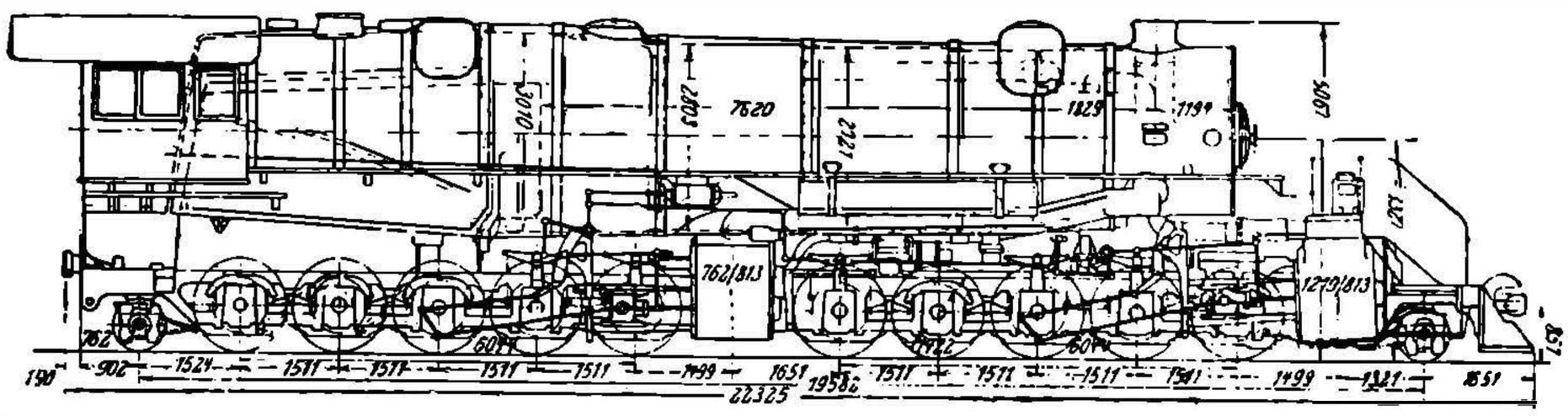
[1] И почти одновременно, но независимо инж. Римротт (Rimrott) в Гальберштадте в Германии, почему паровозы дуплекс описываемой системы называют иногда Маллета — Римротта.

НБ УДУНТ (ДИТ)

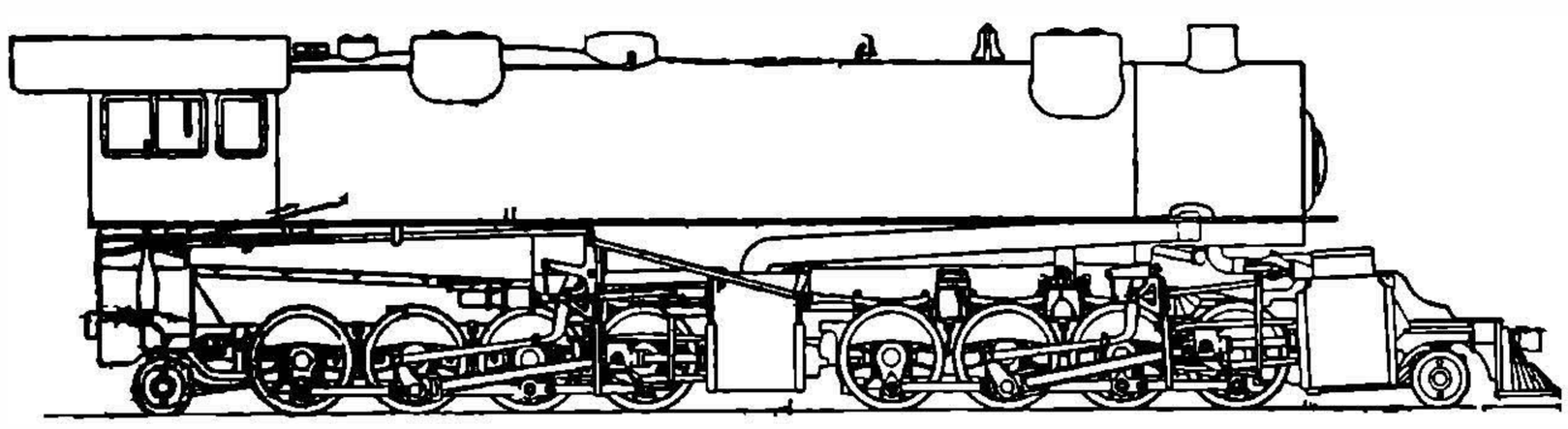
на закруглениях пути она не поворачивается относительно оси котла,— получается тип «полугибкий». Кроме того, Маллет применил к своим паровозам машины компаунд, причем цилиндры высокого давления помещены в неподвижной раме и для них гибкого паропровода не требуется, а в цилиндры, помещаемые в поворотной те-



Фиг. 169



Фиг. 170



Фиг. 171

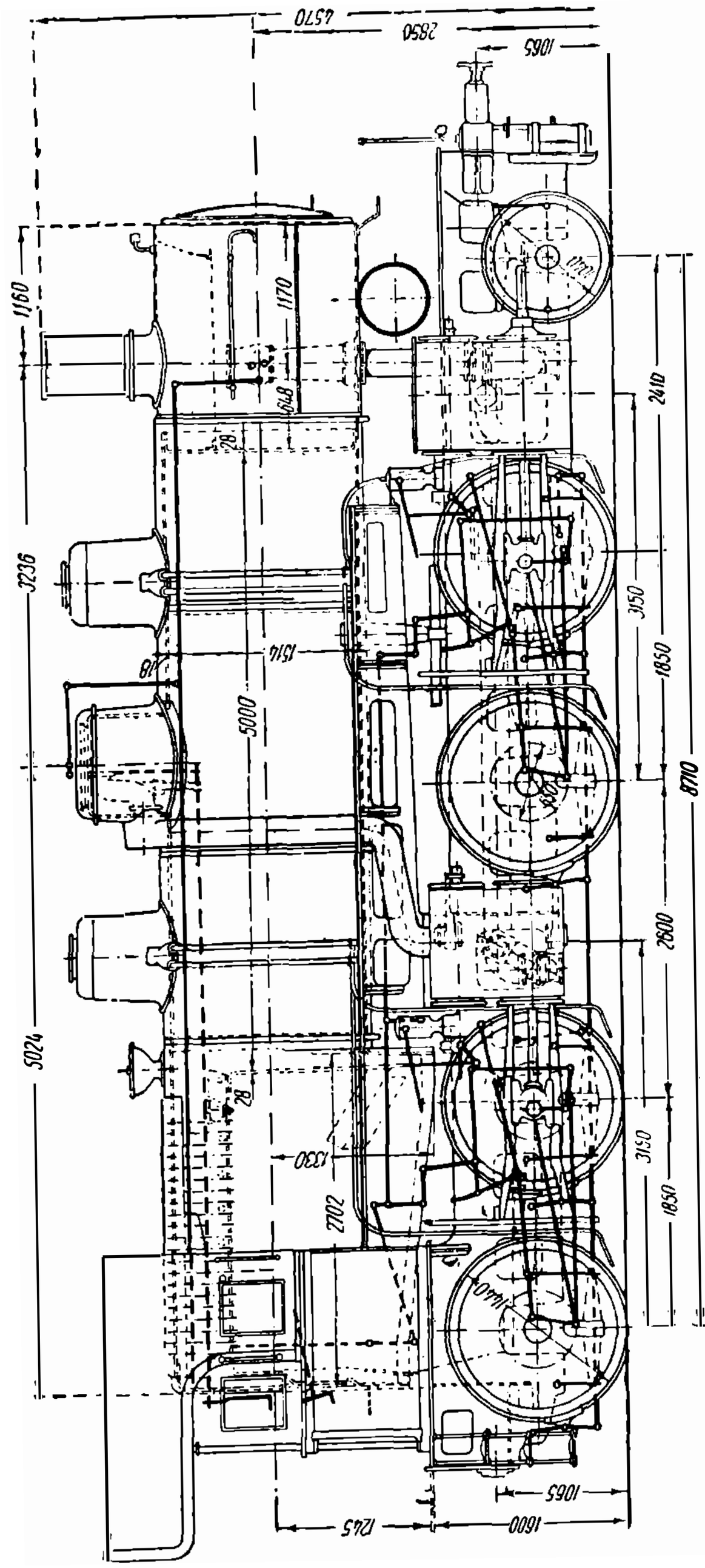
лежке, уже идет пар низкого давления через специальное шарнирное соединение с шаровым или цилиндрическим сальником.

В связи с применением принципа компаунд, распределением веса на большое число осей и легким вписыванием в кривые паровозы Маллета получили значительное распространение. Начиная с двух осей в каждой тележке (фиг. 168 — Баденских ж. д.), число их непрерывно увеличивалось.

У нас Московско-Казанская ж. д. по указанию инж. Е. Е. Ноль-тейна заказала проект паровоза 0—3—0 + 0—3—0 заводу Геншеля.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Это было вызвано усилившимся движением и легкими рельсами, не допускавшими давления выше 13 *т*, почему и ввели шестиосный паровоз Маллета, давший значительную тягу при нагрузке на ось, не превышающую указанной. Их применение позволило не сменять рельсы и мосты.



Фиг. 172

В 1900 г. Путиловский завод построил ряд паровозов 0—3—0 + +0—3—0 для М.-Ярославско Архангельской ж. д. узкой колеи, в 1903 г. — для Сибирской ж. д. насыщенного пара, в 1906 г. — для Московско-Казанской ж. д. с перегревом пара (фиг. 169), причем давление на ось было доведено до 15 *т*. В США паровозы Маллета получили наибольшее распространение и достигли невиданных размеров, давая типы наиболее тяжелых и самых мощных паровозов в мире.

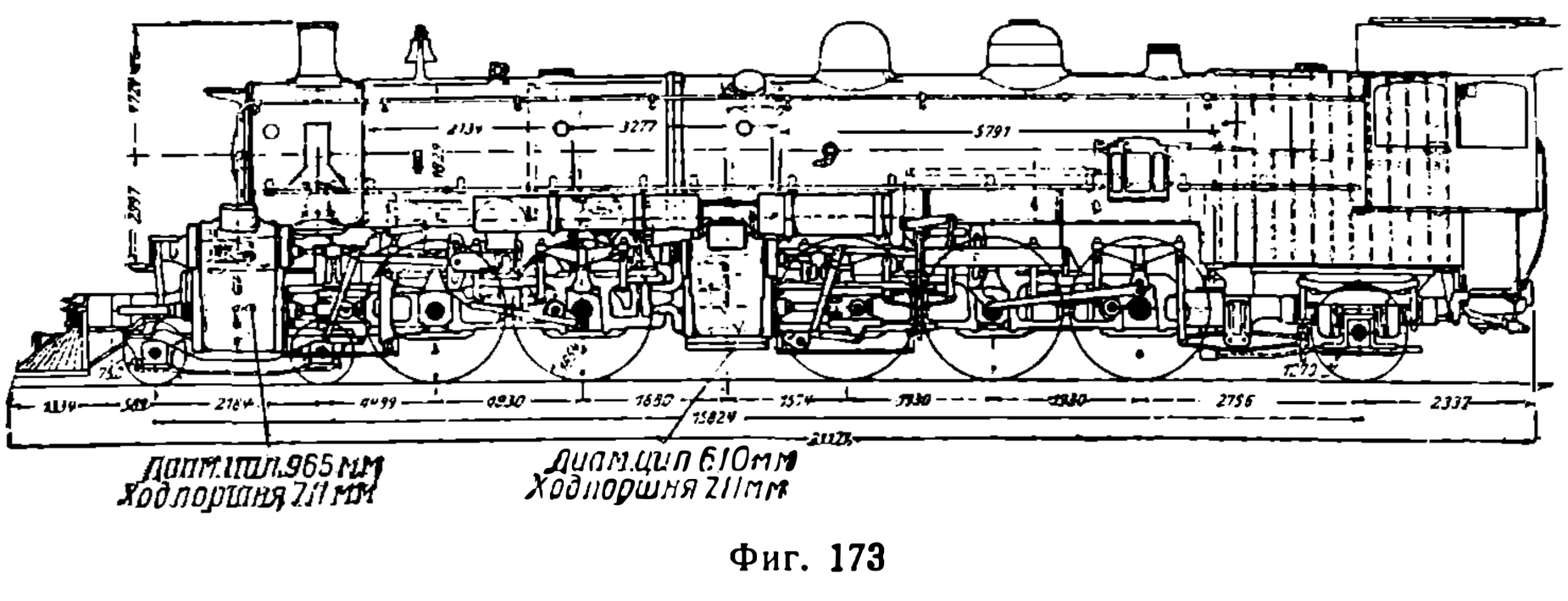
Особенно стремилась к усовершенствованию маллетовского паровоза северо-американская Виргинская ж. д., которая пустила в 1919 г. паровоз 1—5—0 + 0—5—1 (фиг. 170) постройки завода Алко в Скенектеди. Этот паровоз весит без тендера 310 *т*, имеет поверхность нагрева котла и пароперегревателя 798 + + 199 = 997 *м*² и площадь колосниковой решетки 10 *м*². Эти паровозы служат толкачами при перевозке через перевал в 0,021 поездов весом 5 950 *т*, причем во главе идет паровоз 1—4—0 + 0—4—1 (фиг. 171) и сзади два толкача типа 1—5—0 + 0—5—1.

В США применение маллетовских паровозов для товарного движения на трудных участках все время расширяется, но они уже на-

НБ УГЛНТ (ДГТ)

чинают спускаться с гор в холмистые местности, точно так же, как то имело место в прежние годы, например с типом 0—4—0, а еще раньше с паровозами 0—3—0. Иногда, хотя и редко, паровозы Маллета применялись как пассажирские паровозы. Примеры этого были и у нас: для Сибирской ж. д. в начале XX в. Коломенским заводом были построены пассажирские паровозы Маллета типа 1—2—0 + + 0—2—0 серии. Подобный же паровоз для Венгерских ж. д. представлен на фиг. 172. В США ж. д. Оризон-Топика—Санта Фе уже в 1909 г. ввела для более тяжелых участков пассажирские паровозы 2—2—0+0—3—1 с силой тяги 19 000 *кг* и диаметром ведущих колес в 1854 *мм* (фиг. 173), о чем нельзя было и мечтать при появлении первых маллетовских паровозов.

Тем не менее в последнее время имеется известный поворот во взглядах на паровозы Маллета системы компаунд. Инженер-конструк-



Фиг. 173

тор завода Балдвина В. Аустин заявляет, что «принцип компаундирования сам по себе вполне здоров, но осуществление его на практике машиностроения чревато большими осложнениями деталей. Помимо того, что плохо уравновешивается переменная нагрузка поршней высокого и низкого давления, что наблюдается во всех типах паровозов компаунд, большой общий объем их цилиндров еще увеличивает конденсирующую поверхность их стенок и вызывает добавочные изнашивающие напряжения, обусловленные водяными ударами.

Все эти обстоятельства значительно увеличивают издержки на ремонт, так что очень часто несомненная экономичность компаундирования становится «под вопрос».

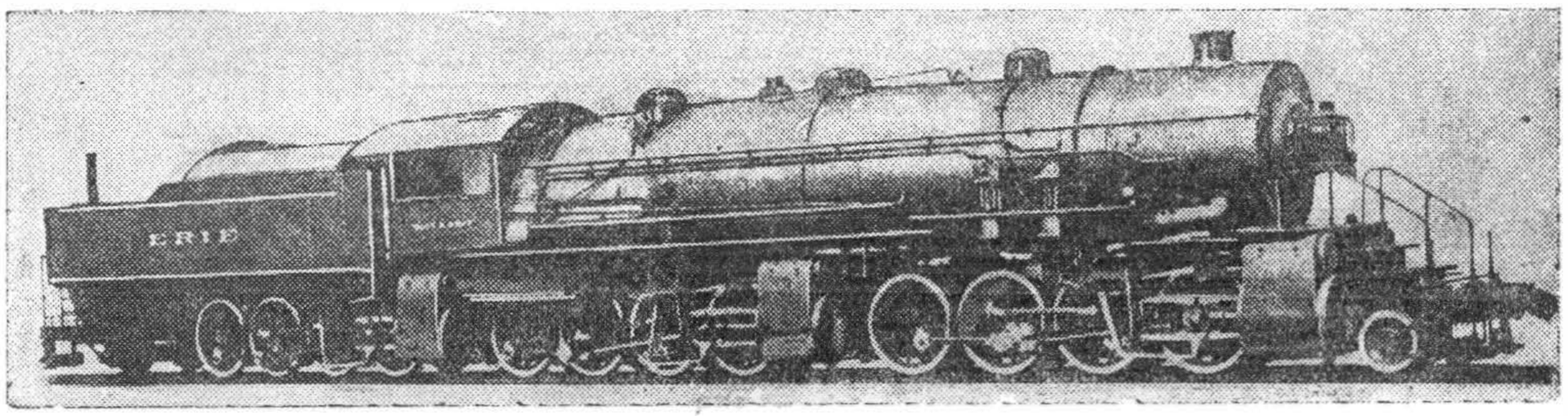
За последние годы не только уменьшилось число заказов на новые паровозы Маллета компаунд, но в 1928 г. некоторые железные дороги США перестроили свои компаунд-паровозы системы Маллета на тип дуплекс однократного расширения и построено много новых «Маллетов» с простой машиной, в которых все цилиндры получают пар непосредственно из котла, чтобы получить «паровозы, более пригодные для линейной службы». При этом получаются весьма сложные гибкие стальные патрубки и паровые сальники, что является существенным недостатком паровозов этого типа.

Применяются они там, где нельзя получить большой силы тяги путем значительного увеличения давления на оси.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Между прочим, в 1928 г. для Северной Тихоокеанской ж. д. США был построен заслуживающий внимания дуплекс-паровоз системы Маллета с простой четырехцилиндровой машиной типа 1—4—0 + + 0—4—2, получивший название «Иеллустон»; он самый длинный и самый тяжелый из всех существующих паровозов и подходит к нижеописанным паровозам триплекс. «Иеллустон» был предназначен для перевозки 4000-тонных составов по значительным подъемам, причем ж. д. нашла выгодным топить его низкосортным полубитуминозным углем, имеющим малую теплотворную способность (из копей в Монтане, принадлежащих ж.-д. Компании), ввиду чего этот паровоз снабжен самым большим котлом и самой большой топкой (площадь колосниковой решетки у него равна 17 *м*² и поверхность нагрева с перегревателем — 1012,2 *м*²), когда-либо поставленными на паровозах.

Рекорд американского паровозостроения—паровоз триплекс-компаунд системы Маллета с шестью цилиндрами (с использованием веса тендера) (фиг. 174) .с двенадцатью спаренными осями. В 1915—1916 гг. завод Балдвина построил три таких паровоза: два для дороги Ири и один для Виргинской.



Фиг. 174

Паровоз железной дороги Ири служит для подталкивания на подъемах 10,6‰, длиною 13 *км*. Во время пробных поездок паровоз вез состав в 19 000 *т* (250 железных угольных вагонов) со скоростью 24 *км/час*. Размеры одного из них: поверхность нагрева 640 *м*², перегревателя — 47 *м*², площадь колосниковой решетки 8,4 *м*², диаметр цилиндров 914 *мм*, ход поршня 813 *мм*, полный вес 387 *т*, сцепной вес 345,4 *т* и сила тяги при коэфициенте сцепления ¼ до 86 350 *кг*. Число *л. с.* до 5 000. При заказе второго паровоза Ири площадь колосниковой решетки была увеличена до 11,3 *м*², ввиду недостатка парообразования, обусловленного тем, что часть мятого пара идет не в конус, а в трубу на тендере, почему тяга воздуха не всегда бывает достаточной для требуемого парообразования.

На фиг. 175 дается интересная фотография вписывания триплекса в кривую малого радиуса, показывающая гибкость даже таких колоссальных паровозов.

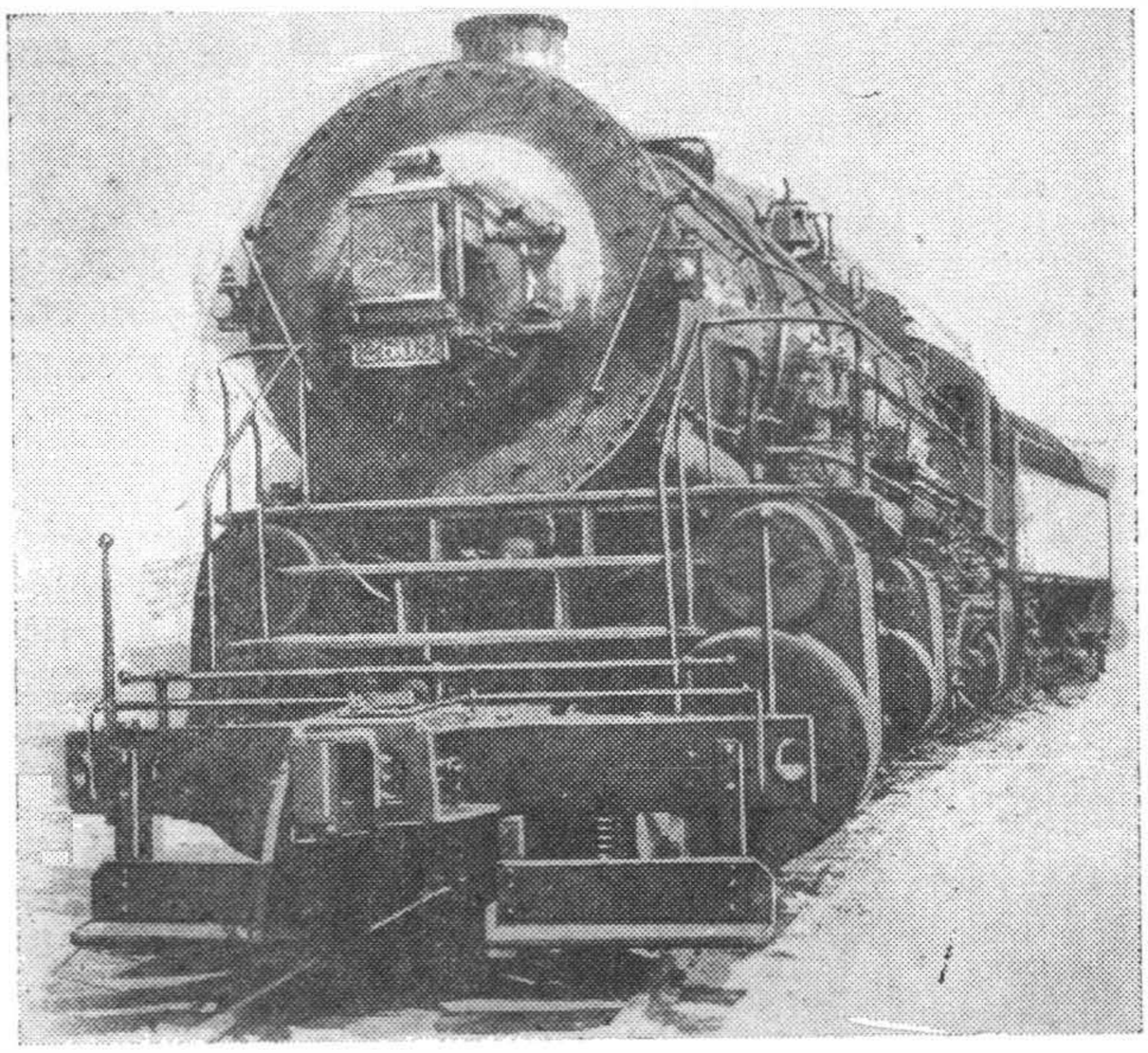
Наконец, завод Балдвина спроектировал паровоз квадруплекс, имеющий на четырех тележках 16 спаренных осей при восьми цилиндрах, диаметром 686 и 1041 *мм;* диаметр колес — 1524 *мм*, общая поверхность нагрева — 1128 *м*²; площадь колосниковой решетки 11,14 *м*². Вес паровоза без тендера — 395 *т*. Проект еще не осуществлен.

Паровозы Маллета имеют тот недостаток, что при входе на кривые малого радиуса передняя тележка значительно отклоняется от

НБ УДУНТ (ДИТ)

продольной оси рамы, почему появляются боковые силы, перекашивающие паровоз, и, кроме того, при этом изменяются нагрузки на оси и колеса.

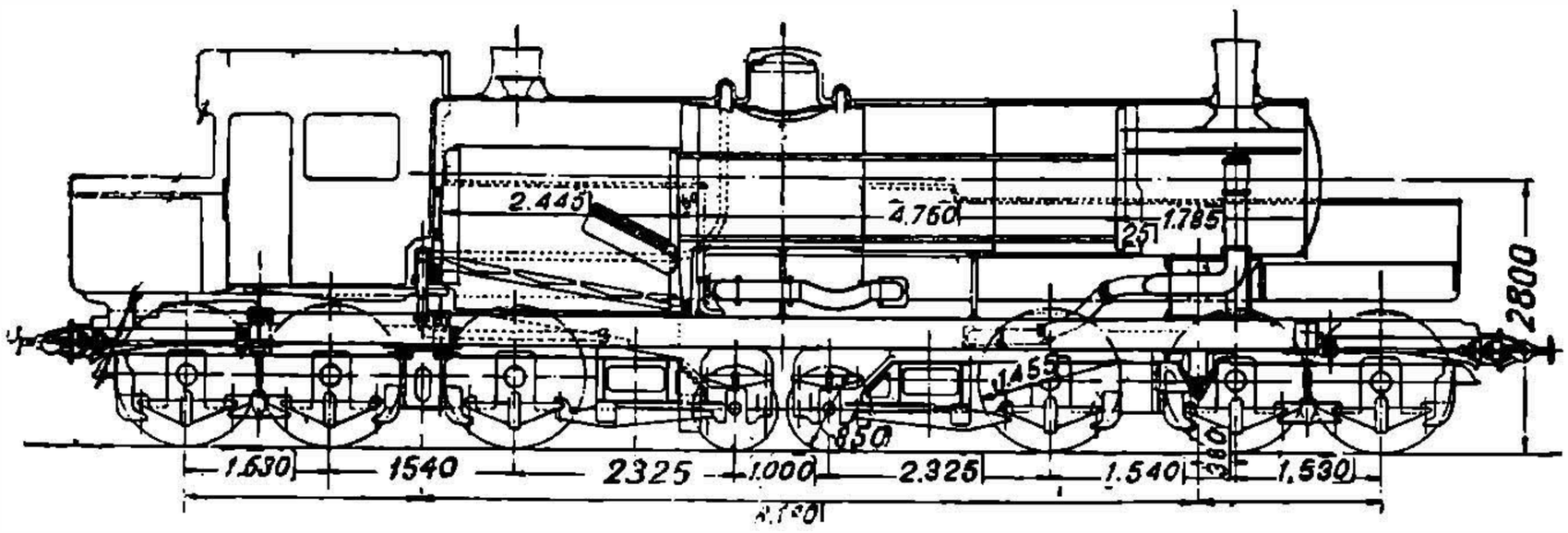
Для избежания этого по проекту дю-Буске (du Bousquet) были построены в 1912 г. четырехцилиндровые танк-паровозы компаунд для движения поездов весом до 950 *т* между Lens и Valenciennes со скоростью до 50—60 *км/час* при подъемах до 0,006 и между Busiguy и Hirson с подъемами до 0,012 (фиг. 176). Котел расположен на продольной цельной раме и обе тележки поворотные, причем задняя с плоской пятою, передняя с шаровой; расположенные к середине цилиндры позволяют ограничиваться короткими гибкими паропроводами. Чтобы избежать свеса цилиндров, посреди поставлены две поддерживающие оси.



Фиг. 175

Здесь получается значительно меньшая амплитуда относительных колебаний тележек и рамы и лучшее распределение нагрузок на оси и колеса.

Недостаток этого типа заключается в следующем: 1) расположение заднего шкворня и осей заставляет высоко поднимать котел и

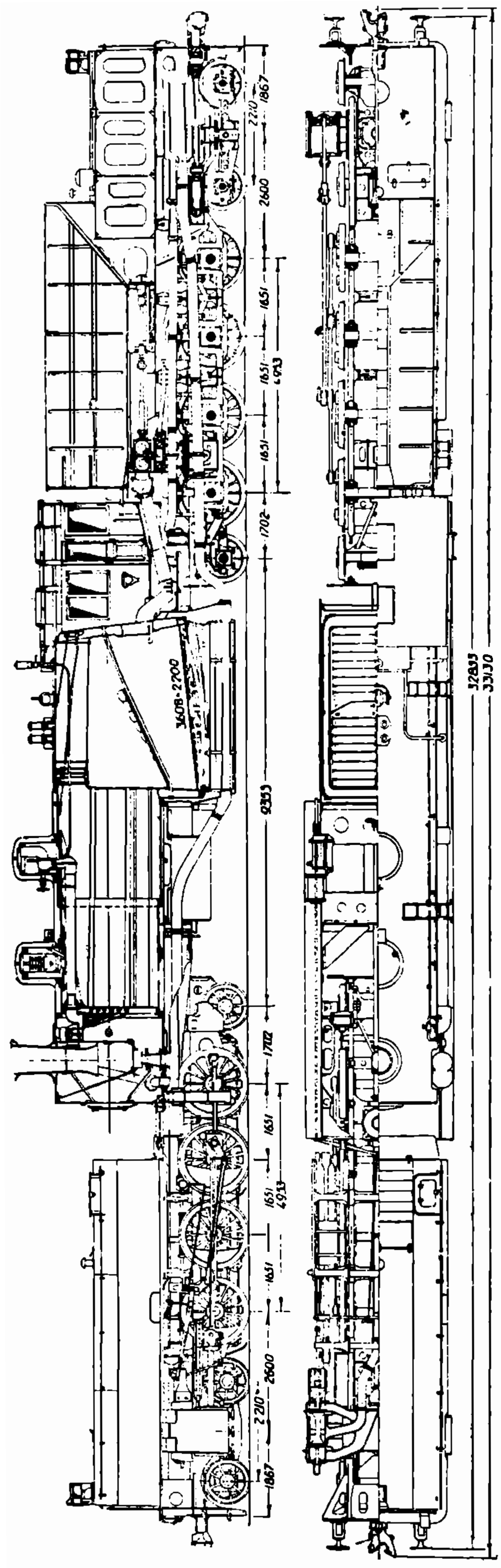


Фиг. 176

представляет затруднения в устройстве топки и зольника и 2) так как сцепные приборы и буфера расположены на центральной основной раме, то на кривых получаются косые усилия.

Известным шагом вперед являются паровозы системы Гарратта (Garratt), появившиеся в 1909 г. и затем до сих пор усиленно рекламируемые и строящиеся европейскими заводами для колониальных

НБ УДУНТ (ДГТ)



Фиг. 177 и 178

стран, где при легком типе рельсов и кривых малого радиуса необходимо распределение веса паровоза на большое число далеко расставленных осей (для понижения удельного давления на рельсы) и возможность легкого их вписывания в кривые. Здесь паровоз состоит из трех частей: центральной рамы с котлом и двух поворотных моторных тележек, шарнирно соединенных с центральной рамой, причем сцепные приборы несут, в отличие от предыдущего типа, тележки. Передняя тележка имеет бак для воды, задняя — для воды и топлива. Шкворни расположены сзади передней и впереди задней тележки, и котел, находящийся между шкворнями, может быть расположен значительно ниже и иметь глубокую топку.

Недостатки: 1) размещение баков затрудняет осмотр и ремонт котлов; 2) паровоз сложен и требует много ремонта; 3) сцепной вес зависит от запасов воды и топлива и потому является переменным; 4) большая длина паропроводов затрудняет их применение в странах с холодным климатом, где необходима особая изоляция и даже обогревание, почему эти паровозы строились, главным образом, для тропических и субтропических стран; 5) сложность разборки при ремонте; 6) большая длина, не допускающая их постановки в веерных депо обыкновенных размеров.

Но возможность развития значительных сил тяги (до 35 000 *кг* и выше) при слабом пути и при этом малое удельное давление на путь — способствовали значительному распространению паровозов Гаррата, и до настоящего времени фирма Байер, Пикок и Ко выпустила свыше 60 вариантов этого типа, начиная с первоначального типа 0—2—0 + + 0—2—0, построенного в 1909 г. для колеи в 605 *мм* Тасманских ж. д. (фиг. 177), и кончая сложными типами для нормальных широко-

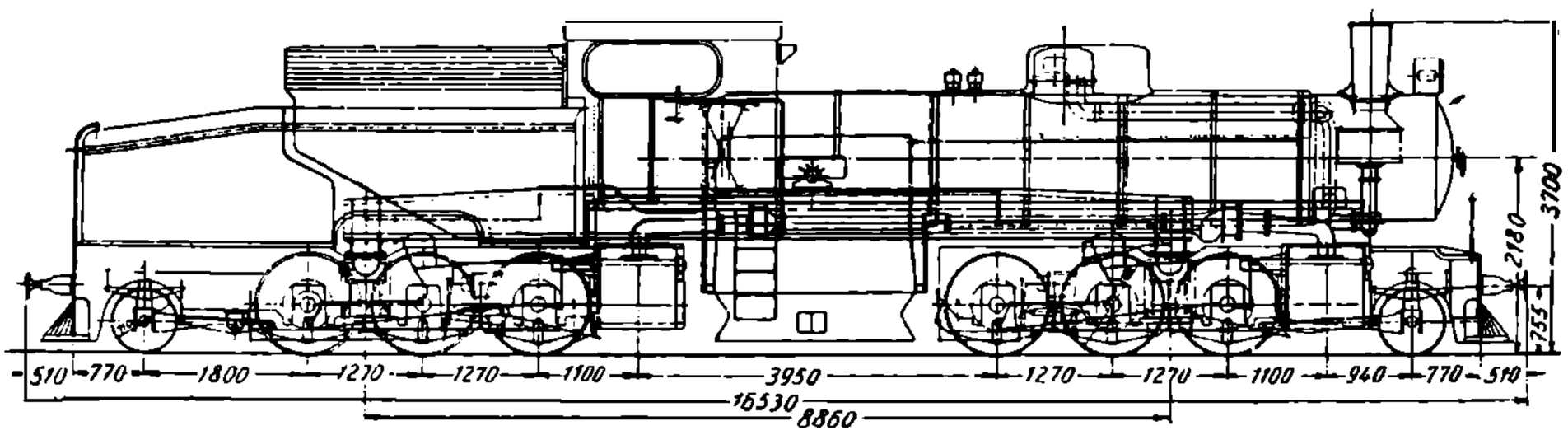
УДУНТ (ДИТ)

колейных ж. д. Один паровоз последних типов, наиболее мощный — 2—4—1 + 1—4—2 (фиг. 178) был заказан для сети СССР и подвергался подробному обследованию в наших условиях эксплоатации. «Советский Гарратт» развивает силу тяги при отсечке 0,6 до 28 600 *кг* и на подъеме 0,009 может вести поезд весом 2 500 *т* со скоростью 15 *км/час*. Площадь колосниковой решетки — 8 *м²*, поверхность нагрева 443 *м²*, давление пара — 15,5 *ат* и диаметр спаренных колес 1500 *мм*.

По опытам, проведенным в СССР, котел этого паровоза оказался не лучше котла паровоза серии ФД, но расход пара и топлива значительно больше из-за длинных паропроводов. Нагрузки на спаренные оси резко колеблются и коэфициент сцепления равен только 1/6. Ремонт неудобен.

С целью приспособить паровозы Гарратта для больших мощностей фирма Beyer Peacock and C⁰ запроектировала новые типы, весьма сложные, например Гарратт-Маллет, Гарратт-Унион и др.

В типе Гарратт-Маллет 1—3—0 + 0—3—1 + 1—3—0 + 0—3—1 (фиг. 394) сочетаются принципы Гарратта и Маллета: в каждой тележке шесть осей разбиты на две группы, по три оси в каждой. Внутренняя группа (на каждом конце) составляет одно целое с главной рамой тележки, как в паровозах Маллета, вторая же группа — наружная — подвижная. Каждая группа приводится в движение двумя цилиндрами, т. е. всех цилиндров восемь. Котел опирается, как и в первоначальном проекте Гарратта, на каждую тележку. Впереди и в конце каждой тележки находится по бисселю.



Фиг. 179

Паровоз запроектирован для колеи 1 067 *мм* с нагрузкой на ось 12,4 *т*. Расчетная сила тяги — 37 225 *кг*.

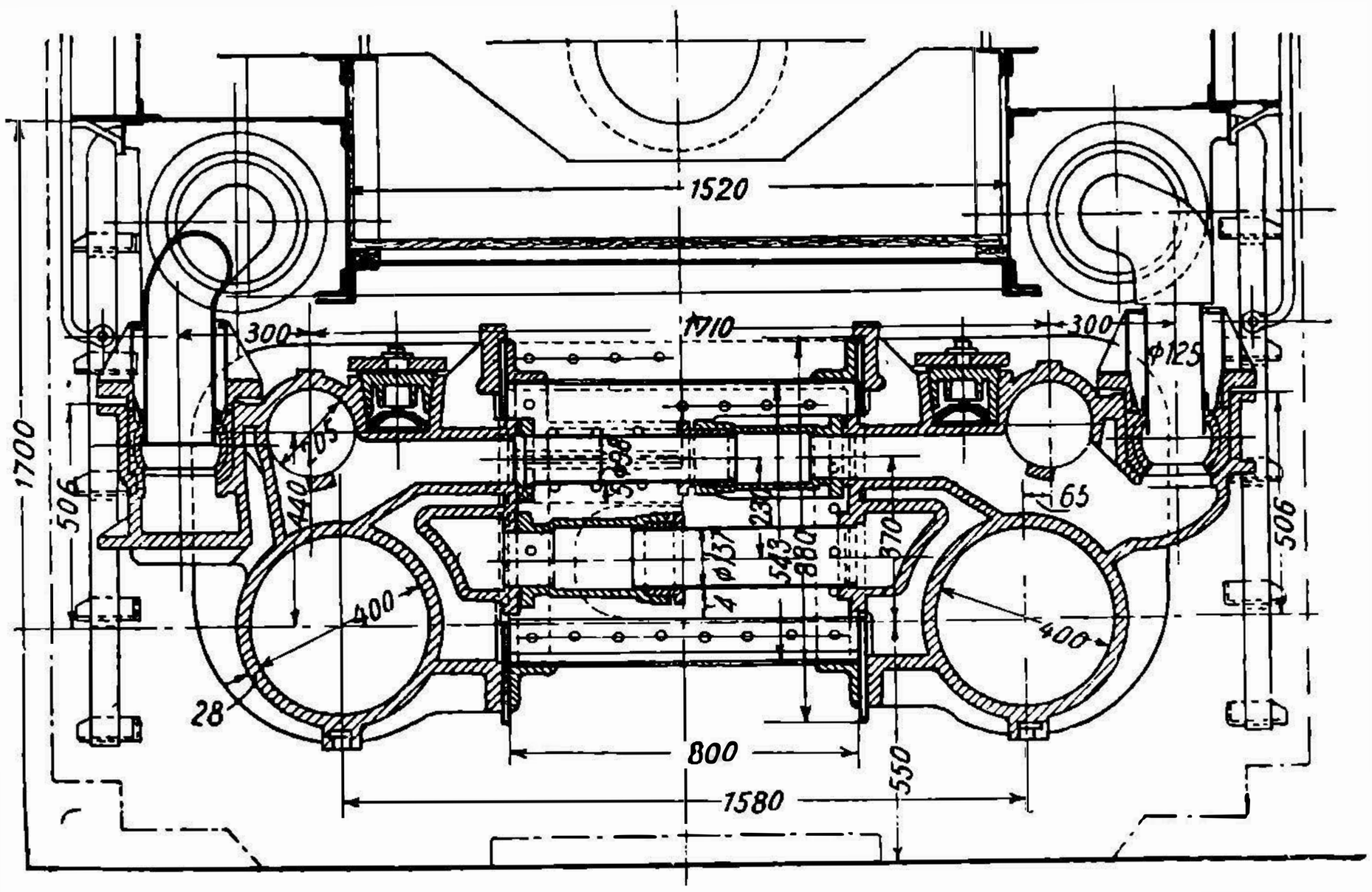
Многие попытки устранить недостатки сложных гибких паровозов редко достигали цели: конструкция всегда получается очень сложной и требующей большого ремонта. Это особенно сказывается в странах, испытывающих недостаток в квалифицированной рабочей силе, где главнейшей задачей конструктора является упрощение типа и удешевление ремонта, что признается и за границей (см. Revue generale d. ch. d. fer., 1930 г., январь, стр. 22).

Чтобы достигнуть насколько возможно улучшения конструкции паровозов Маллета, бельгийские инженеры Гольдшмид (Goldschmid) и Вебер (Weber) спроектировали в 1925 г. тип, которому дали для сокращения название Gol-wé (Golwé).

Как и в предыдущих типах, паровоз состоит из трех частей (фиг. 179 — паровоз Гольве (Golwe) постройки 1927 г. на заводе Haine-Saint-Pierre для министерства французских колоний). Как и у Гарратта, котел расположен на центральной раме, что позволяет иметь глубокую топку, но тележки имеют не концевые, а центральные шкворни

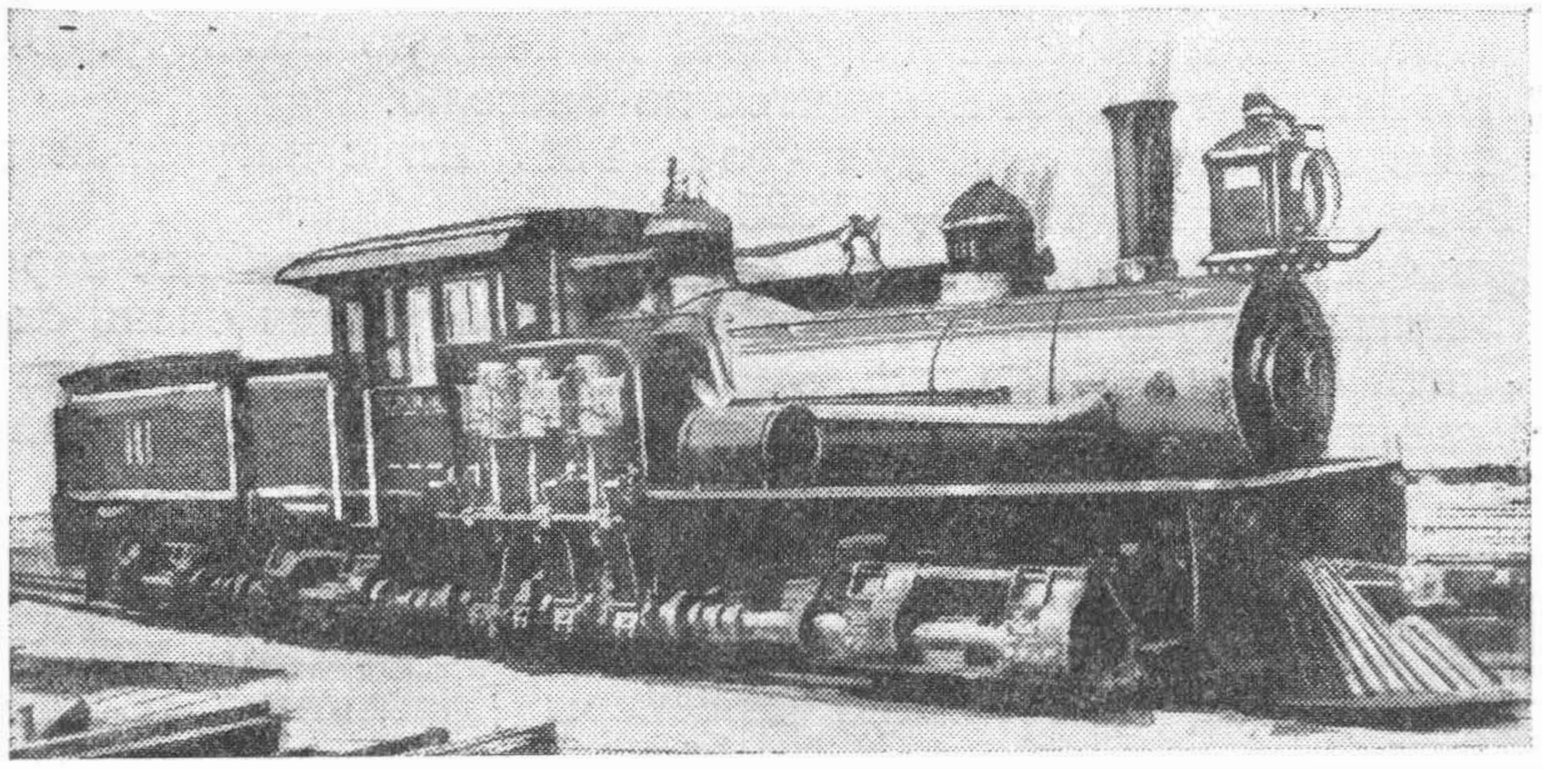
УНИВЕРСИТЕТ (ДИТ)

и приближены по возможности к топке. Котел можно изготовлять желаемой длины. Паровоз легко вписывается в кривые, и так как сцепные приборы несут тележки, то значительных косых усилий не получается. Затруднений при ремонте котла, как у Гаррат-



Фиг. 180

та, здесь нет. Особое поперечное соединение впускных и выпускных камер цилиндров позволяет для каждой пары цилиндров иметь одну впускную и выпускную трубу, т. е. в два раза меньше, чем в других паровозах, причем для удобства ремонта они делаются наружными,



Фиг. 181

что допустимо для жарких стран (фиг. 180 — патент во Франции № 614639).

Тем не менее и этот тип сложен.

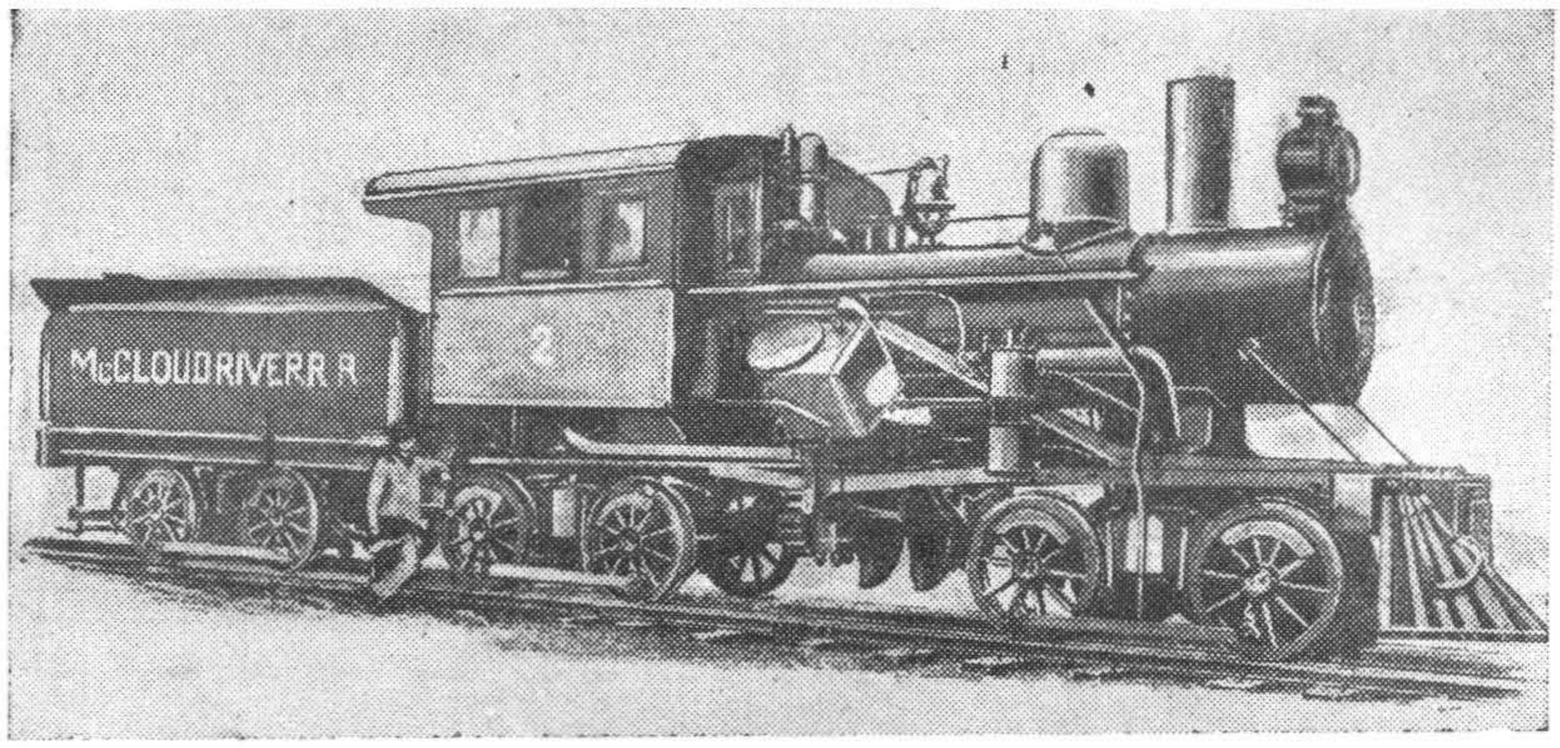
Разработанные типы паровозов Ферли, Мейера, Гарратта, Маллета

РБ УДУНТ (ДИТ)

и Гольве относятся к группе, в которой двигатели расположены на двух или трех тележках и связь между осями шатунная.

Но за истекшее время появилось большое число других видов, из которых упомянем паровозы с системами зубчатых передач:

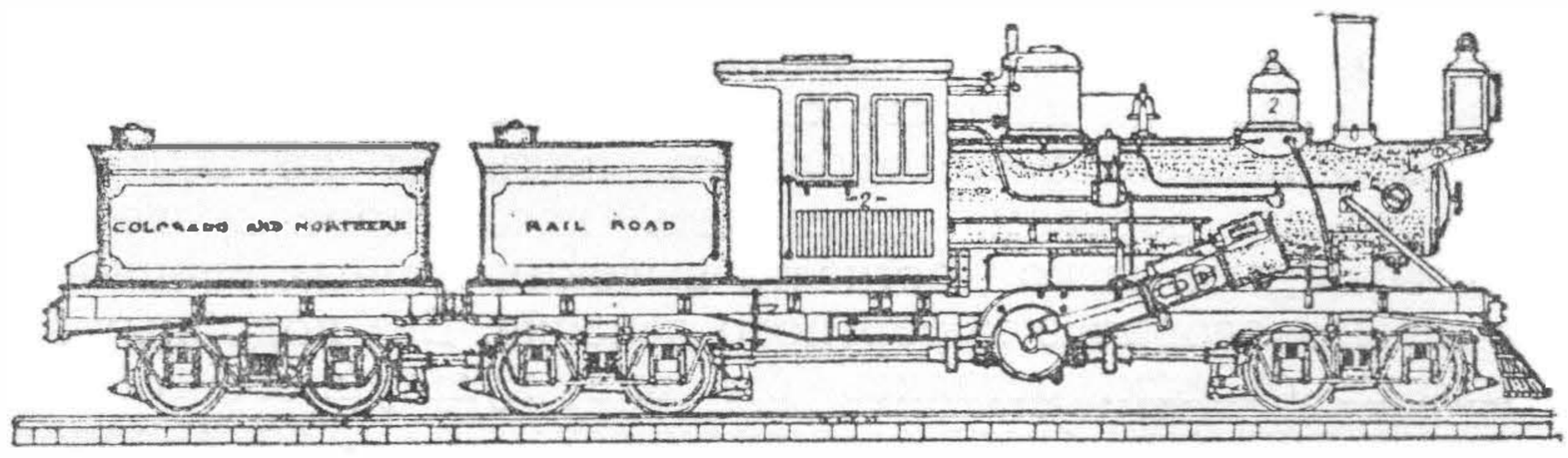
1. Система Шау (Schay). Горный паровоз, построенный в 1888 г. заводом в Лиме (фиг. 181), имеет три вертикальных цилиндра, расположенных с одной стороны и приводящих в движение продольный



Фиг. 182

вал с рядом зубчатых передач. Он мог вести поезда весом в 100 *т* на подъеме 0,100.

2. На фиг. 182 представлен горный паровоз системы Г е й с л е р а (Heisler), построенный в 1898 г. заводом в Ири, в Пенсильвании, для горной ж. д. Mc Cloud River в Калифорнии. Служит для вывоза леса по лесовозной дороге с подъемами до 0,030 и радиусами кривых



Фиг. 183

до 60 *м*. Две двухосные тележки и две оси тендера спарены. Два наклонных цилиндра приводят в движение вал, расположенный под котлом и состоящий из пяти частей, соединенных шарнирами Гука, от которых при помощи конических шестерен передается движение осям.

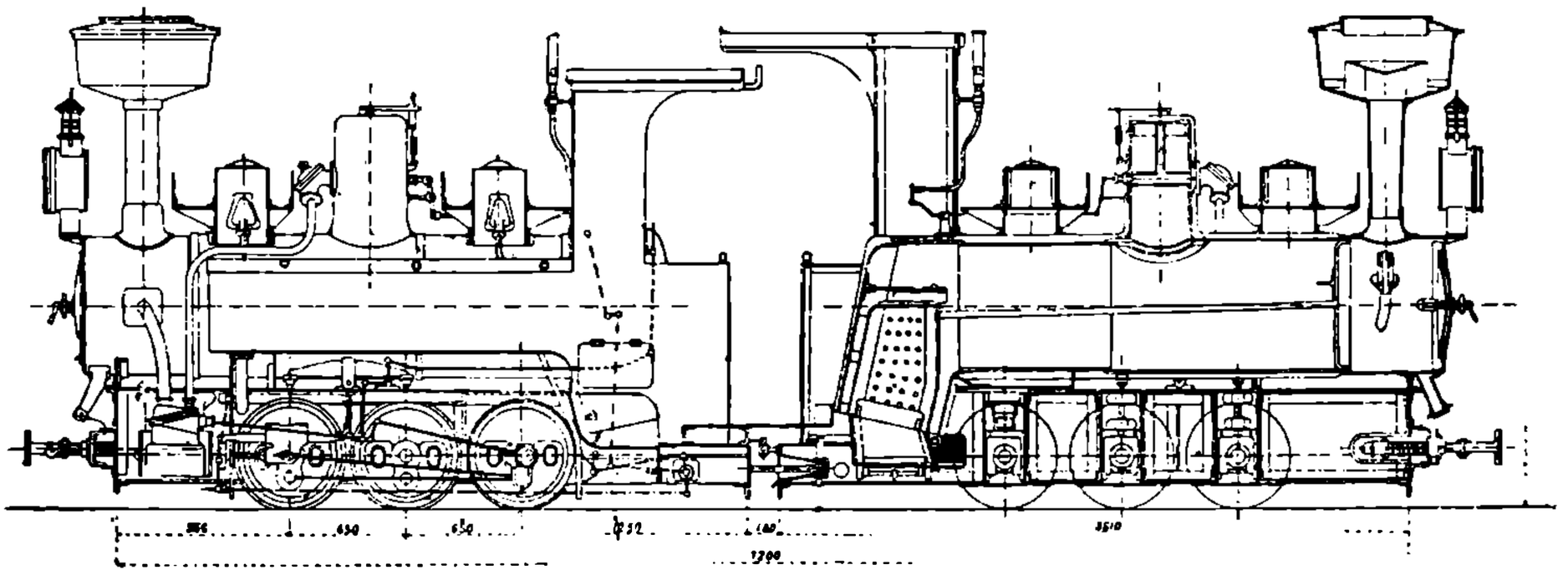
3. Таков же паровоз системы Климакс (Climax), появившийся в 1897 г. (фиг. 183) для ж. д. Колорадо (С. Америка).

Все эти типы мало известны в Европе. В Америке они употребляются до сих пор на специальных линиях, например лесовозных, при разработке плантаций, рудников и пр., вообще на линиях с плохой почвой и слабым путем, где требуется передача давления на большое

РБ УГУНТ (ДІТ)

число осей, почему утилизируются в качестве спаренных и оси тендера. Особенно они пригодны при обслуживании построек, также при наличии больших подъемов и кривых малого радиуса, когда применение электрической тяги, требующей весьма значительных капиталовложений, не может быть осуществлено.

Зубчатые передачи ограничивают скорость их движения, которая для товарных паровозов не превосходит 20 и пассажирских — 30 *км/час*.



Фиг. 184

Для военных узкоколейных дорог в Германии и Японии в настоящее время строят паровозы не сопряженные, а двойные, являющиеся соединением двух совершенно отдельных паровозов (фиг. 184).

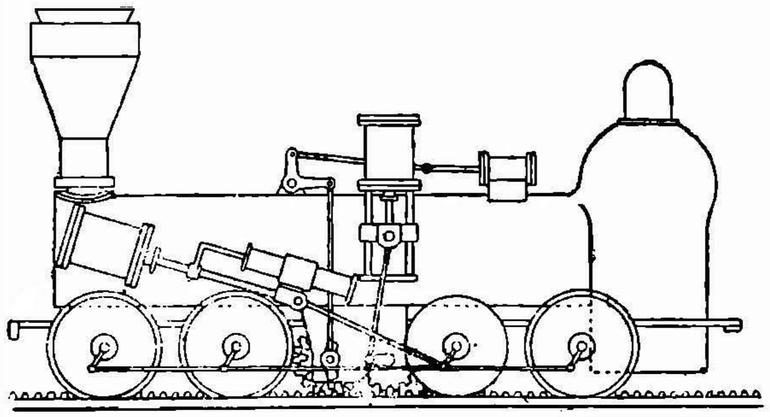
§ 18. ГОРНЫЕ (ЗУБЧАТОКОЛЕСНЫЕ) ПАРОВОЗЫ

В горных областях приходится прибегать к подъемам значительно большим, чем в местностях равнинных или холмистых. Ранее считалось, что наибольший подъем, преодолеваемый паровозами трения — 40‰ и только в последнее время стали строить паровозы трения для подъемов до 60—70‰. Для бóльших же подъемов строят паровозы с зубчатыми колесами, которые сцепляются с уложенными зубчатыми рейками. Это позволяет преодолевать подъемы до 300‰ и даже больше и, таким образом, перевозить пассажиров и грузы через горные хребты или легко достигать высоких горных вершин в целях туризма и высокогорного курортного лечения. Без подобных зубчатых дорог многие области остались бы вне культурного объединения с остальным миром, а потому историческая роль этих дорог очень высока.

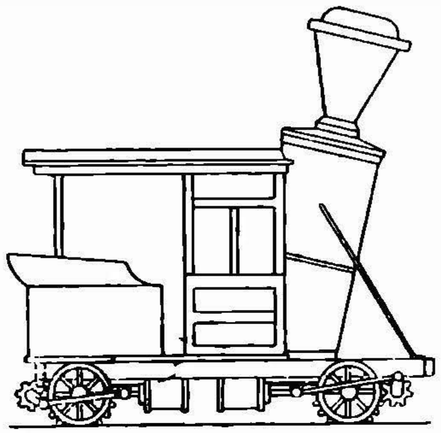
Первый зубчатоколесный паровоз был Бленкинсопа (1812 г.), но он явился результатом недостаточной оценки роли трения между гладкими колесами и рельсами, почему зубчатые колеса применялись даже для горизонтального пути (фиг. 17). Эти паровозы работали до 1839 г. на Миддлетонской каменноугольной дороге с подъемами до 66‰.

Затем зубчатый паровоз был построен заводом Балдвина в 1847 г. в С. Америке для преодоления подъема 60‰ на дороге между Мадисоном и Индианополисом по проекту К а т к а р т а (Cathcart) (фиг. 185). Здесь два цилиндра приводили в движение обыкновенные спаренные оси, два наклонных посредством промежуточных колесных механизмов — зубчатое колесо, которое находилось посреди паровоза и сцеп-

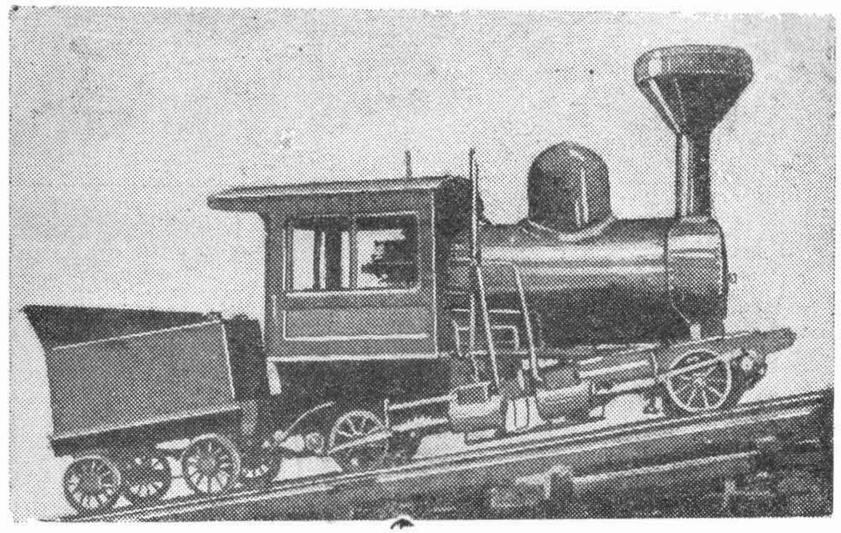
НТБ УДУНТ (ДИТ)



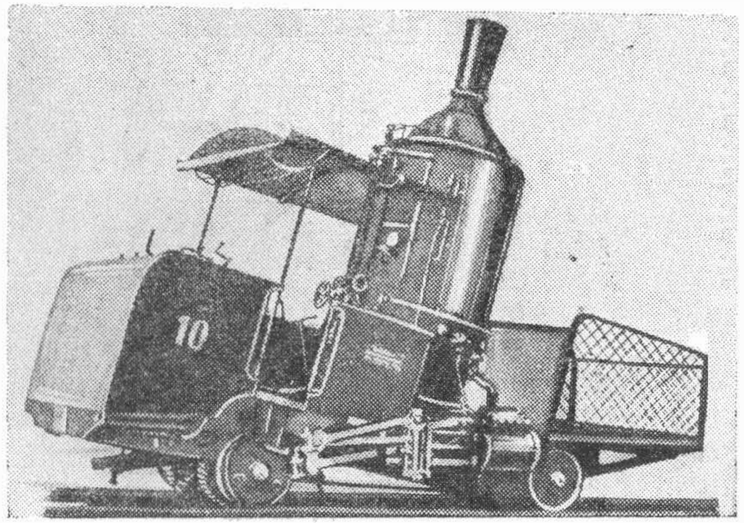
Фиг. 185



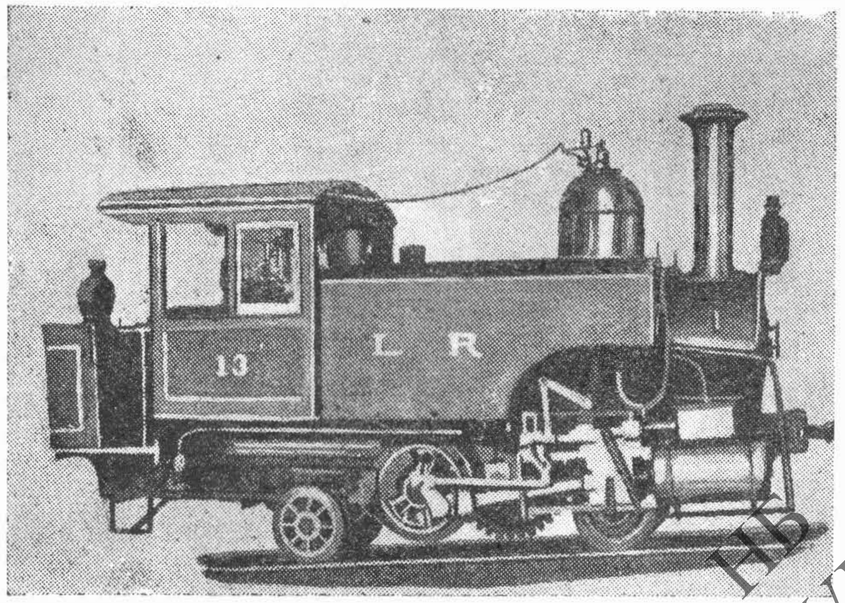
Фиг. 186



Фиг. 187



Фиг. 188

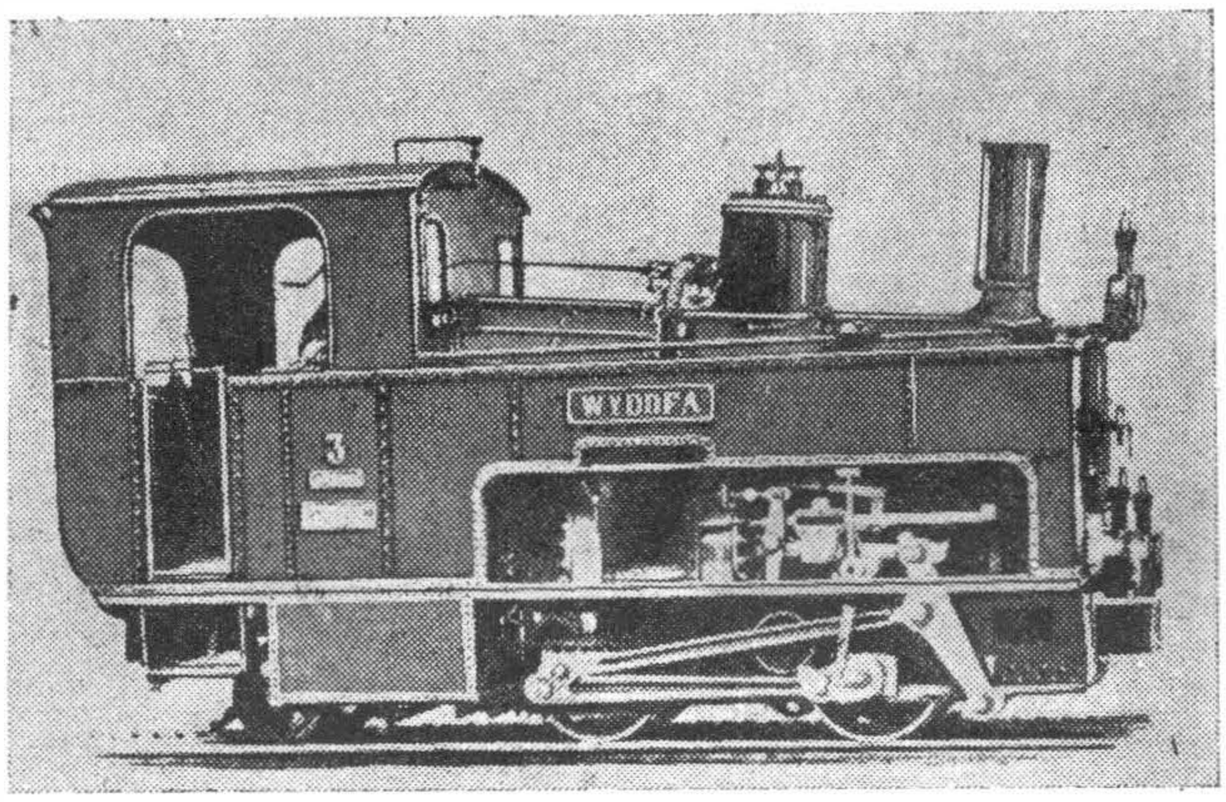


Фиг. 189

УДУНТ (ДИТ)

лялось с зубчатой рейкой, положенной посреди пути, и, наконец, пятый цилиндр сверху котла служил для опускания зубчатого колеса на крутых подъемах и поднимания его на равнинных участках, где паровоз работал как обыкновенный паровоз трения.

Непрочная чугунная рейка и подобный сложный паровоз не нашли себе подражателей, хотя паровозы работали до 1868 г., и только

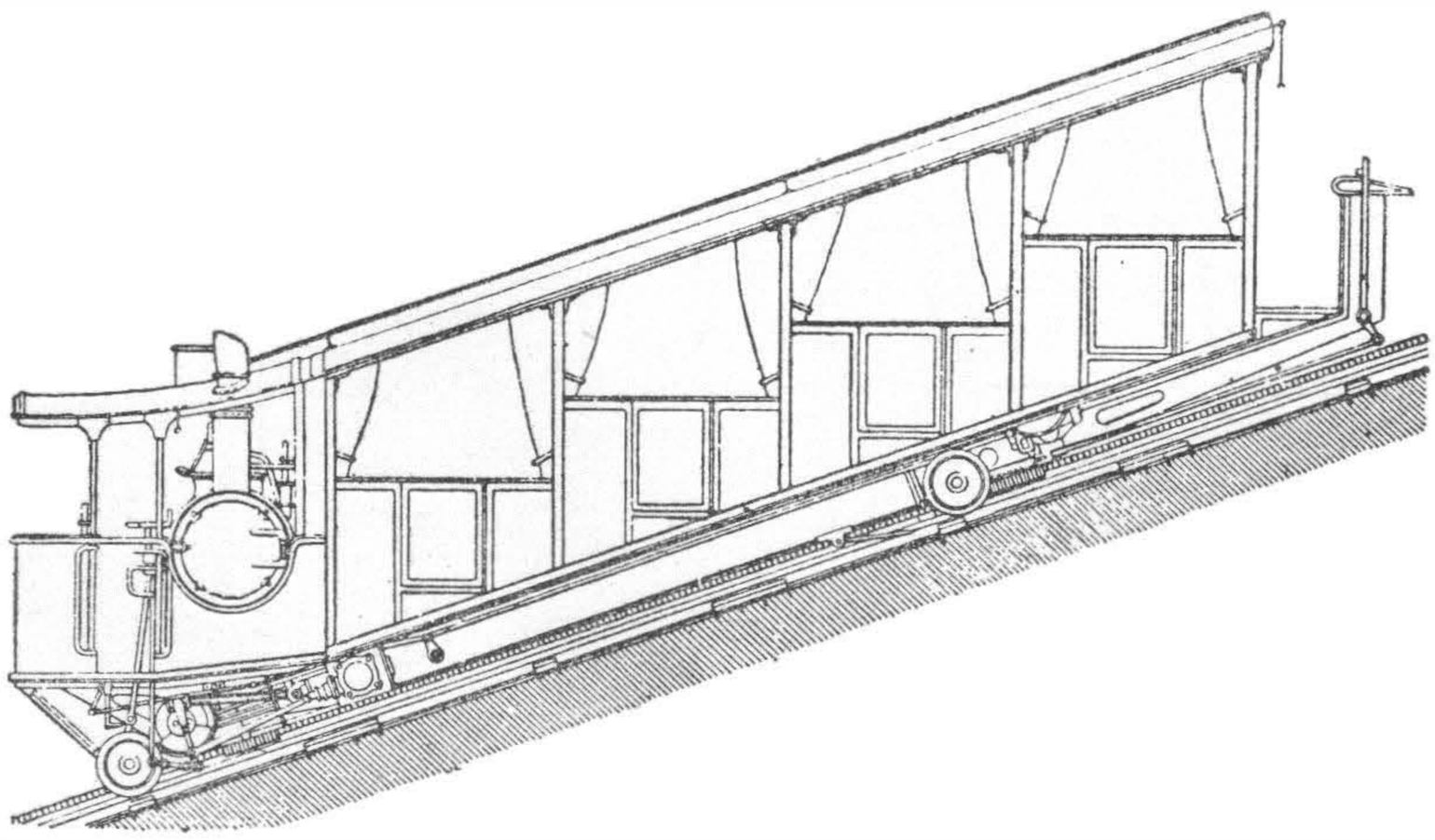


Фиг. 190

с усовершенствованием стального дела и изготовлением безопасных стальных зубчатых реек эти дороги стали быстро распространяться.

В дальнейшем паровозы строились двух типов:

1) исключительно с тягою от зубчатки (первый такой паровоз был Бленкинсопа) и



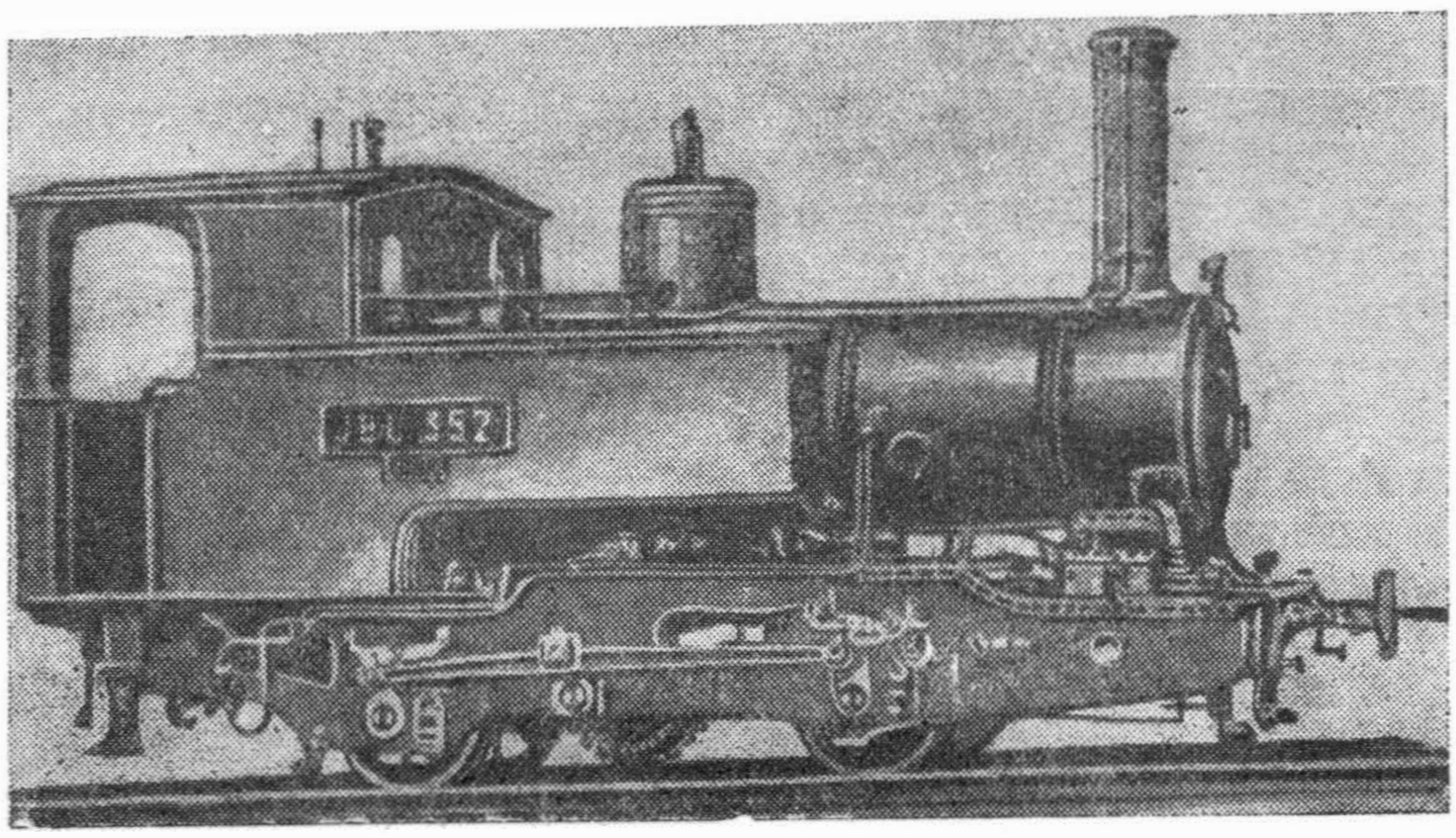
Фиг. 191

2) смешанные паровозы — фрикционные (трения) и зубчатые (первый — Каткарта).

В 1866—1896 гг. М а р ш (Marsch) построил чистый зубчатоколесный паровоз для подъема на гору Вашингтон, высотой 1 904 *м* (С. Америка) с наибольшим подъемом 377‰ и средним 240‰ (длина дороги

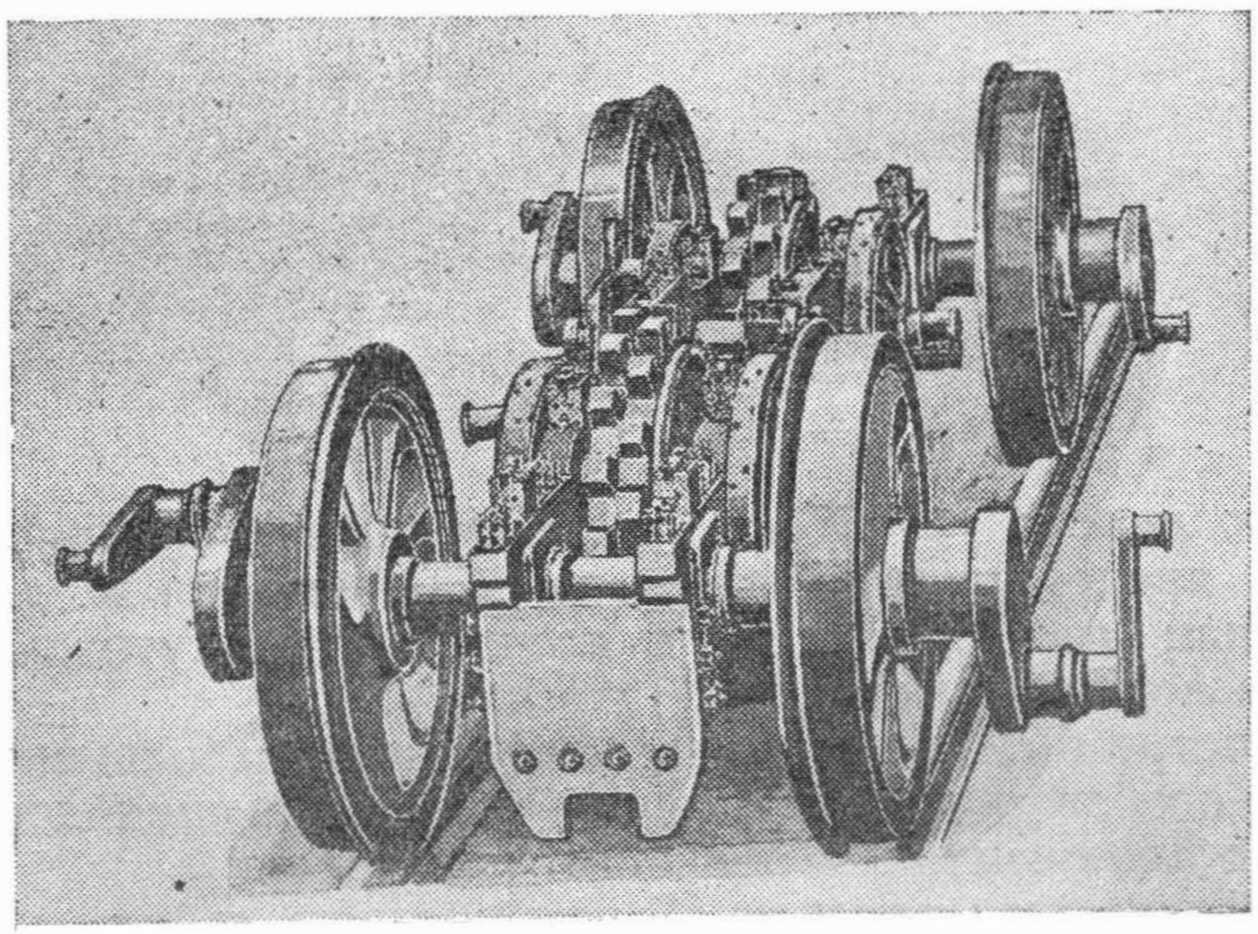
НВ УДУНТ (ДІТ)

4,54 *км*). Паровоз вез только один вагон с 50 пассажирами со скоростью (в гору) 3 *км/час*. Для безопасности спуска Марш изобрел воздушный тормоз, который заключался в том, что паропровод имел особую трубу, соединяющую ее с наружным воздухом, с приспособлением для закрывания. При спуске эта труба открывалась, и цилиндры



Фиг. 192

всасывали наружный воздух, сжимали его, и таким образом получалось тормозящее действие. Чтобы не было сильного нагревания цилиндров, в них впускалась вода, которая испарялась и выпускалась наружу. Такими тормозами затем снабжали все паровозы.



Фиг. 193

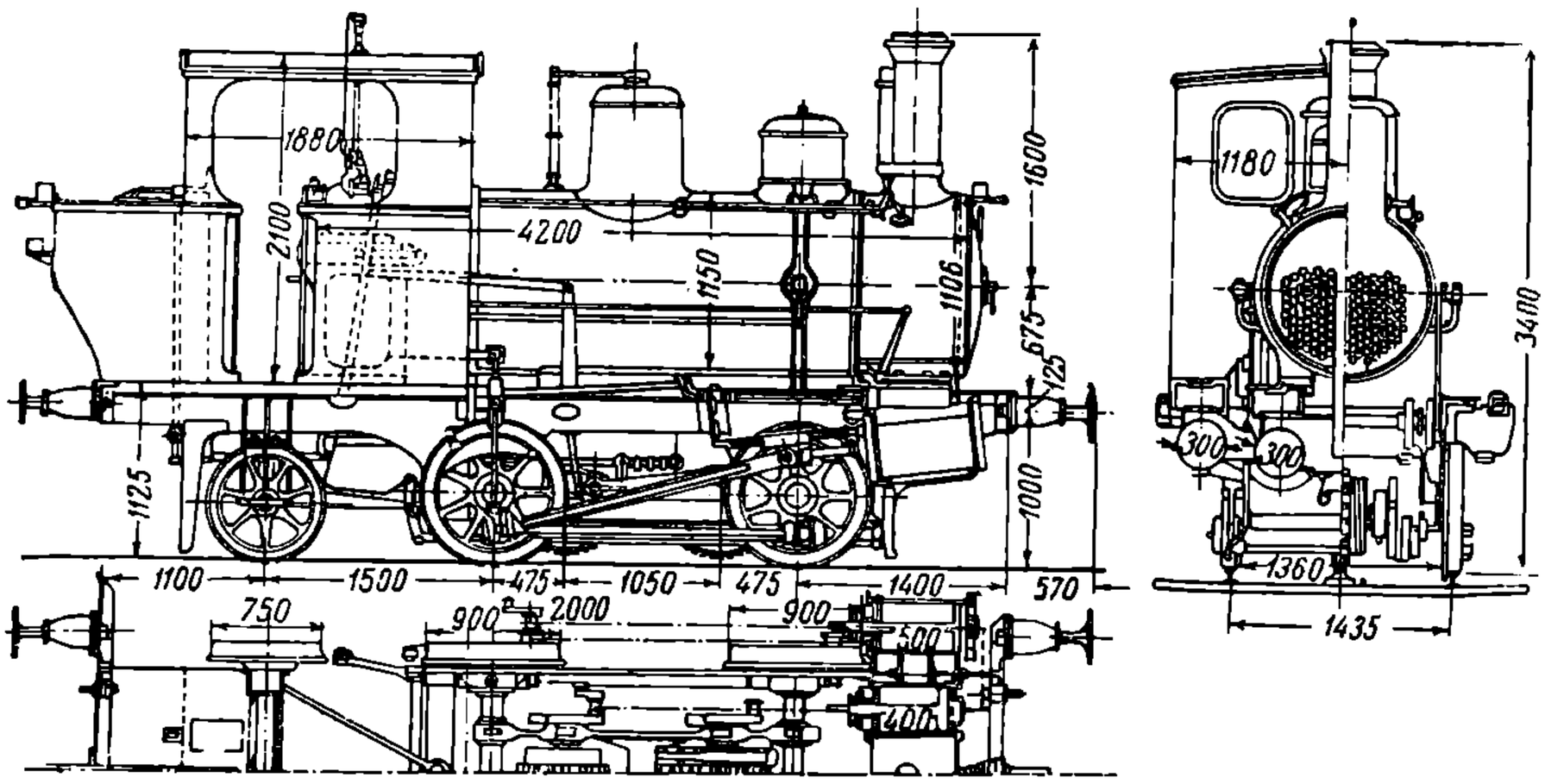
Паровоз имел вертикальный котел, вращающийся на цапфах, и потому, начиная с 100‰ подъема, он принимал вертикальное положение, и два цилиндра, приводящих при помощи промежуточных валов в движение зубчатые колеса (фиг. 186 — видоизменение 1871 г.). Недостатком его было то, что он не имел питательного насоса и резервуара для воды, почему питание котла могло происходить только

НБ УДУНТ (ДИТ)

по окончании движения и выпуска пара. Значительно позднее, в 1908 г., для этой дороги был построен Американской паровозостроительной компанией (сокращенно АЛКО) в Скенектеди паровоз с горизонтальным котлом, но с тем же принципом передачи движения от цилиндров (фиг. 187).

В это же время началась постройка таких дорог в Швейцарии — классической стране зубчатых железных дорог. В 1868 г. Риггенбах (Riggenbach) спроектировал паровоз, значительно усовершенствовав паровоз Марша (фиг. 188), для железной дороги на вершину горы Риги. Здесь машина приводит в движение посредством промежуточного вала зубчатое колесо, четыре же гладких колеса насажены свободно и служат только для поддержки.

Так как зубчатая тяга не допускает больших скоростей, то от цилиндров движение зубчатым колесам передается всегда при помощи промежуточных передач, тем более что при медленном движении поршней в цилиндрах получалась бы тяга воздуха, недостаточная для надлежащего парообразования. Указанная передача производится че-



Фиг. 194

рез зубчатую передачу, как в описанных паровозах, или, как видно на фиг. 189, представляющей паровоз Балдвина для ж. д. Leopoldina (1897 г.), или при помощи двуплечих промежуточных рычагов (фиг. 190) (завод в Винтертуре).

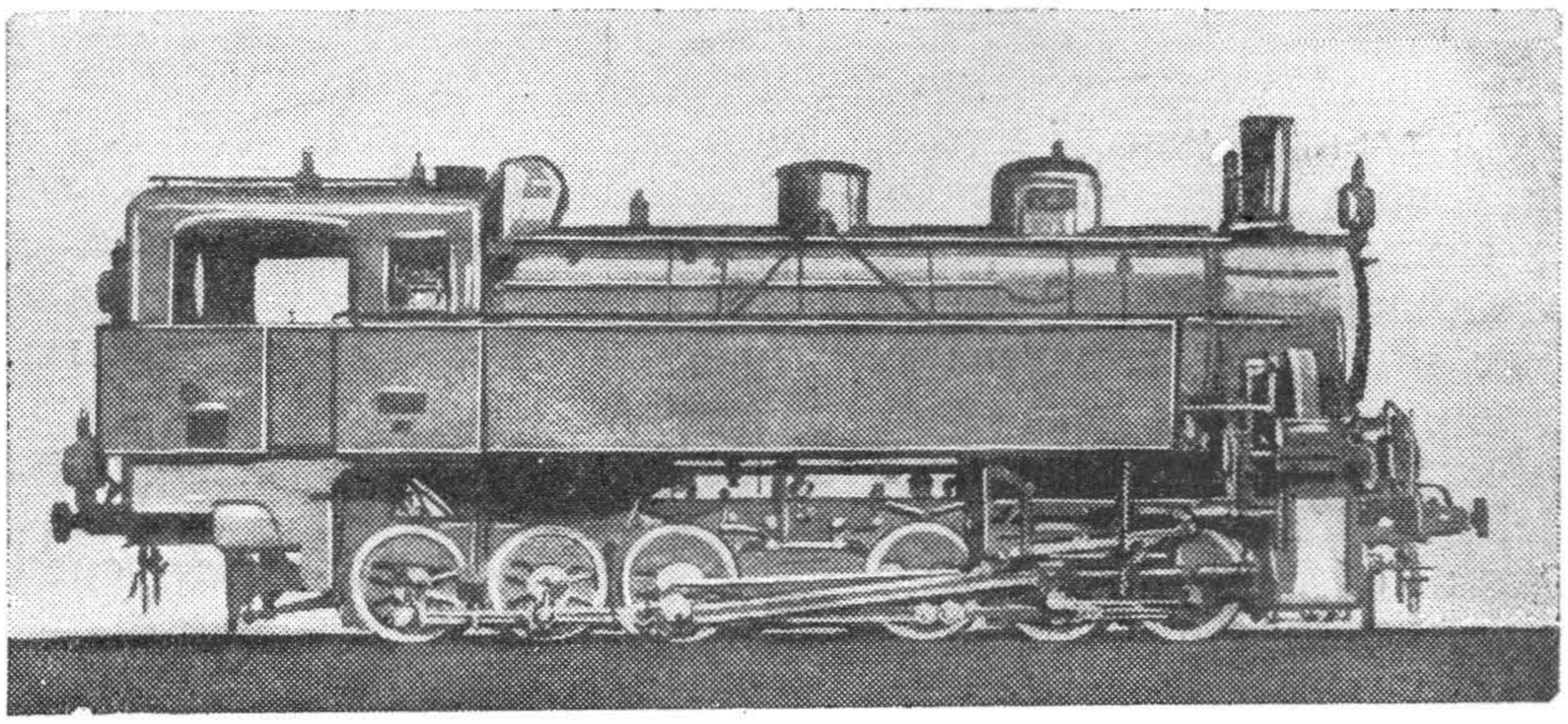
Очень быстро были обнаружены недостатки небольших вертикальных котлов, особенно для паровозов, обслуживающих дороги не для туристов, а обыкновенные с большим движением.

В 70-х годах была построена знаменитая ж. д. на вершину горы Пилатус, близ Люцерна, с подъемом 48‰, и здесь применили уже котел, лежащий поперек паровоза, причем для облегчения веса паровоз был соединен с вагоном (фиг. 191).

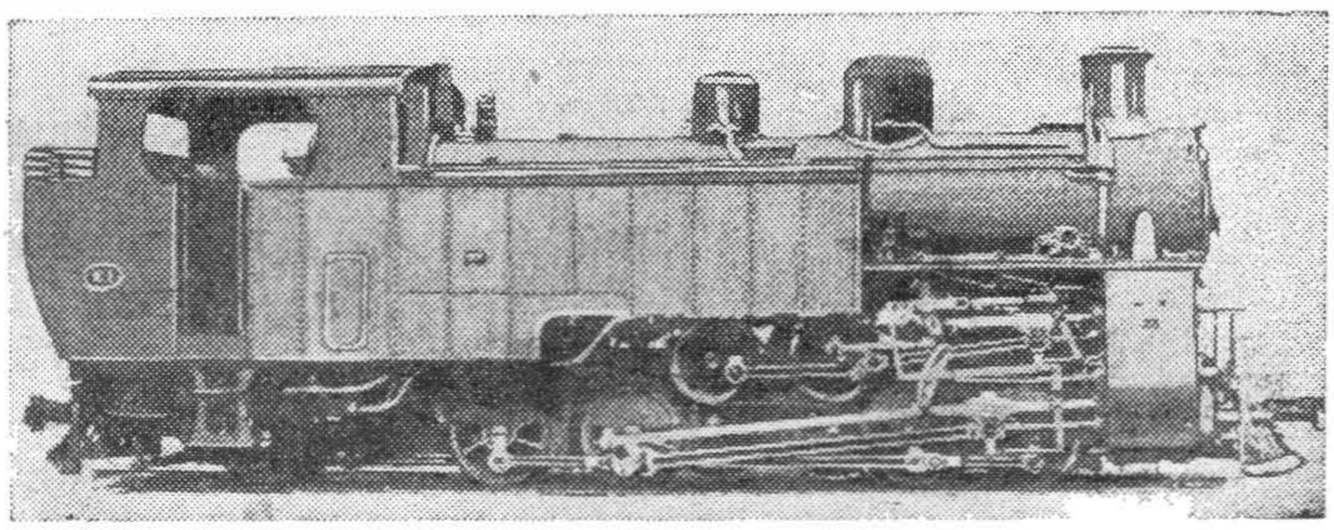
Вскоре начали строиться зубчатые ж. д. в большом количестве.

В 1875 г. Риггенбах построил смешанный паровоз (трения и зубчатый) с обыкновенным паровым котлом (фиг. 192) для Брюнингской ж. д. Здесь зубчатые колеса непосредственно связаны со спаренными колесами посредством спарников и промежуточного вала, поэтому при движениях на крутых подъемах фрикционная сила тяги помогает

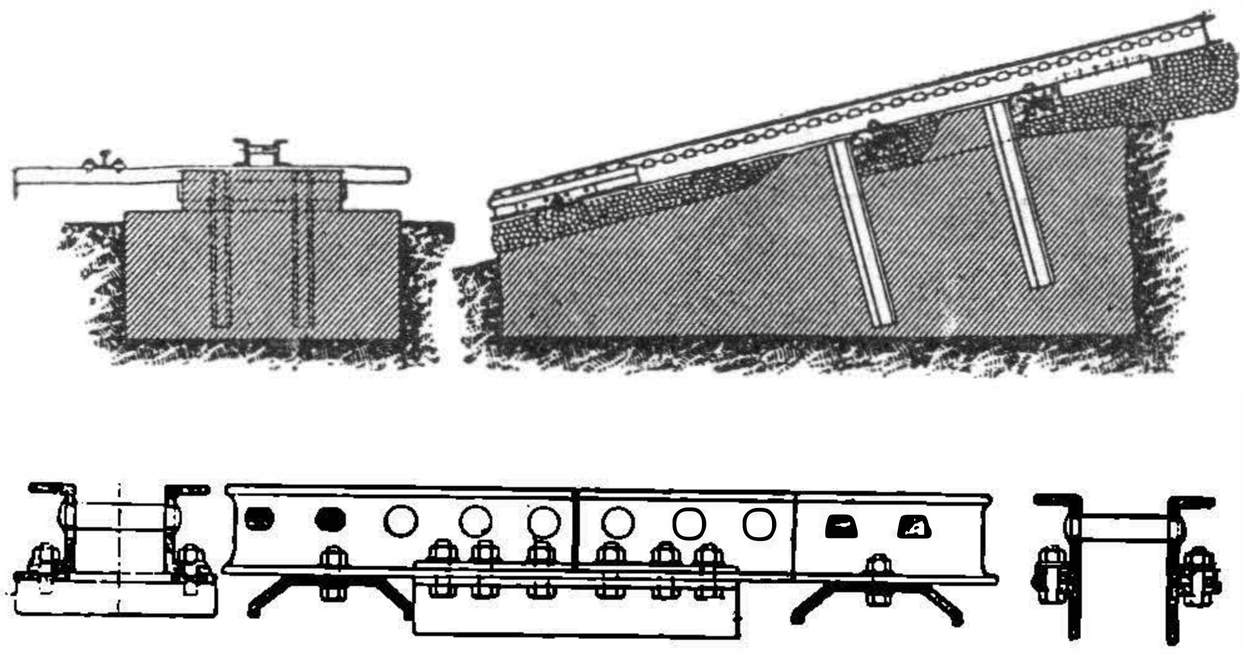
РБ УИМТ (ДИТ)



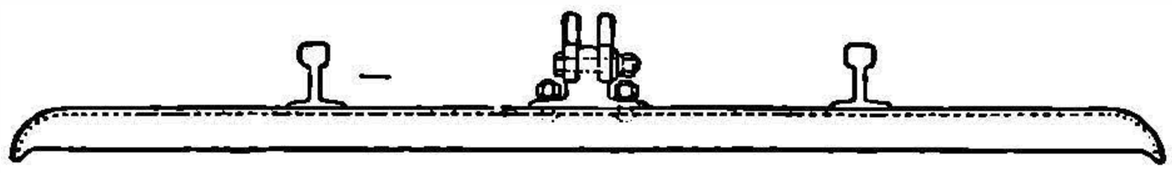
Фиг. 195

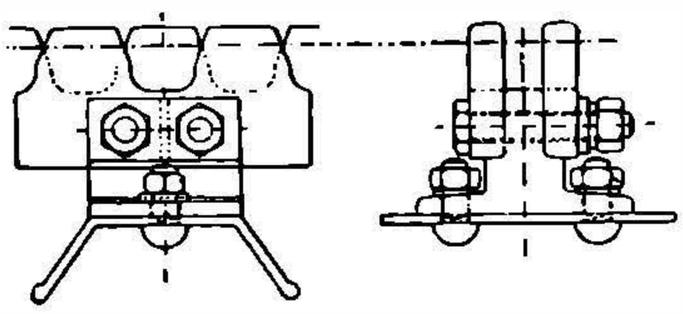


Фиг. 196



Фиг. 197





Фиг. 198

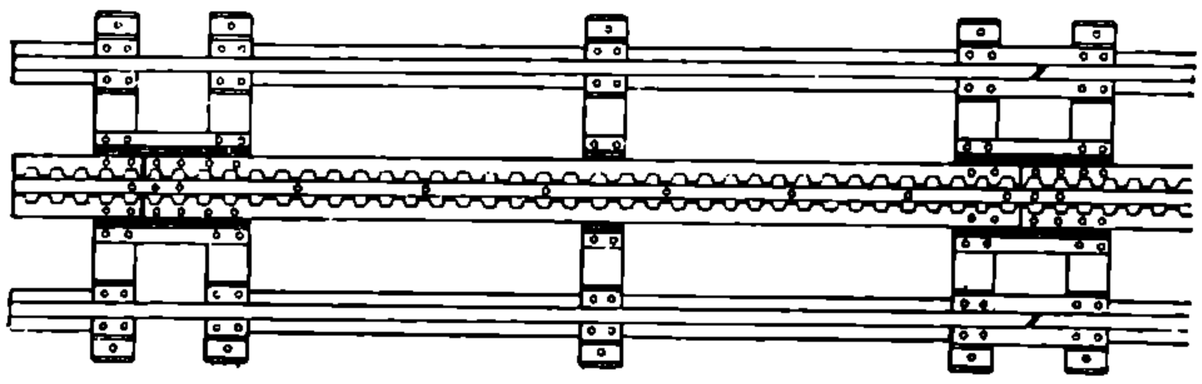
НБ УДУНТ (ДИТ)

зубчатой, но при движении по малым подъемам, где зубчатая рейка не уложена, — главное зубчатое колесо вертится напрасно, что препятствует развитию больших скоростей на участках трения.

Значительным шагом вперед было изобретение в 1882 г. Абтом (Abt) паровоза, который мог хорошо работать на зубчатой линии и быстро двигаться по дороге трения, что было достигнуто постановкой двух совершенно независимых друг от друга машин, из которых одна приводит в движение колеса трения, а вторая при помощи шатунов и кривошипов — зубчатые колеса, причем машинист, в зависимости от необходимости, пускает в ход или одну только первую машину или обе.

Таким образом здесь большая работоспособность соединена с большой скоростью, поэтому четырехцилиндровые паровозы Абта получили значительное распространение.

В паровозах Абта зубчатые колеса обыкновенно лежат, в противоположность паровозам Риггенбаха (фиг. 192), в особой раме без рессор (фиг. 193), причем захватывание зубцов здесь не зависит от игры рессор и происходит лучше, чем у паровозов первого типа. Образец паровоза постройки 90-х годов дан на фиг. 194.



Фиг. 199

Новейшие паровозы Абта по внешнему виду похожи на обыкновенные паровозы, так как зубчатоколесная машина у них находится внутри паровозной рамы и не видна снаружи. На фиг. 195 показан очень мощный современный зубчатый паровоз 0—6—0 австрийских государственных ж. д., постройки завода Флоридсдорф, 1911 г.

Таким образом наибольшие заслуги в деле усовершенствования зубчатых дорог и паровозов для них принадлежат Маршу, Риггенбаху и Абту.

Наконец приводим еще паровоз системы Абта (фиг. 196), построенный в послевоенное время для Нильгирийской ж. д. на юге Индостана с подъемами до 81,5‰. Все подъемы, бóльшие 40‰, снабжены зубчатыми рейками. Верхние цилиндры приводят в движение два передаточных вала к зубчатым колесам. Паровоз снабжен перегревателем.

Что касается зубчатых реек, то по системе Риггенбаха они имеют вид лестницы из двух корытообразных балок (фиг. 197) с железными вставными ступеньками (зубцами) трапецевидного сечения.

Зубчатка Абта (фиг. 198) состоит из зубчатых полос, соединенных между собою таким образом, что зубцы не приходятся один против другого.

По системе Лохнера (Lochner) зубчатка имеет зубцы с двух сторон (фиг. 199), и с ней сцепляется паровоз посредством горизонтальных зубчатых колес.

В конце XIX в. зубчатые ж. д. считались экономически более выгодными, чем обыкновенные, уже при подъемах, больших 0,040. С введением электротяги, допускающей подъемы до 0,125, постройка зубчатых дорог почти совершенно прекратилась и в настоящее время они экономически ограничены пределами подъемов 0,125—0,300.

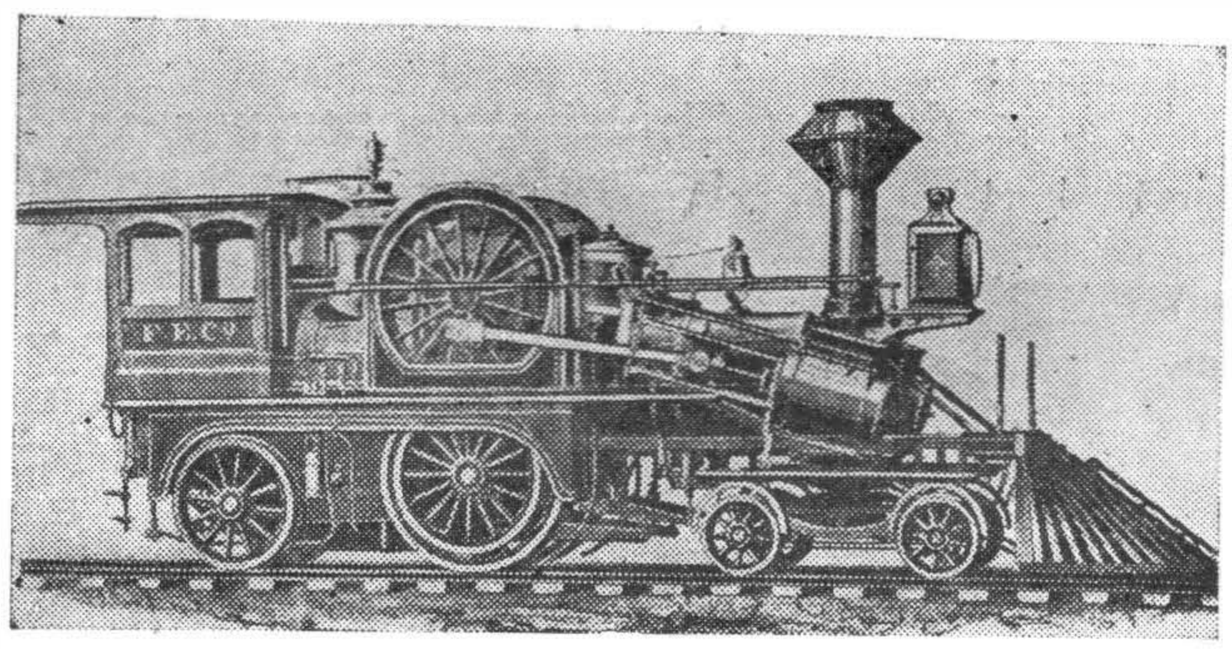
НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 19. ПАРОВОЗЫ ОСОБЫХ ТИПОВ

ПЕРИОД 1850—1900 гг.

В настоящее время, когда ежегодно строится много тысяч паровозов и паровозостроение основано на организации серийного п р о и з в о д с т в а, все государства в целях его облегчения и удешевления заинтересованы в стандартизации, связанной с рационализацией ж.-д. дела; факты построения единичных, опытных паровозов — уже редки. Тип паровоза выработан до мельчайших деталей, время основных исканий окончено, и теперь заводы очень редко строят единичные экземпляры: это слишком дорого и сложно. Теперь можно говорить о деталях, например, об опытах над новыми видами парораспределения, новыми конструкциями водоподогревателей, перегревателей, регуляторов, колосников и пр.

И только когда появляется совершенно н о в а я и д е я, могущая внести переворот, создать эпоху, — идут на крупные затраты и строят единичные, очень дорогие о п ы т н ы е экземпляры новых типов. Например, таким образом в настоящее время строят опытные паровозы



Фиг. 200

высокого давления, совершенно отличные от существующих, трубовозы, тепловозы и т. д.

Но вторая половина XIX в. была еще эпохой исканий для паровоза, которую теперь переживают турбо- и тепловозы, а потому появление единичных экземпляров особых типов было довольно частым явлением. По большой части дело кончалось построением только одного такого паровоза, но идеи, положенные в основу их, были иногда очень интересны. Некоторые из них, представляющие особый интерес, описаны ниже.

Кроме того, были и есть многочисленные и весьма серьезные предложения заменить с и л о в у ю у с т а н о в к и паровоза более совершенной для повышения мощности и к. п. д. паровоза в целом.

Эти предложения можно разбить на две группы:

1) изменение котла, обычно заключающееся в частичной или полной замене обыкновенной т р у б ч а т о й его схемы в о д о т р у б н о й (описание этих предложений см. § 40);

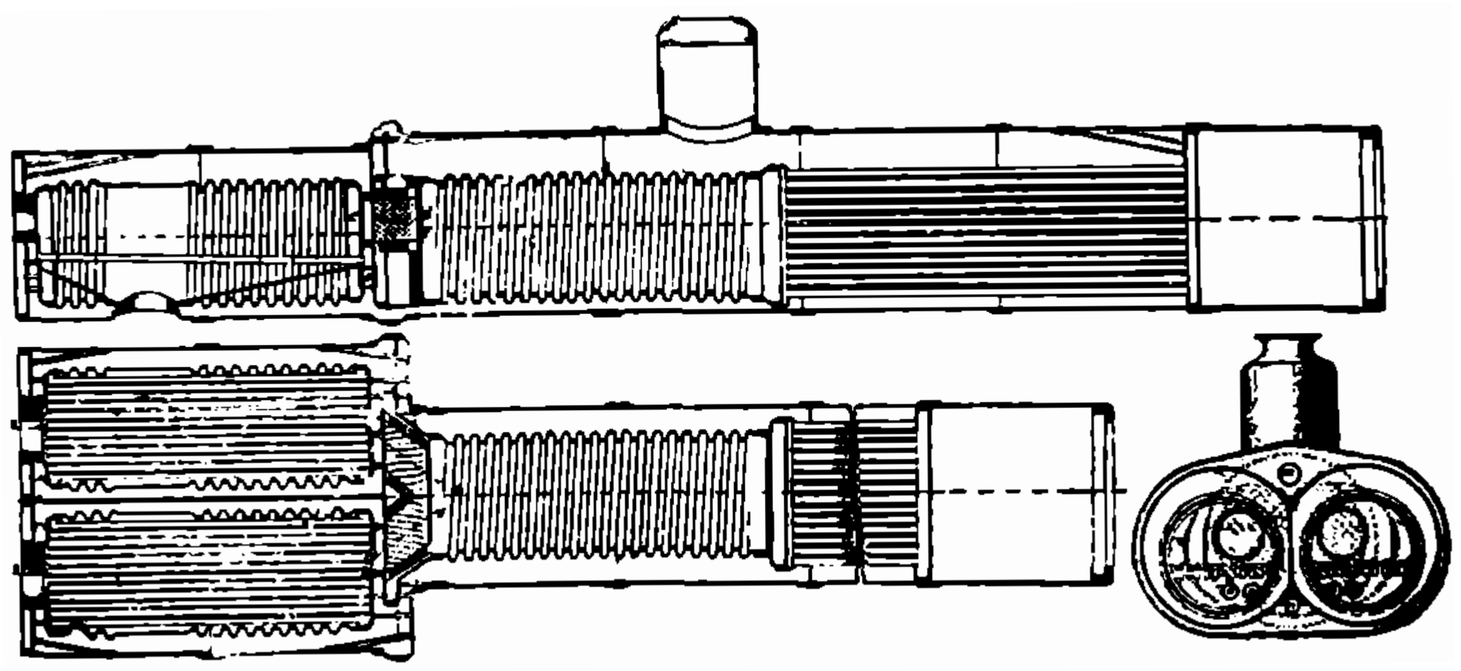
2) изменение машины; здесь было предложено:

а) усовершенствовать существующую поршневую машину вводя например, быструю отсечку, прямой поток пара и пр. (гл. III);

в) заменить поршневую машину паровой т у р б и н о й, образуя т у р б о в о з (§ 39).

НБ УДУНТ (ДИТ)

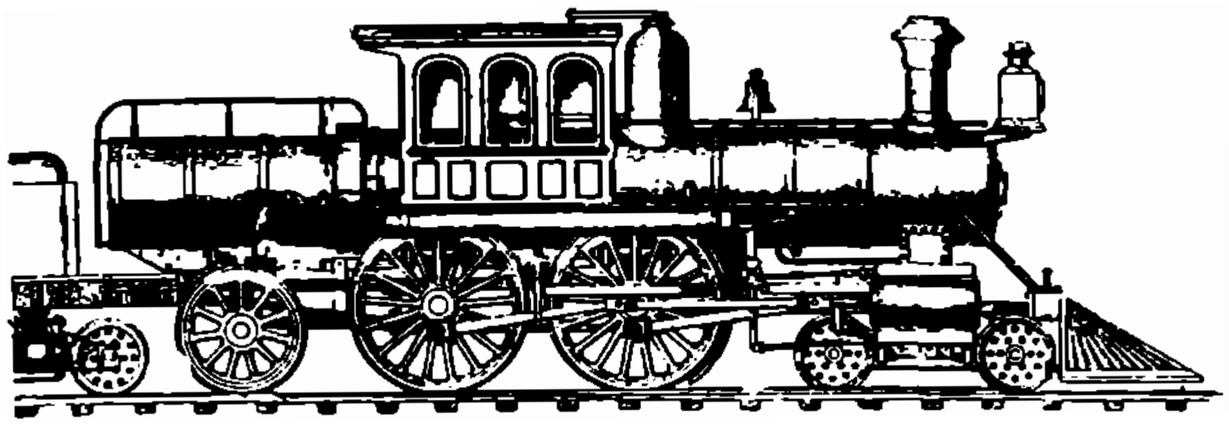
Приступая к описанию отдельных типов, отметим, что некоторые паровозы отнесены сюда, хотя, точнее, их отличие заключается иногда только в некоторых особенностях деталей, но эти особенности были настолько крупны, что потребовали больших средств и создали особое видоизменение паровоза.



Фиг. 201

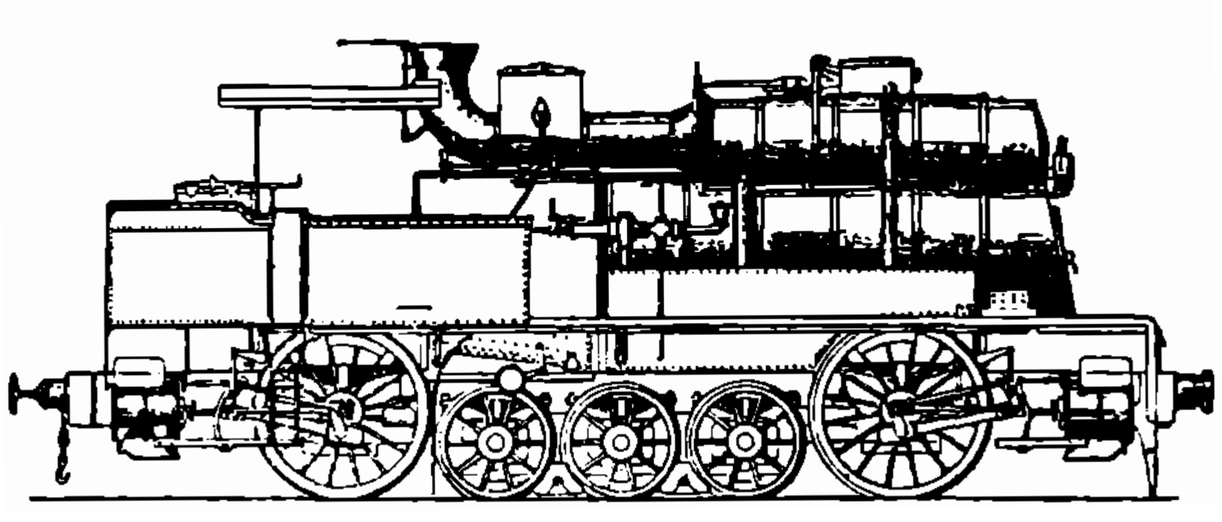
Из особо оригинальных типов, построенных в этот период в С. Америке, отметим:

1. В 1878 г. инж. Фонтен (Fontaine) спроектировал быстроходный паровоз с малым числом оборотов ведущих колес, введя промежуточную верхнюю ось. Колеса его при посредстве трения приводили в движение особые колеса («передача трения»), насаженные на ведущую ось. Паровоз (фиг. 200) был построен заводом Гранта в Петерсоне, но результаты были неудачны, так как нагрузка на ведущую ось производила значительное динамическое действие на путь и передача трения вредно действовала на машину.



Фиг. 202

2. В 1883 г. Стронг (Georg Strong) построил для курьерских поездов на ж. д. Нью-Йорк — Филадельфия паровоз 2—2—1 с оригинальным двойным котлом (фиг. 201), с волнистыми цилиндрическими топками и волнистой же камерой сгорания. Дополнительный подвод воздуха производится через отверстия в стенках из огнеупорного кирпича на пороге и подводится из-под колосниковой решетки через отверстия *О*.



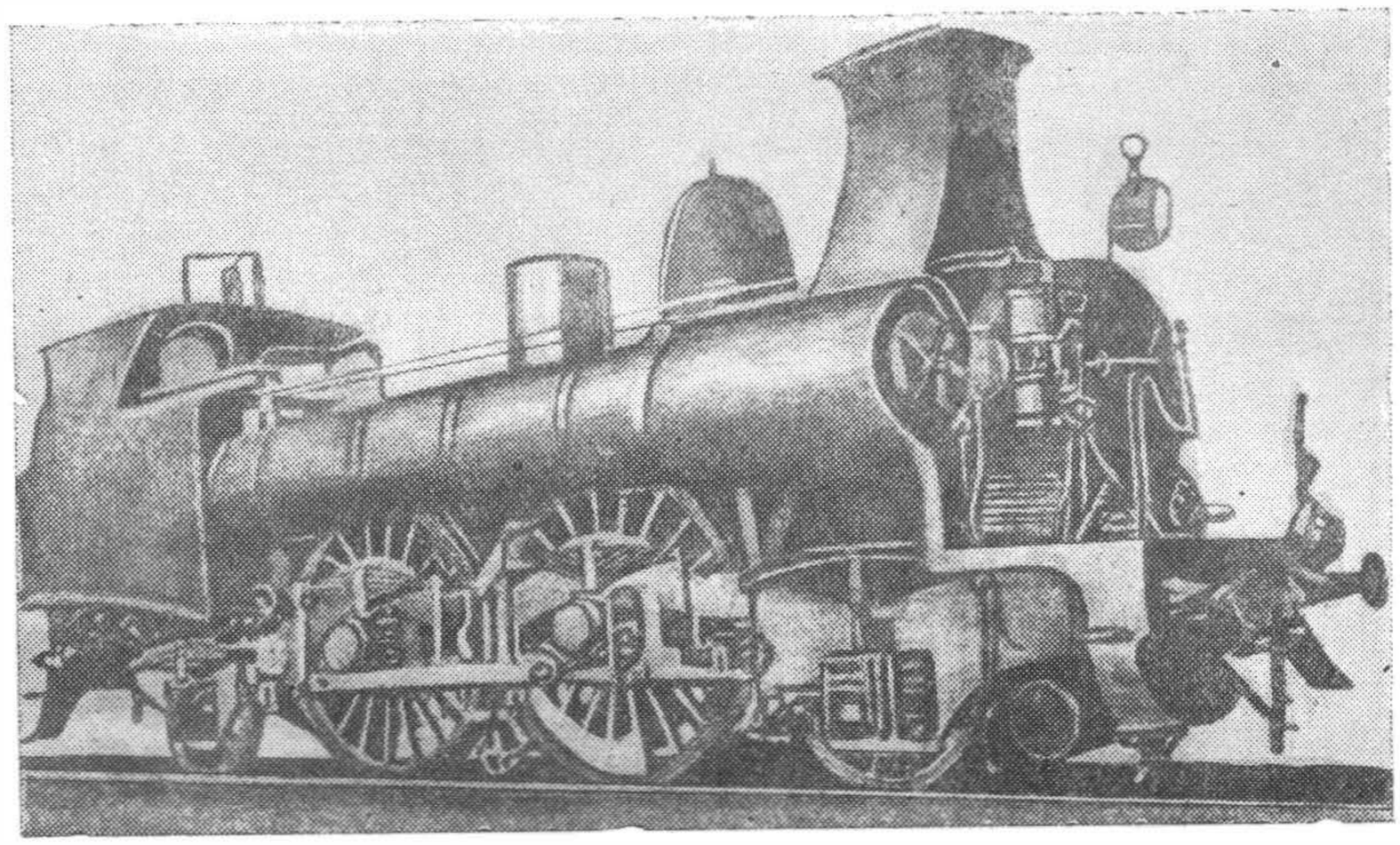
Фиг. 203

Паровоз был снабжен подогревателем воды, где вода нагревалась мятым паром. Оригинально отсутствие спарников: на длинном штоке два крейцкопфа, движущиеся по двум направляю-

НБ УДУНТ (ДІТ)

щим параллелям, и от них идут два шатуна, приводящие в движение отдельные оси, т. е. здесь две свободных ведущих оси (фиг. 202).

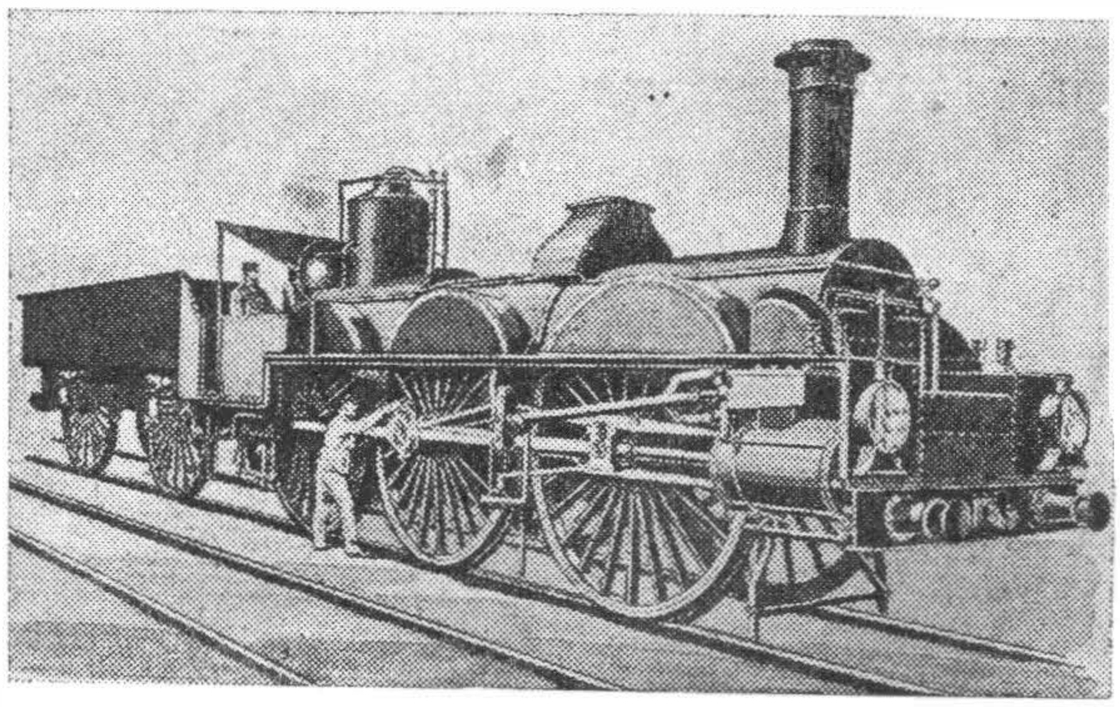
Пароораспределение цилиндрическими золотниками см. § 33. Цилиндры имеют паровые рубашки. Таким образом паровоз представлял массу оригинальных особенностей.



Фиг. 204

В Европе заслуживают внимания следующие особые типы:

1. В 1861 г. во Франции фирма Эрнст Гуэн (Ernst Gouin) по проекту Петье (Petiet) для французских Северных ж. д. построила танк-паровоз типа 0—1—3—1—0 (фиг. 203) (выставка в Лондоне в 1862 г.). Паровоз имел четыре цилиндра по бокам, действующие на две отдельные ведущие оси по краям и три поддерживающие оси посредине. Широкая топка Бельпера. Сверх котла находился длинный цилиндрический сухопарник диаметром 46 *см*, соединенный с котлом штуцером. Через него проходили четыре дымогарных трубы диаметром 10 *см;* горячие газы из дымовой коробки частично проходят через эти трубы и частично кругом наружной поверхности сухопарника, для чего вокруг него снаружи идет кожух. Отсюда газы идут в горизонтальную дымовую трубу, образуемую продолжением кожуха сухопарника, которая оканчивается прямоугольным коленом. Таким образом сухопарник обращен здесь в парасушитель. На нем два регулятора с двумя рукоятками.

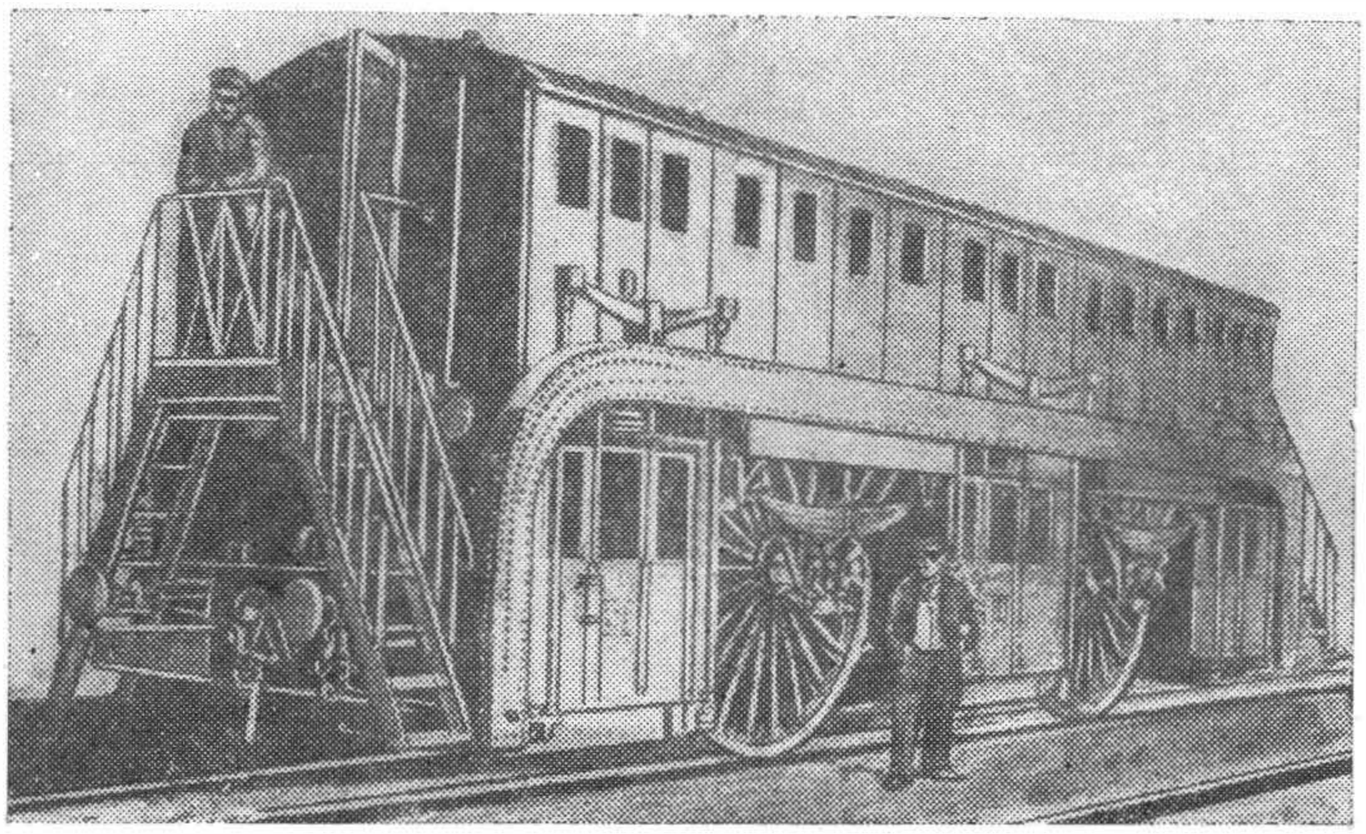


Фиг. 205

2. Оригинальным котлом снабжен был паровоз 1—2—1 бельгий-

НБ УДУНТ (ДИТ)

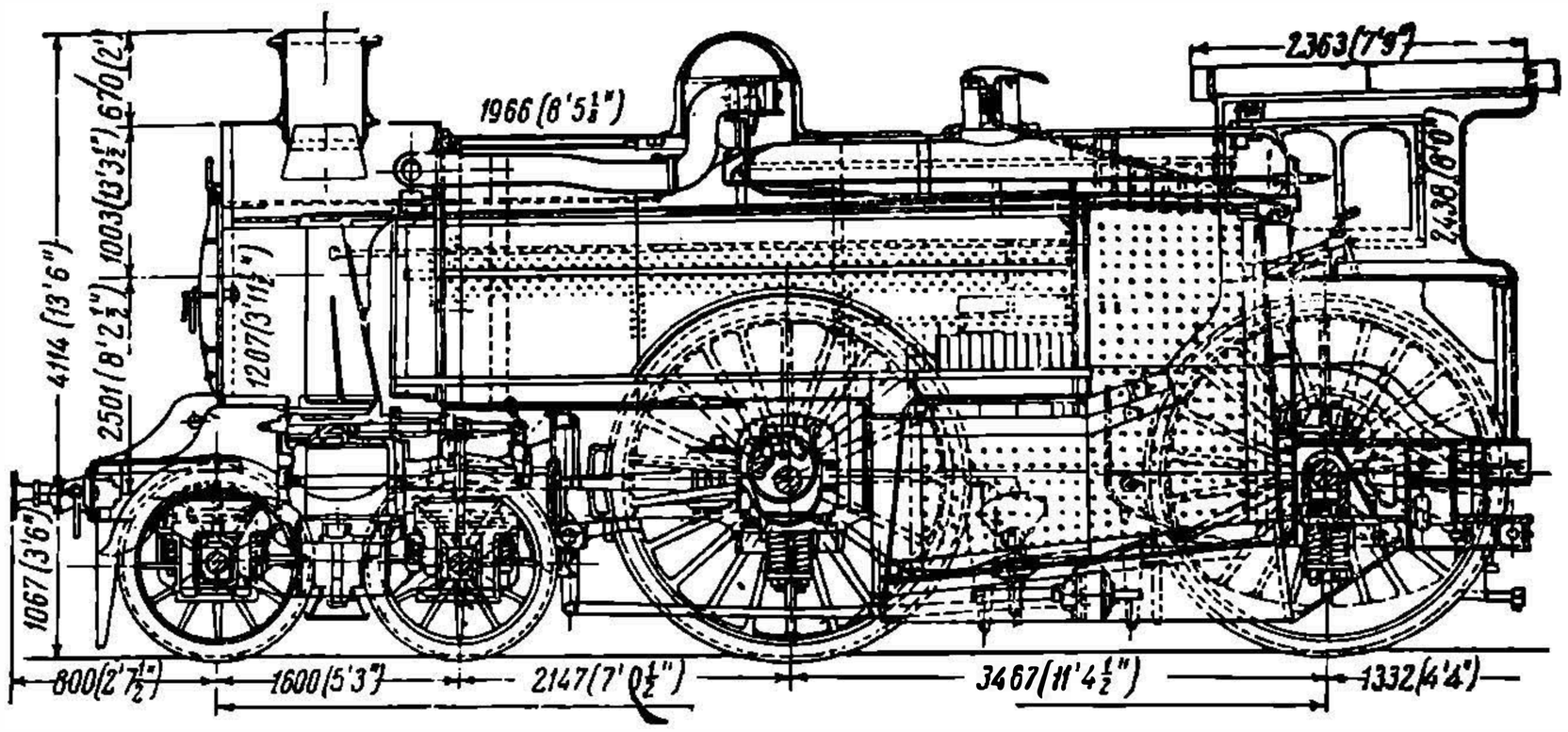
ских ж. д., построенный в 1888 г. Обществом С. Леонар (St. Leonard) в Льеже; он имел три цилиндрические части при общей широкой топке и дымовой коробке (фиг. 204). Диаметр среднего котла был 127 *см* и боковых — по 67,5 *см*. Дымогарных трубок было: в среднем котле 180 и в боковых по 48. Поверхность нагрева 190 $м^2$. Очевидно, цель получения возможно большей поверхности нагрева могла быть достигнута значительно проще.



Фиг. 206

На практике оказалось много недостатков: неравномерное расширение котла, недостаточная тяга благодаря неудачной форме дымовой трубы, сложность и пр.

3. С целью достичь высоких скоростей (до 125 *км/час*) при малом числе оборотов и, следовательно, малом мятии пара заводом Булэ и К⁰ (Boulet & C⁰) в Париже в 1886 г. по проекту Эстрада (Estrade) на част-



Фиг. 207

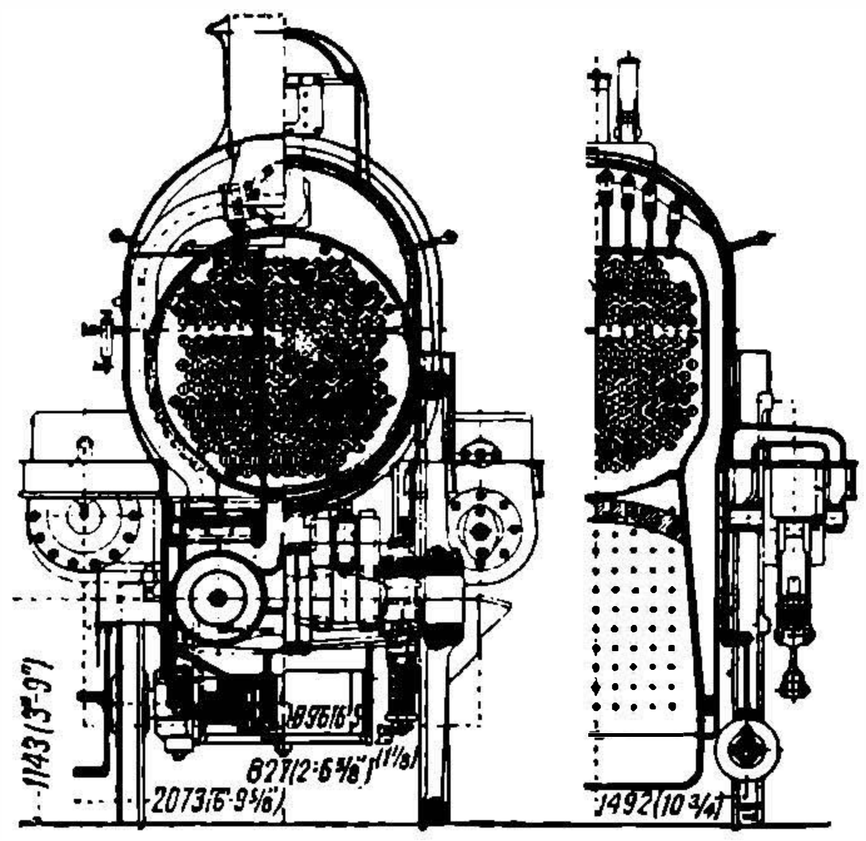
ные средства был построен опытный паровоз с колесами очень большого диаметра 2 500 *мм* (фиг. 205), причем у тендера были колеса такого же диаметра. Назывался он «La Parisienne» («Парижанка»).

Заводом Рено, Бешад, Жир и К⁰ (Reynaud & Gire C⁰) был построен по проекту Эстрада и вагон с колесами также диаметром 2 500 *мм* (фиг. 206).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Опыты были неудачны, и вообще увлечение большими диаметрами колес в то время уже начинало проходить.

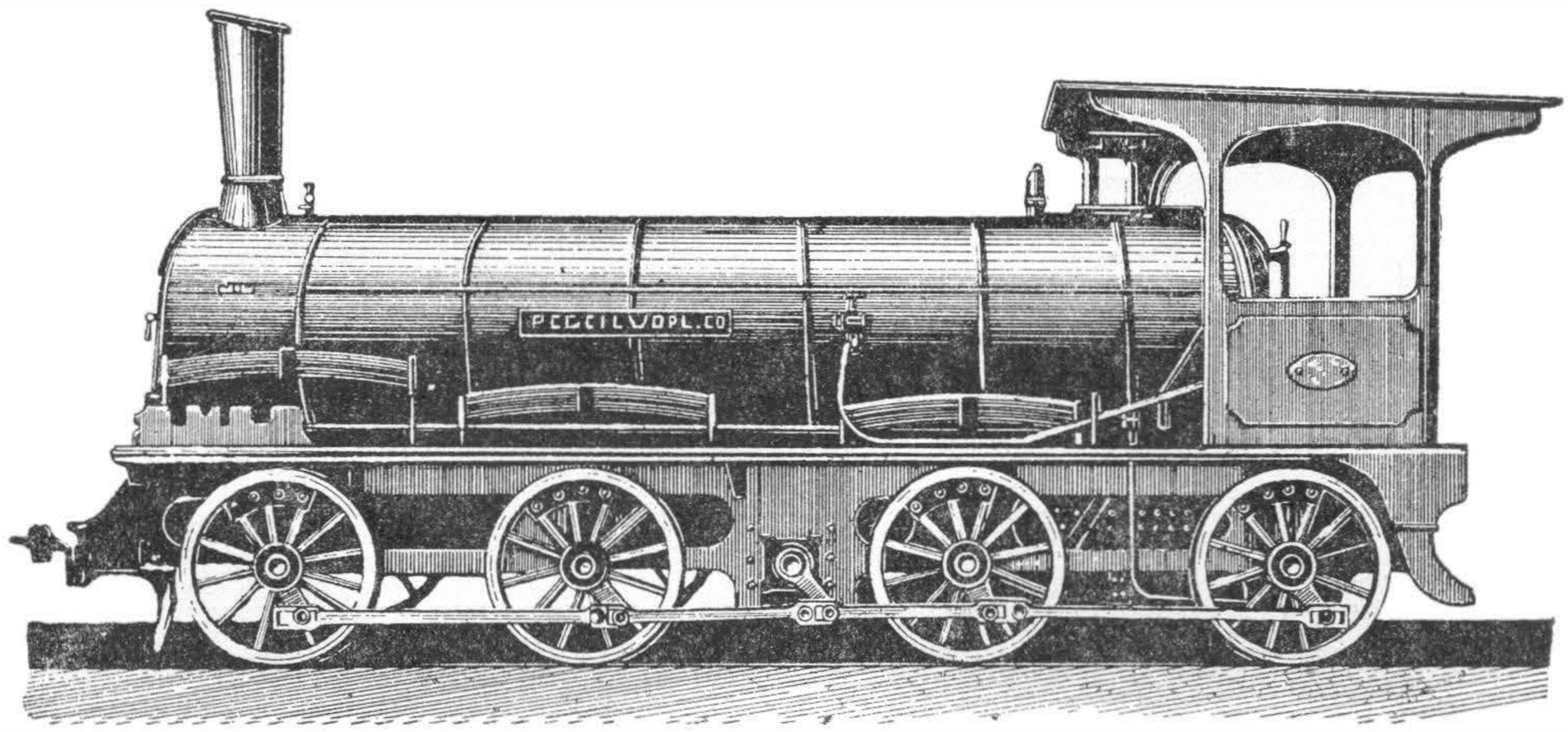
4. В 1893 г. на заводе Hawthorn, Leslie and C⁰ в Ньюкэстле был построен по проекту Уинби (Winby) паровоз 2—2—0, названный «James Tolman» (фиг. 207 и 208). Цель — создание пассажирского паровоза, который вел бы тяжелые поедза с наибольшей скоростью, допускаемой устройством пути, для чего необходимо было увеличить площадь колосниковой решетки, придав ей длину 2 540 *мм*. Так как в Англии употребляли глубокие топки, то пришлось значительно расставить спаренные оси, и во избежание применения очень длинного спарника движение этих осей сделано независимым: два внутренних цилиндра с кулиссой Стефенсона приводили в движение переднюю коленчатую ось, два внешних с кулиссой Джоя при помощи очень длинного штока и отнесенных далеко назад параллелей и крейцкопфа — заднюю.



Фиг. 208

Котел сделан овальным с поперечными связями, причем передняя решетка вдается в дымовую коробку, а цилиндрическая часть— во внутрь топки над колосниковой решеткой.

5. Неоднократно строили паровозы при внутренних цилиндрах с промежуточным, или так называемым «отбойным» валом (фиг. 209)



Фиг. 209

заводы Шарп, Стюарт и К⁰ (Sharp, Stewart & C⁰) для Индийских ж. д. (1865 г.). Его особенность, кроме того, — рессоры с листами одинаковой длины и толщины, но треугольной формы по длине для равенства сопротивления.

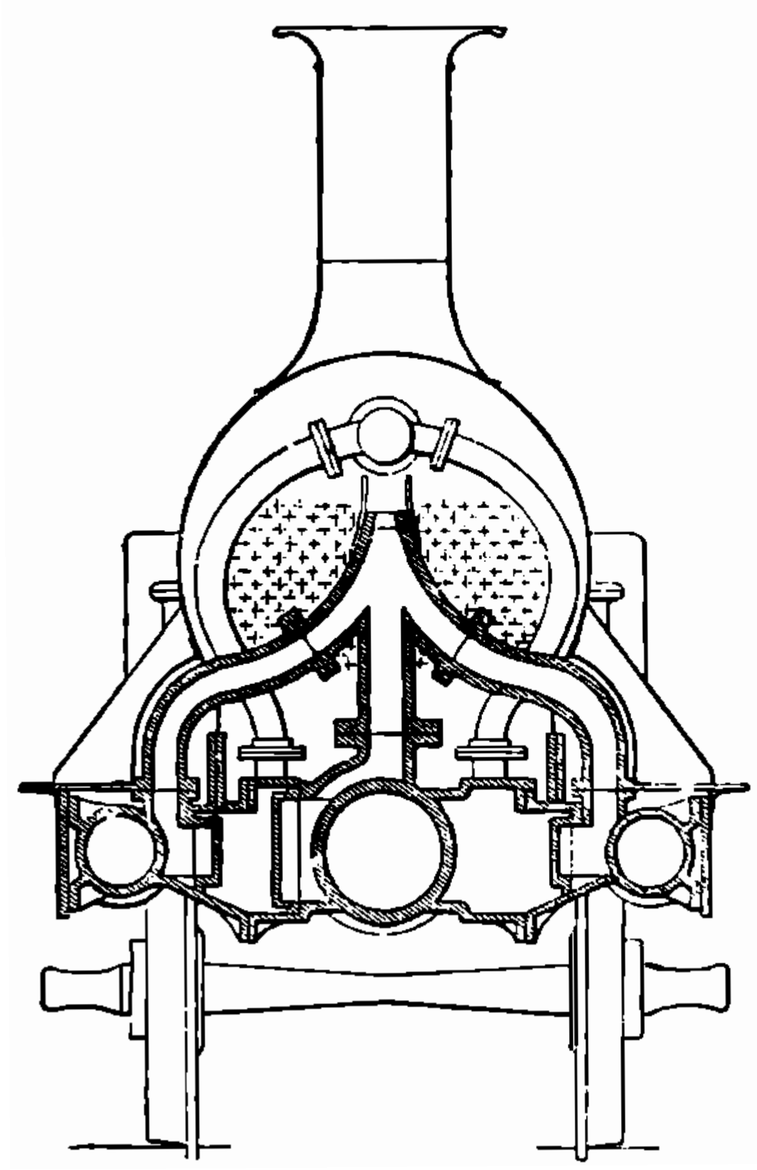
Отбойный вал в паровозах распространения не получил, так как это устройство значительно усложняло конструкцию паровозов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 20. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПАРОВОЗА И ПУТИ. УРАВНОВЕШИВАНИЕ ПАРОВОЗОВ. ВПИСЫВАНИЕ В КРИВЫЕ

Вопрос о взаимодействии паровозов и пути и различии статического и динамического действия на путь был известен еще Стефенсону; первоначальное освещение этого вопроса было дано в первом учебнике по паровозам графа де Памбура (Compte de Pambour — «Traitè thèorique et practique des machines locomotives», 1835 г.), окончательное выяснение происходящих здесь явлений было дано только в последнее время благодаря трудам целого ряда ученых, начиная с Сен-Венана, Марье, Надаля и многих других. Но практически применялся ряд мер с самого начала паровозостроения, из которых укажем на меры, применяемые для уравновешивания паровоза и облегчения вписывания в кривые.

Борьба с горизонтальными силами инерции от частей паровоза, имеющих прямолинейно-возвратное движение вместе с поршнем, и вертикальными — от частей, вращающихся эксцентрично (шатуны, спарники, кривошипы), началась еще со времени Стефенсона, который начал ставить легкие противовесы, рассчитанные на уравновешивание вертикальных сил инерции, причем горизонтальные неуравновешенные силы давали значительное виляние и подергивание.



Фиг. 210

В 1837 г. Роджерс на паровозе 2—1—0 поставил противовесы, повидимому, впервые в истории паровоза.

В 1846 г. Крамптон поставил на паровозах Северной Французской ж. д. противовесы своей конструкции, рассчитанные на полное уравновешение горизонтальных сил, но при скоростях в 67 *км/час* получались полная разгрузка колес и сход паровозов с рельсов.

После опытов Ноллау (Nollay) в 1848 г. это явление было вполне объяснено, и с тех пор уравновешивают около 20—50% горизонтальных сил, распределяя добавочные противовесы между всеми спаренными осями.

Вместе с тем появилась идея борьбы с силами инерции путем применения многоцилиндровых машин.

Первый трехцилиндровый паровоз с кривошипами под углом 120° был спроектирован еще Стефенсоном в 1846 г., но был найден сложным и осуществления не получил (фиг. 210).

Спроектированный Дэву (Willam Daves) в 1848 г. четырехцилиндровый паровоз по той же причине не был осуществлен.

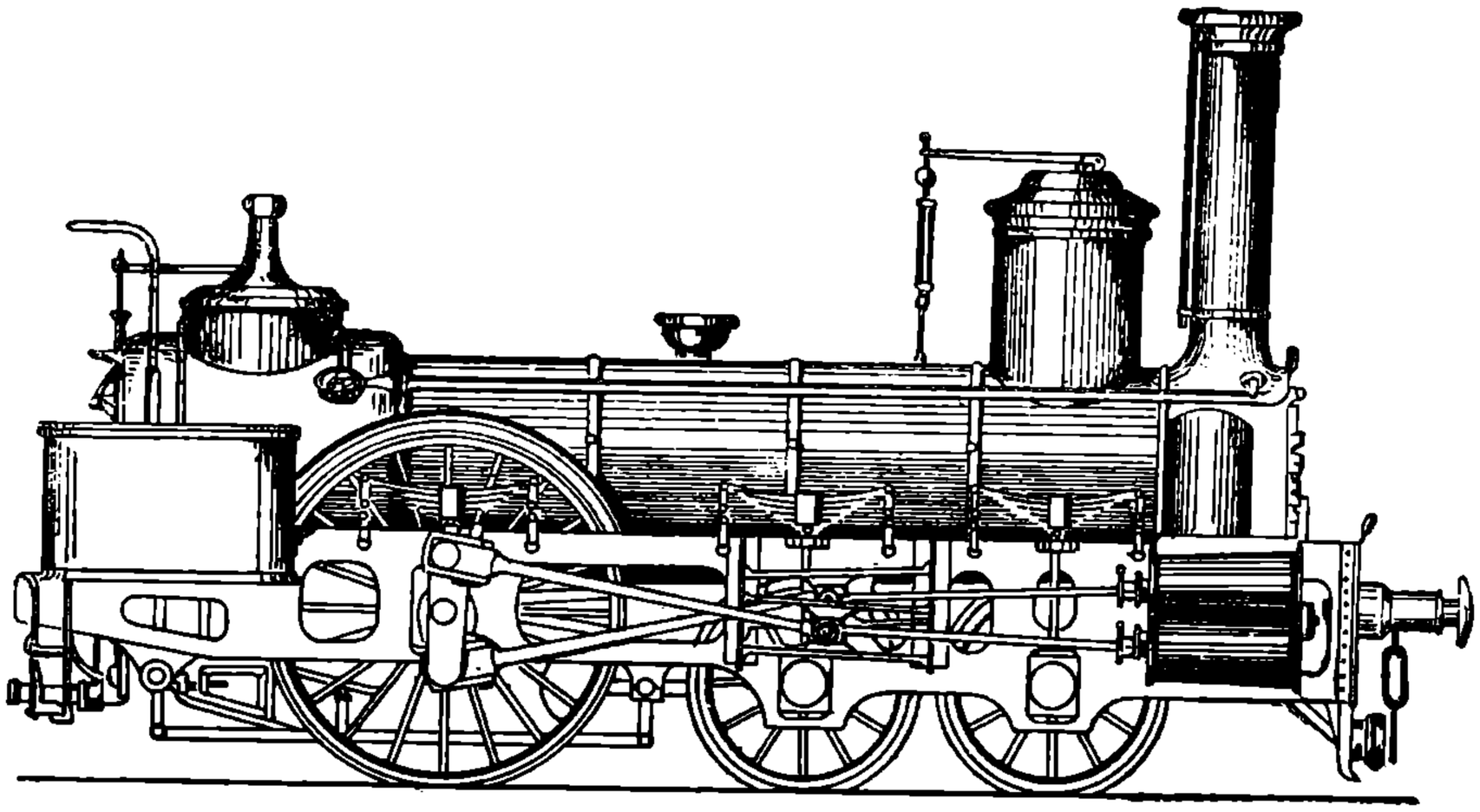
Четырехцилиндровый «уравновешенный» паровоз, названный «Duplex», впервые был построен Гасвелем (Haswell) в 1861 г. для австрийских государственных ж. д. (фиг. 211). Его шатуны действовали на кривошипы, насаженные под углом 180° Паровоз имел весьма спокойный ход при скоростях 112 *км/час*. Фигурировал на выставке в 1862 г. Наличие контркривошипа препятствовало его распространению.

НВ УДИМТ (ДИТ)

Дальнейшее развитие четырехцилиндровых паровозов наступило значительно позднее (§ 35), и они получили большое распространение в некоторых странах в настоящее время.

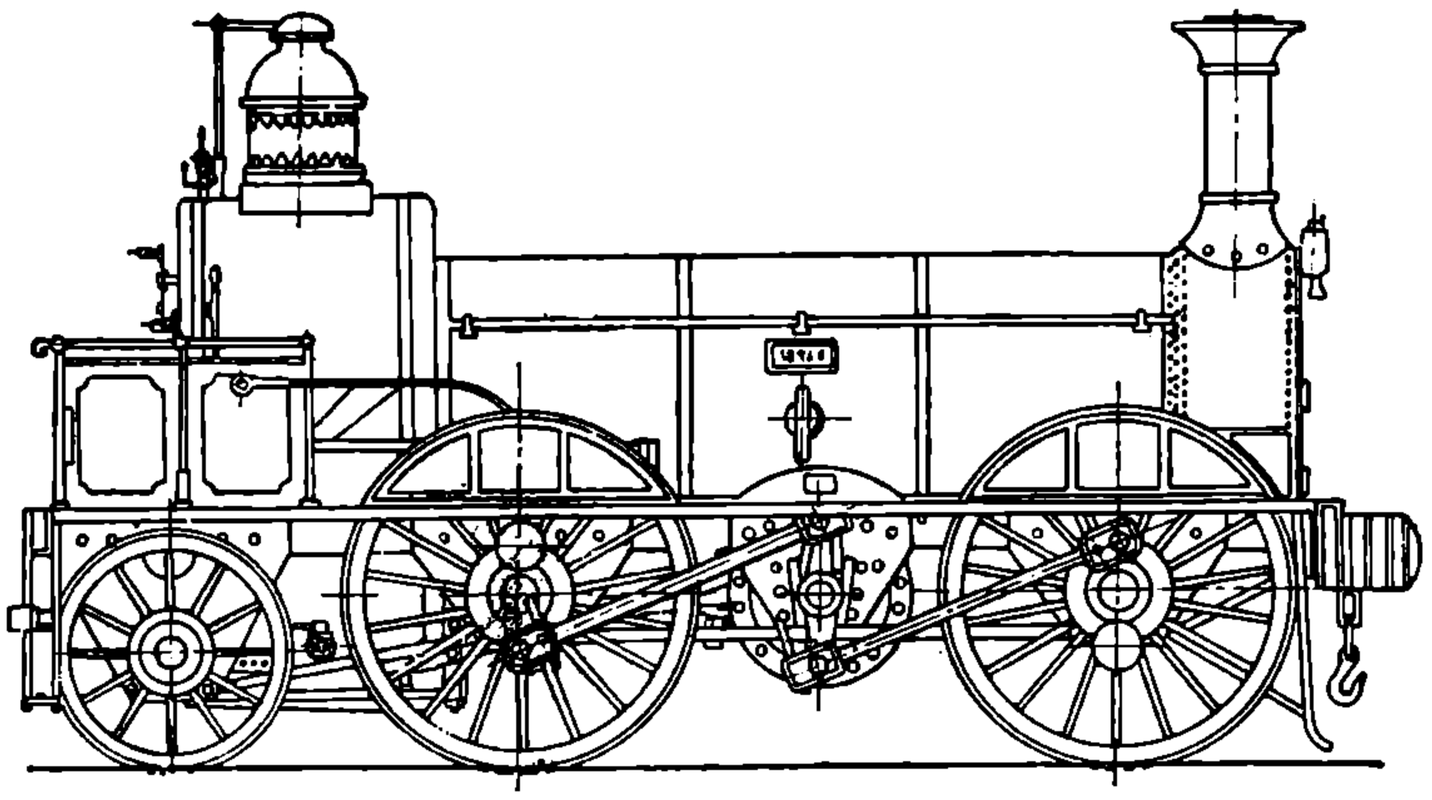
Из других методов борьбы с силами инерции укажем на:

1. Применение промежуточного вала, при наличии которого шатуны и спарники двигаются в противоположные стороны. Эта идея



Фиг. 211

была осуществлена Крамптоном в 1847 г. (фиг. 212) и неоднократно осуществлялась позже, например заводом Краусса к паровозу 0—2—1 пригородного движения баварских ж. д. (выставка в Нюренберге в 1906 г.). Из-за неудобства установки промежуточного вала этот способ теперь оставлен.



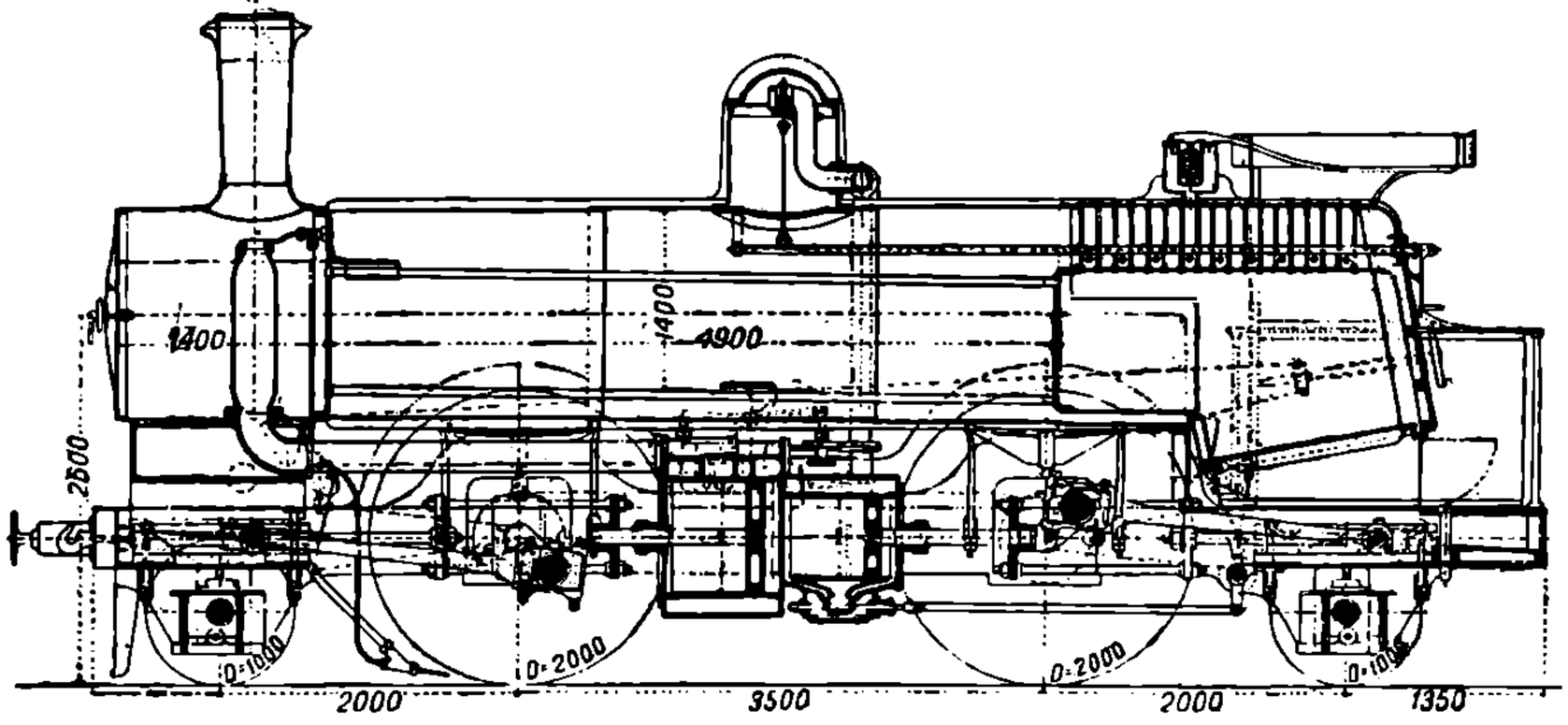
Фиг. 212

2. Снабжение паровозов двойными поршнями, двигающимися в противоположные стороны, например по системе Бодмера, но все эти способы являются сложными и не находят применения. Последний раз двойные поршни Бодмера были применены для узкоколейных паровозов 0—2—0 баварских ж. д. (выставка в Нюренберге в 1906 г.).

НВ УДУНТ (ДИТ)

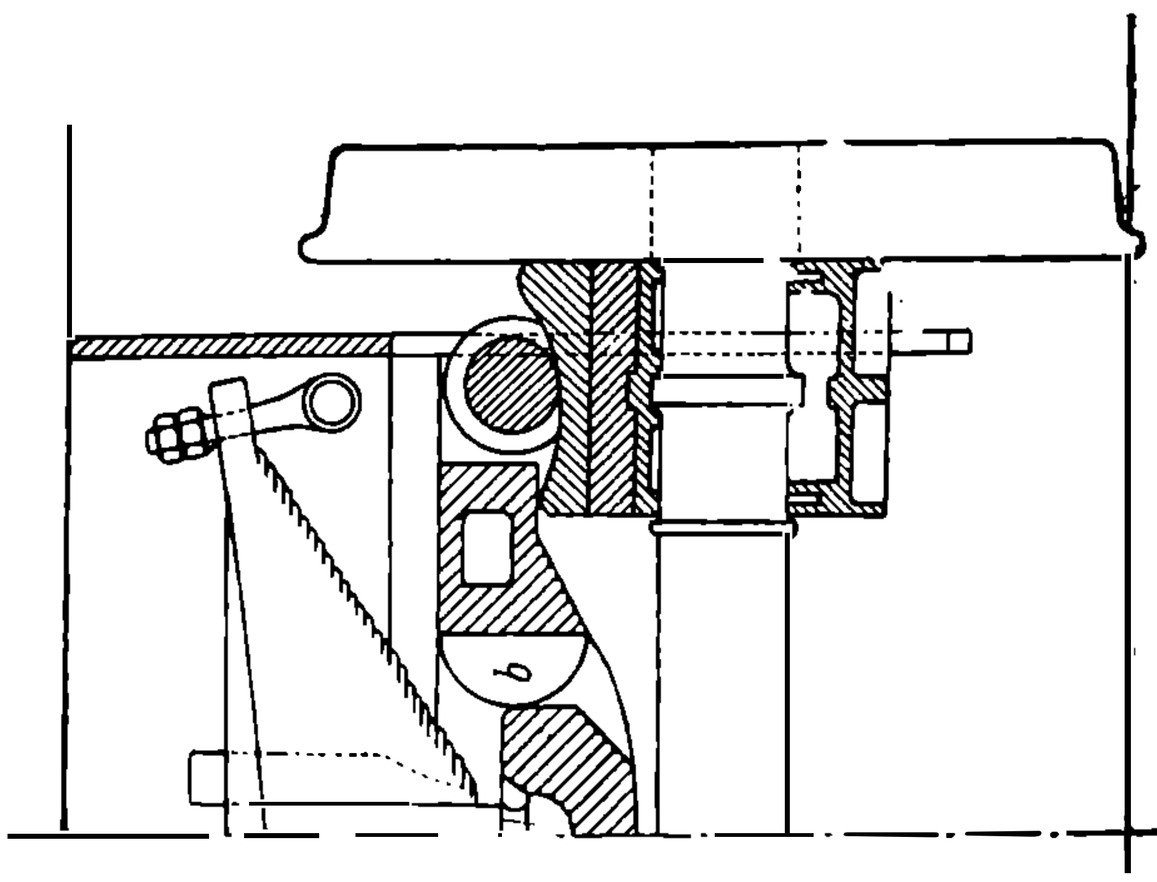
Интересен проект двухцилиндрового паровоза-компаунд системы Маллета и Брюннера (1889 г.), в котором оба цилиндра расположены по оси паровоза и поршни приводят в движение разные оси, соединенные спарниками (фиг. 213).

Однако единственные способы, употребляющиеся в настоящее время для уравновешивания, — это применение трех- или четырехцилиндровых паровозов и обыкновенных противовесов.



Фиг. 213

На паровозе Краусса 2—2—1, бывшим на выставке в Париже в 1900 г., было такое приспособление для уравновешивания: чугунная масса, двигающаяся в параллелях, расположенных сзади второй спаренной оси, приводилась в движение специальным дышлом, видным на фиг. 249, т. е. она двигалась в направлении, противоположном движению поршня с крейцкопфом.



Фиг. 214

Что касается конструкции частей паровозов, облегчающих вписывание в кривые, то по времени первыми появились двухосные тележки.

Первый патент на двухосную тележку взял Джервис (M. Jervis) в 1831 г., и в 1832 г. она была применена к паровозам Винансом на ж. д. Baltimore — Susquehanna. В 1834 г. Джервис сконструировал для Америки паровоз с тележкой.

Первый паровоз типа 2—2—0, который можно рассматривать как классический оригинал для Америки, был сконструирован Истуйком и Гаррисоном (Eastwich и Harrison) в Филадельфии в 1837 г.

НБ УДИНТ (ДИТ)

В Англии тележка была применена в 1850 г. Гуком и Пирсоном (Pearson) к танк-паровозам Большой Восточной ж. д., но в очень ограниченном числе.

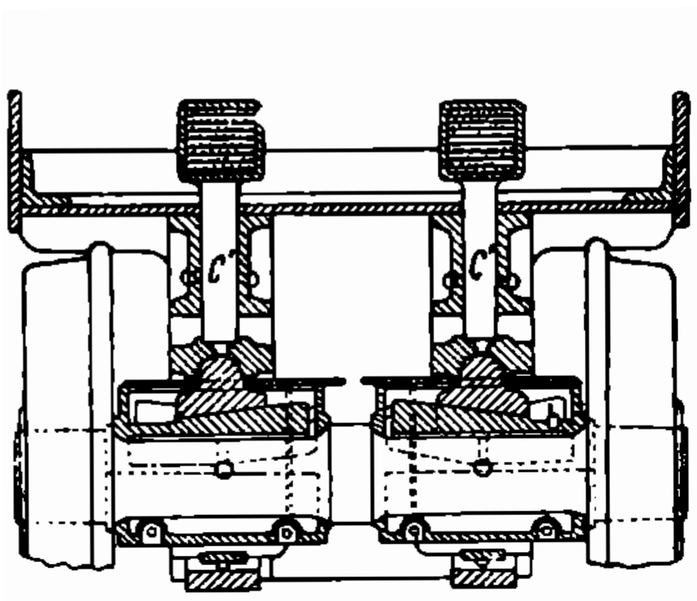
Начали широко применять тележки для курьерских паровозов только с 1870 г., да и то встречались линии, которые от них воздерживались даже до 90-х годов.

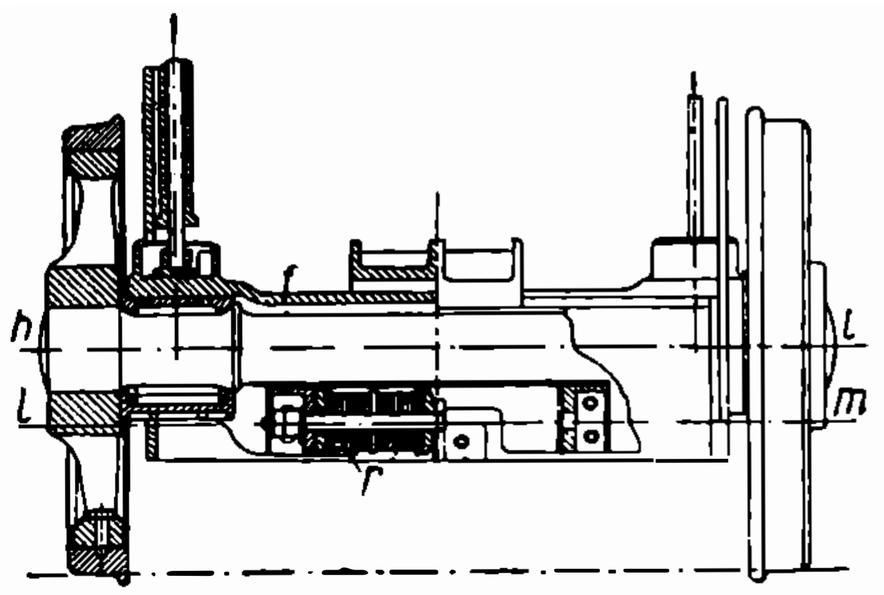
На континенте тележка была сконструирована Мейером в 1848 г. для германских и шведских ж. д.

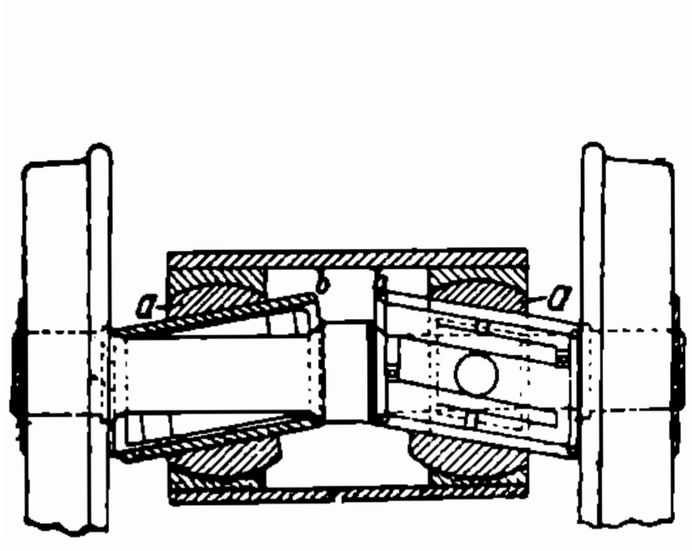
Во Франции впервые тележка была применена в 1878 г. на Северной и Западной ж. д. Затем тележки стали быстро распространяться во всех странах, причем в настоящее время их применяют для товарных паровозов большой скорости.

Одноосные тележки появились значительно позже — изобретены в 1857 г. американским инж. Бисселем (Bissel) и позднее Адамсом (1863 г.), Брауном и др.

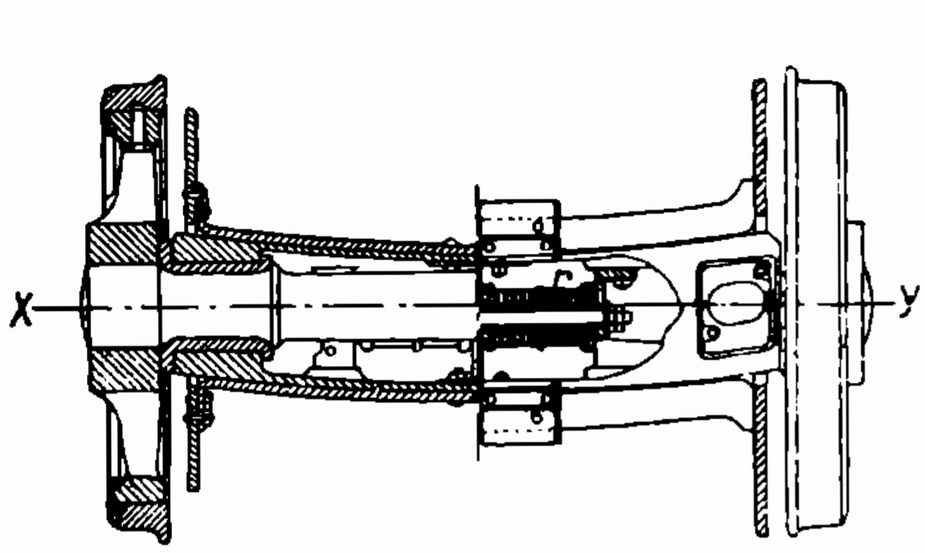
Особо стоят радиальные оси, ряд конструкций которых







Фиг. 215



Фиг. 216

также был предложен. Наиболее старинная — Шварцкопфа (фиг. 214) с поперечной рессорой, балансиром *b* и роликом.

В 1877 г. изобретена радиальная ось Виндмарк (Windmark) (фиг. 215) с клиновыми опорными поверхностями.

В Англии получили широкое распространение радиальные оси Вебба (Webb) в первоначальной конструкции с каучуковыми возвращающимися рессорами — (фиг. 216), которые потом заменялись стальными рессорами или пружинами, и радиальные буксы Адамса.

Во Франции применяли видоизменение описанных осей системы Роя (Roy).

Эти первоначальные конструкции затем подвергались весьма частым изменениям и дали большое число типов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Глава пятая

XX ВЕК. ПЕРИОД 1900—1920 гг. ЭПОХА ИНТЕНСИВНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПАРОВОЗА

§ 21. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В начале XX в. мы видим те же законы эволюции, как и раньше: непрерывное стремление к увеличению пропускной способности железных дорог для удовлетворения запросов жизни государств и, как следствие этого, неуклонное увеличение мощности паровозов путем увеличения их сцепного веса и соответствующих размеров силовой установки (размеров котлов и машин).

Увеличение сцепного веса шло двумя путями:

в Европе — при медленном увеличении нагрузки на оси — главным образом путем увеличения числа спаренных осей,

в Америке — наоборот, стремились увеличить нагрузку на ось, доходящую до 33 *т* и выше. Поэтому при одной и той же мощности американские паровозы ограничиваются значительно меньшим числом осей, нежели европейские.

Но, кроме того, есть некоторые особенности этого периода.

1. Темп жизни настолько высок, что эволюция паровозостроения в настоящее время имеет невиданный раньше размах: построенные типы паровозов быстро становятся маломощными, неспособными справиться с растущими размерами перевозок, и заменяются другими, более мощными.

2. По соображениям экономии приходится высококалорийные виды топлива (нефть, лучшие спекающиеся сорта углей) заменять низкосортным топливом, что влечет за собой значительное увеличение площади колосниковой решетки, часто превышающей теперь 5—6 $м^2$ и доходящей до 10 $м^2$ и выше. Это влечет за собою необходимость применять исключительно широкие топки и задние поддерживающие оси, число которых теперь доходит до двух и даже до трех, и только иногда считают возможным поместить под топку часть спаренных осей, высоко поднимая центр тяжести паровоза.

3. Большое число спаренных осей, т. е. длинная жесткая база, заставило обратить особое внимание на вписывание паровозов в кривые во избежание расшивки пути.

4. Большой переворот внес перегрев пара, резко поднявший коэфициент полезного действия силовой установки. При этом образовались две основные школы:

а) Фон-Боррис (v. Borries), рекомендовавший при перегреве пара сохранить и принцип компаунд, так как при этом экономия топлива повышается на 5—6%. У нас приверженцем этой школы был проф. А. О. Чечотт, и на некоторых паровозах применен перегрев пара при машинах компаунд. Таковы паровозы 1—3—0 Н^{ч}, 0—4—0 Ы^{ч} 0—3—0 + 0—3—0 Н^{ч} [1], из которых некоторые например Ы^{ч}, дали весьма благоприятные экономические результаты.

б) Гарбе (Garbe), рекомендовавший при перегреве ставить машины однократного расширения, так как при этом получаются паровозы более простые, дешевые и удобные при эксплоатации, дающие равномерное развитие действующих сил на обеих сторонах паровоза, более легкое уравновешивание и пр.; выгода же машин компаунд аннулируется большим их ремонтом.

---

[1] Подобные паровозы имеют серию с индексом *ч* в честь проф. А. О. Чечотта.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В настоящее время почти повсеместно восторжествовала школа Гарбе, и машины компаунд ставят только при четырехцилиндровых паровозах, а в некоторых странах, например в Бельгии, даже эти паровозы строятся однократного расширения. Кроме того, в настоящее время все паровозы снабжаются аппаратами для подогрева воды, дающими экономию топлива от 7 до 10%.

5. Подобная же эволюция коснулась не только товарных, но и пассажирских паровозов.

Помимо увеличения размеров пассажирского движения здесь сыграло роль и требование безопасности и комфорта, повлекшее за собой утяжеление вагонов. Резко увеличились требования на спальные места и другие удобства, и потому, например в Германии в 1895 г., вес пассажирского вагона на одно место был равен 0,27 *т*, в 1905 г. — 0,32, в 1914 — уже 0,39 *т*, т. е. вес увеличился на 44%.

Необходимо отметить, что в XIX в. хотя и существовала разница в мощности и весе европейских и американских паровозов, но она была не особенно велика. С начала же XX в. Америка резко опередила Европу, так как к 1900 г. было закончено оборудование всего американского состава автоматическими сцепными приборами. Это обстоятельство произвело полный переворот в области паровозостроения, вследствие того что рухнула преграда к повышению силы тяги, так как автоматическая сцепка допускает силу тяги на крюке до 50—60 *т* и выше, тогда как в СССР обыкновенная сцепка испытывалась на 20 *т*.

С другой стороны, Америка имеет более тяжелого типа рельсы — на магистралях в 72 и даже 100 *кг* с лишним в 1 *пог. м*, допускающие нагрузки на ось от 25 до 35 *т*, тогда как в Германии рельсы в 39, 45 и 49 *кг/м* и там допускается нагрузка на ось не более 20 *т* (хотя могла бы быть 25). У нас же тип I^A весит 43½ *кг/м*, но положен только на линии Ленинград — Москва: на главных же линиях южного направления лежит тип II^A весом 38½ *кг/м*, допускающий нагрузку только в 20 *т*, и при увеличении числа шпал только до 1 900 на километр нагрузка на ось может быть повышена до 23 *т*.

Во всяком случае, Америка имеет в этом отношении колоссальное преимущество, и там встречаются паровозы, развивающие силу тяги до 60 000—70 000 *кг*, немыслимую в Европе, при слабой винтовой стяжке.

6. Отметим еще то обстоятельство, что в начале XX в. получили довольно большое распространение многоцилиндровые машины однократного расширения трех- и особенно четырехцилиндровые. Идея трехцилиндровых паровозов не нова: первый патент на трехцилиндровый паровоз типа 2—1—0 был взят Стефенсоном и Гау в 1846 г. В 1847 г. Робертом Стефенсоном для ж. д. Ньюкэстль — Бервикк по проекту Вебба был построен первый в мире трехцилиндровый паровоз типа 2—1—0. В том же году был построен первый в Америке трехцилиндровый паровоз типа 2—2—0 для ж. д. Филадельфия — Вильмингтон—Делавар. Затем были интересные патенты Андраде (Andrade) в 1875 г., Соваж (Sauvage) 1887 г. и др. Интересная статья по этому поводу Severin «Entwiecklung der Dreizylinder Lokomotiven», Hanomag Nachrichten, 1924 г. № 127.

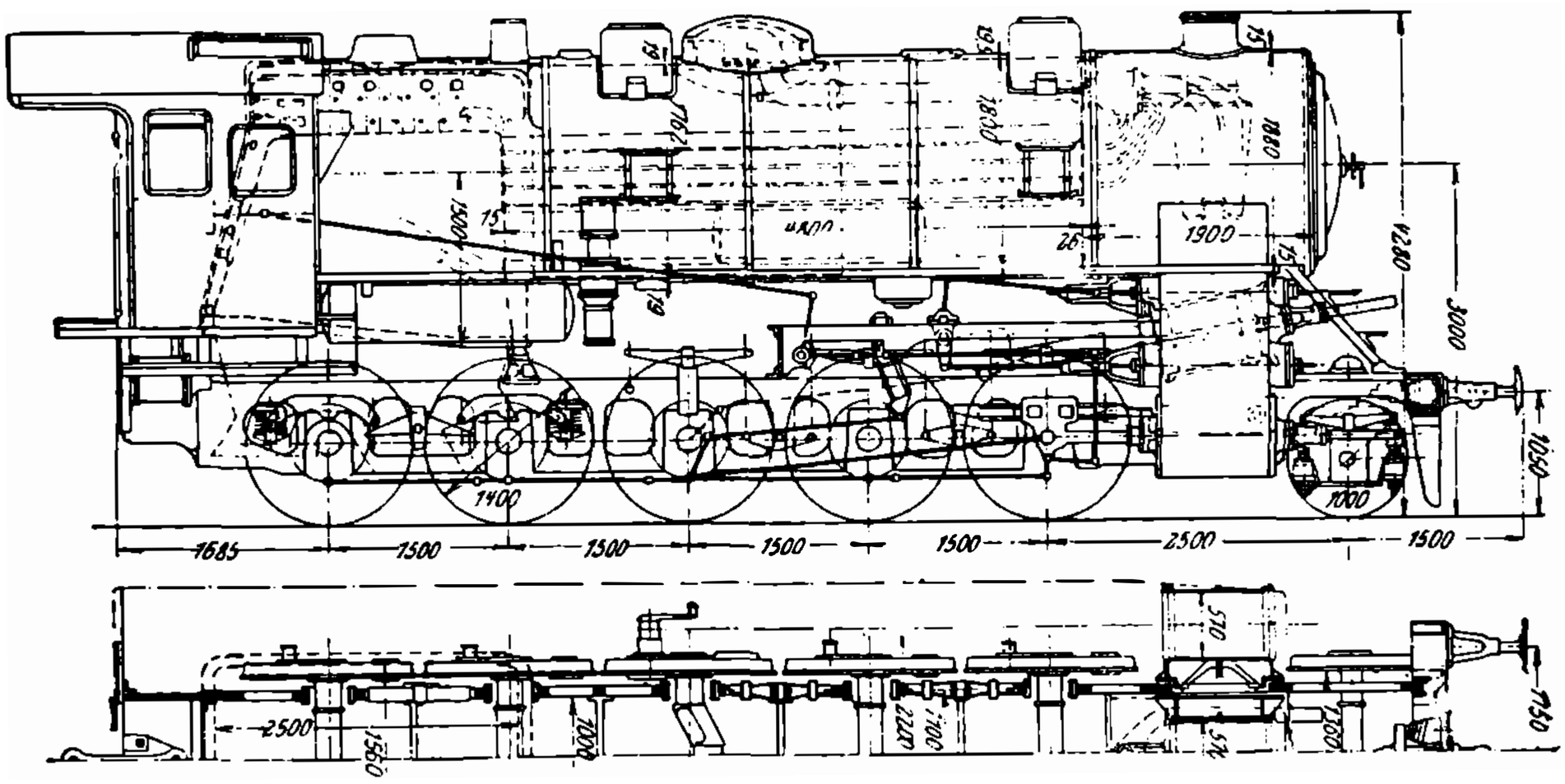
Но все эти первоначальные трехцилиндровые паровозы строились в единственных экземплярах и распространения не получили, так как не вызывались необходимостью и являлись только излишним усложнением конструкции. В настоящее время при значительном увеличении тягового усилия, неравномерности вращающего момента

РГБ УЛУНТ (ДШТ)

двухцилиндровых паровозов, незначительном числе выхлопов пара и потому неравномерной тяге воздуха и большом динамическом действии на путь приходится обращать серьезное внимание на многоцилиндровые паровозы.

Четырехцилиндровые паровозы как однократного расширения, так и компаунд, имеют наилучшее уравновешивание, и поэтому они очень спокойны на ходу при больших скоростях, но имеют тот недостаток, что дороги в постройке и в эксплоатации, вследствие сложности устройства, и кроме того коленчатые оси приходят в негодность для дальнейшей эксплоатации уже после пробега от 100 до 180 тыс. *км*.

Тем не менее четырехцилиндровые паровозы имеют большое распространение во Франции, Бельгии, Голландии, Швейцарии, Германии (преимущественно в Баварии и Вюртемберге), Испании, Болгарии, Дании, Норвегии и Италии.



Фиг. 217

Трехцилиндровые паровозы, имея почти те же преимущества и недостатки, что и четырехцилиндровые, обладают однако тем ценным качеством, что одноколенчатая ось трехцилиндровых паровозов, будучи более простой в изготовлении (чем двухколенчатая ось четырехцилиндровых паровозов), является более надежной и более рентабельной в эксплоатации. Поэтому трехцилиндровые паровозы в период 1900—1928 гг. получили довольно большое распространение в Германии, Швейцарии, Дании, С. Америке и особенно в Англии.

В Германии были даже введены стандартные трехцилиндровые паровозы товарные типа 1—5—0 (фиг. 217) и пассажирские типа 1—4—1.

В США увлечение трехцилиндровыми паровозами было в период 1924—1930 гг., причем ж. д. Унион-Пасифик построила около 60 паровозов типа 2—6—1. Но это были последние трехцилиндровые паровозы в США и теперь все вновь строящиеся паровозы (так же, как и в Германии) исключительно двухцилиндровые. Также были построены в СССР в 1927—1929 гг. около 100 трехцилиндровых паровозов

НБ УДУНТ (ДИТ)

серии 2—4—0 М. В настоящее время постройка трехцилиндровых паровозов прекращена во всем мире, за исключением Англии.

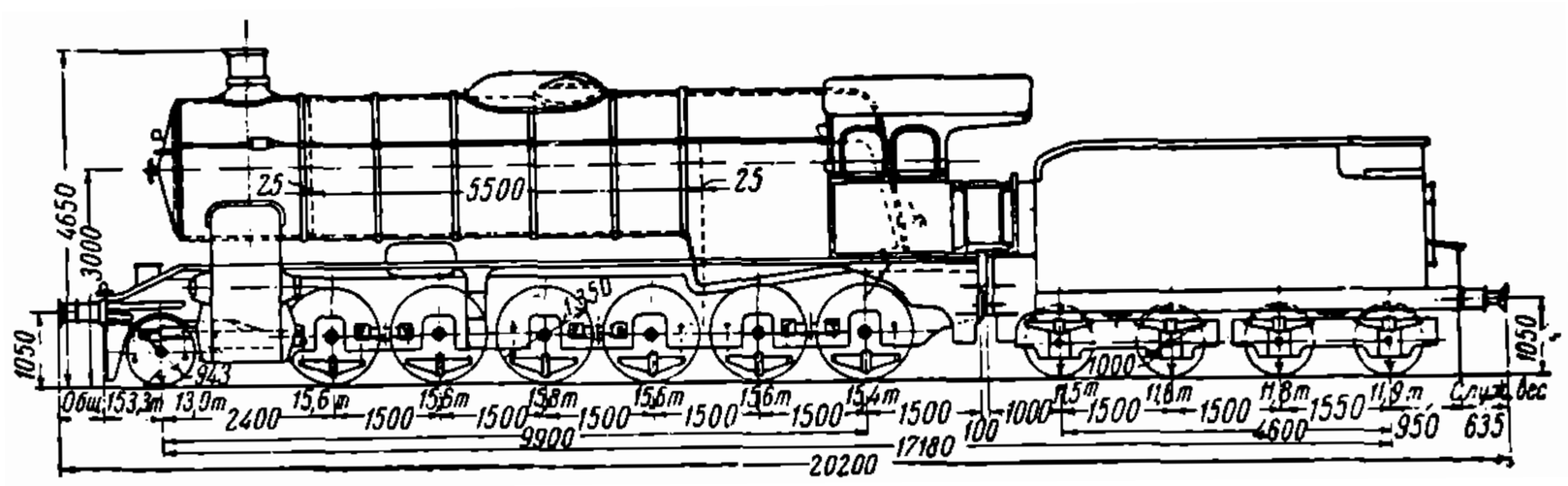
Причины небольшого распространения трехцилиндровых паровозов: большая сложность обслуживания и его неудобства, значительное удорожание эксплоатации, по сравнению с двухцилиндровыми паровозами, постоянное расстройство парораспределения и пр.

§ 22. ТОВАРНЫЕ ПАРОВОЗЫ

Европейские товарные паровозы

Как сказано выше, до 90-х годов XIX в. господствующим типом товарных паровозов был 0—3—0, а в 90-х годах стали быстро распространяться типы 0—4—0 и 1—4—0. В первой четверти XX в. получили распространение типы 1—4—0 и 1—5—0.

В Германии за этот период из товарных паровозов наибольшее распространение получил тип 1—5—0 (фиг. 217) — «Германский Декапод», с давлением на ось 20 *т*, которое в зависимости от пути и мостовых сооружений, а также германской винтовой стяжки считается предельным.



Фиг. 218

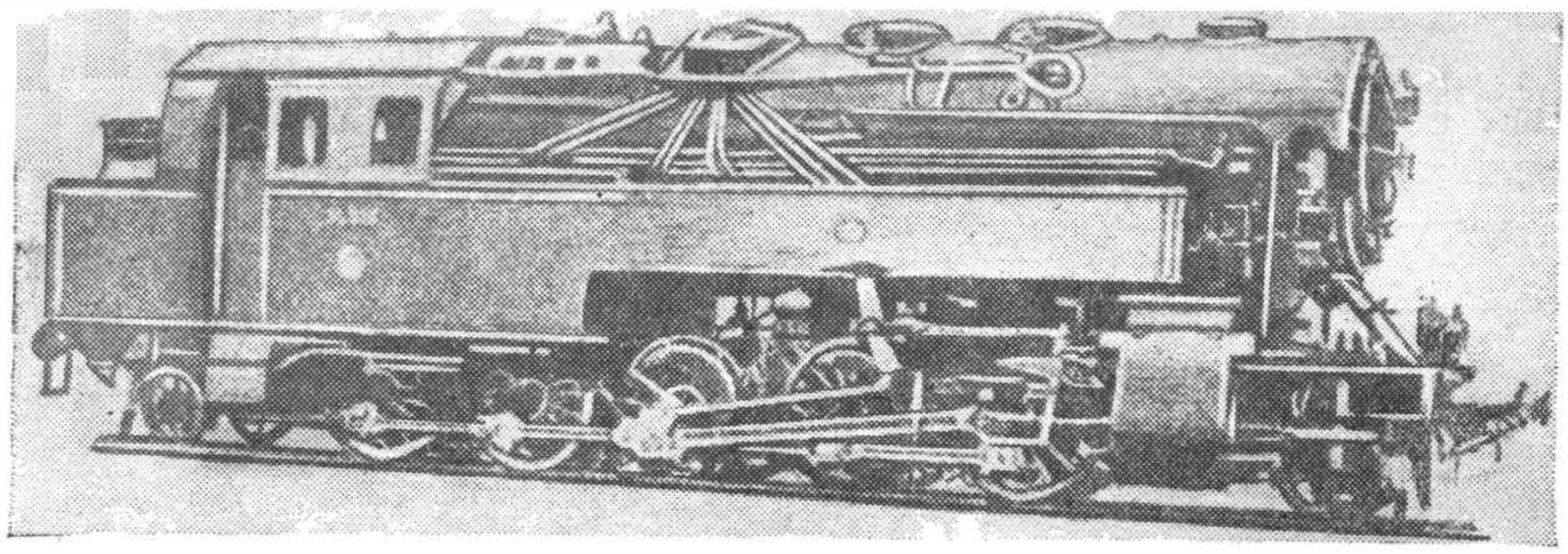
В связи с увеличением мощности паровозов начали распространяться паровозы с числом спаренных осей и более пяти в жесткой раме. Паровозы с шестью спаренными осями начинают находить распространение с 1912 г., когда они впервые появились в Австрии. На фиг. 218 показан паровоз типа 1—6—0 Вюртембергских ж. д. (1918 г.), причем был значительно поднят центр тяжести и под топку подведены две спаренных оси. Большой интерес представляют танк-паровозы типа 1—6—2, построенные в 1931 г. заводом О-ва Цегельский в Познани для Болгарских ж. д. по условию: вес поезда 420 *т*, подъем 0,025 с кривыми радиусом 275 *м;* скорость на подъеме 20 *км/час* при наибольшей конструктивной—65 *км/час*. Уголь бурый (теплотворная способность только 3800—4200 *кал* и золы 30%). Сила тяги на крюке — 26 690 *кг*

В это время поднят был вопрос о расширении сферы действия обыкновенных паровозов. До последнего времени считали предельным для них подъемом 40‰; при подъемах же свыше 40 ‰ употребляли зубчатые рейки. Исключения были очень редки: на ж. д. Мадисон — Индианополис в С. Америке короткие подъемы 58,9‰ длиной 2 *км* с 1862 г. преодолевались танк-паровозами с пятью спаренными осями; ж. д. Ютли — Цюрих с подъемами до 70‰ с самого своего открытия в 1874 г. обходится обыкновенными паровозами, но эта дорога предназначена исключительно для туристов.

НВ УДИНТ (ДИТ)

Зубчатая ж. д. имеет большие недостатки: сложность, дороговизна, большая потеря тяги на трение в зубцах, сотрясения, вызывающие сильный износ паровозов и значительный их ремонт. Поэтому на Гальберштадт-Бланкенбургской ж. д., где имеются подъемы до 60‰ и обслуживание которой было смешанным (до 40‰ обыкновенное, а выше — зубчатое), был поднят вопрос о возможности пользоваться обыкновенными паровозами и на 60‰ подъемах. Завод Борзига в 1920 г. для этого построил танк-паровоз 1—5—1 (фиг. 219) с котлом и машиной огромных размеров и колесами малого диаметра. Сила тяги доходит до 24 000 *кг*. По 60‰ подъему паровоз везет поезд весом 260 *т* со скоростью 12,25 *км/час*. Таким образом задача была разрешена удачно.

В последнее время необходимость увеличить пропускную способность ж. д. заставляет значительно повышать скорость товарных



Фиг. 219

поездов (до 80 *км/час*), что возможно только после введения воздушных тормозов на товарных вагонах, что теперь и делается. Например, в Германии, где автотормоза на товарных вагонах были введены еще в 1916 г., были построены товарные трехцилиндровые паровозы 1—5—0 с колесами диаметром 1400 *мм* для скорости 65 *км/час*.

В 1920 г. при стандартизации германского парка были построены такие же паровозы для скорости 70 *км/час* при давлении пара 14 *ат*, причем сначала ставили 3, а потом 2 цилиндра, прекратив вообще постройку трехцилиндровых паровозов.

Затем на подобных же паровозах путем незначительного уменьшения веса противовесов максимальная скорость была доведена даже до 80 *км/час*.

В 1931—1932 гг. были построены опытные паровозы 1—5—0 с давлением пара 25 *ат*, при котором уже явилась необходимость поставить четыре цилиндра компаунд, что при хорошем их уравновешивании позволило установить и для них скорость 80 *км/час* при том же диаметре колес 1400 *мм*. Давление на ось было при этом доведено до 20,2 *т*. 1-й и 3-й типы паровозов строились заводом Геншеля в Касселе и 2-й заводом Шварцкопфа.

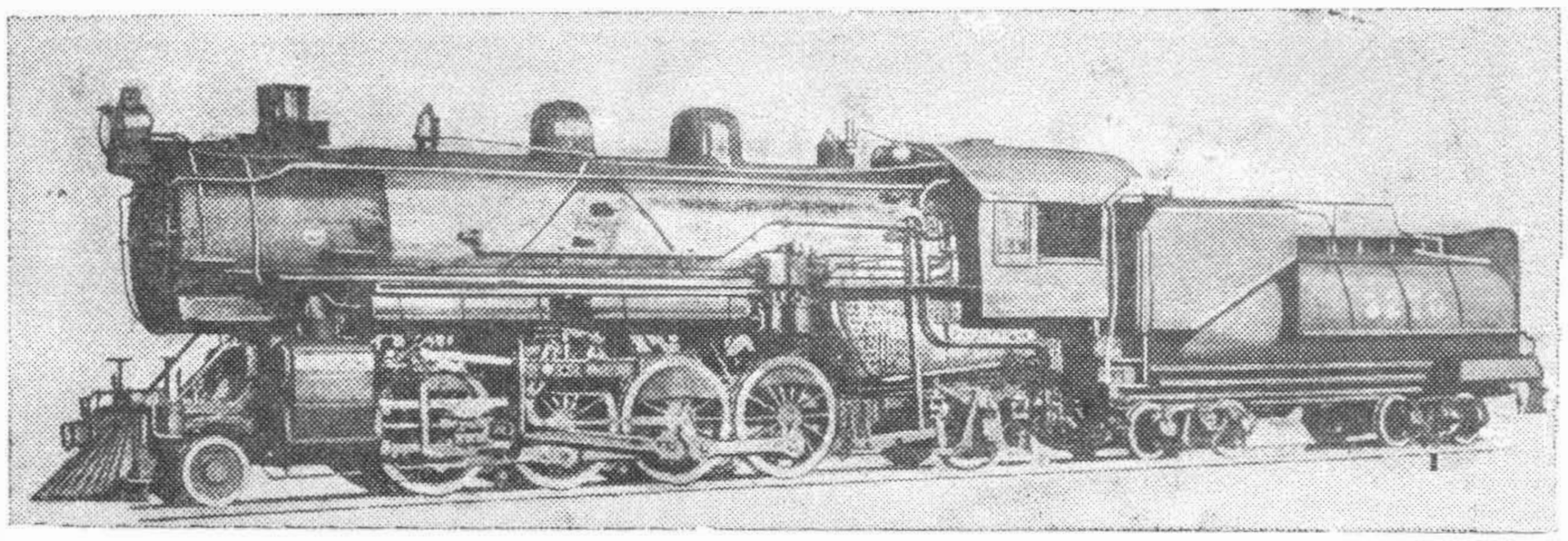
Американские товарные паровозы

Паровозный парк США вообще резко отличается от европейского. Быстрые темпы развития США и обилие металла позволило усилить верхнее строение пути до высшего современного предела,

НБ УДУНТ (ДИТ)

что дало возможность повысить давление на ось до 35 *т*, подавляющее же число современных паровозов имеют давление 27 *т*. Этим объясняется наличие в товарном паровозном парке США большого числа паровозов с четырьмя спаренными осями.

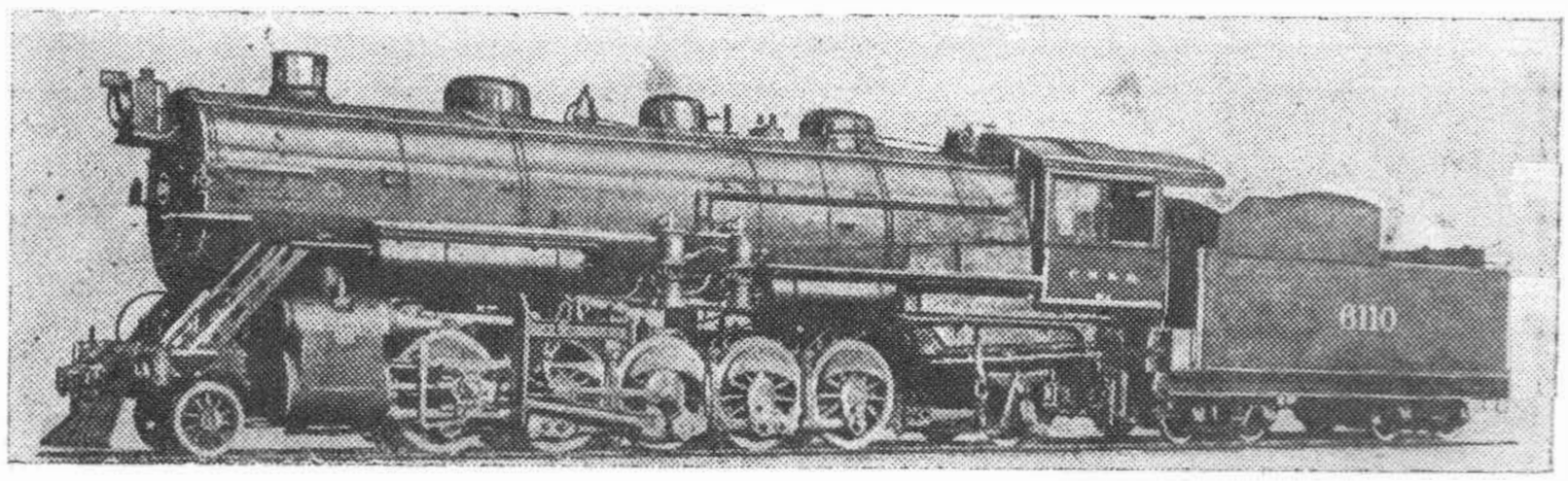
Паровозы последних построек с пятью спаренными осями имеют давление на ось около 31 *т* и имеют силу тяги на ободе около 40 000 *кг*, паровозы же Маллета типа 1—4—0+0—4—2 имеют при нагрузке на ось 31,4 *т* силу тяги на ободе около 50 000 *кг*. Подобный



Фиг. 220

мощный состав, возможный только при наличии автосцепки и при надлежащем пути, позволяет возить поезда нормального веса 3 000—4 000 *т* со скоростью 75 *км/час*, на некоторых же линиях поднять вес поездов даже до 14 000 *т*.

Товарные паровозы имеют в большинстве случаев диаметр колес не ниже 1 600 *мм*, почему их конструктивная скорость выше европейских.



Фиг. 221

Принцип компаунд отвергнут окончательно и все новые паровозы строятся исключительно однократного расширения.

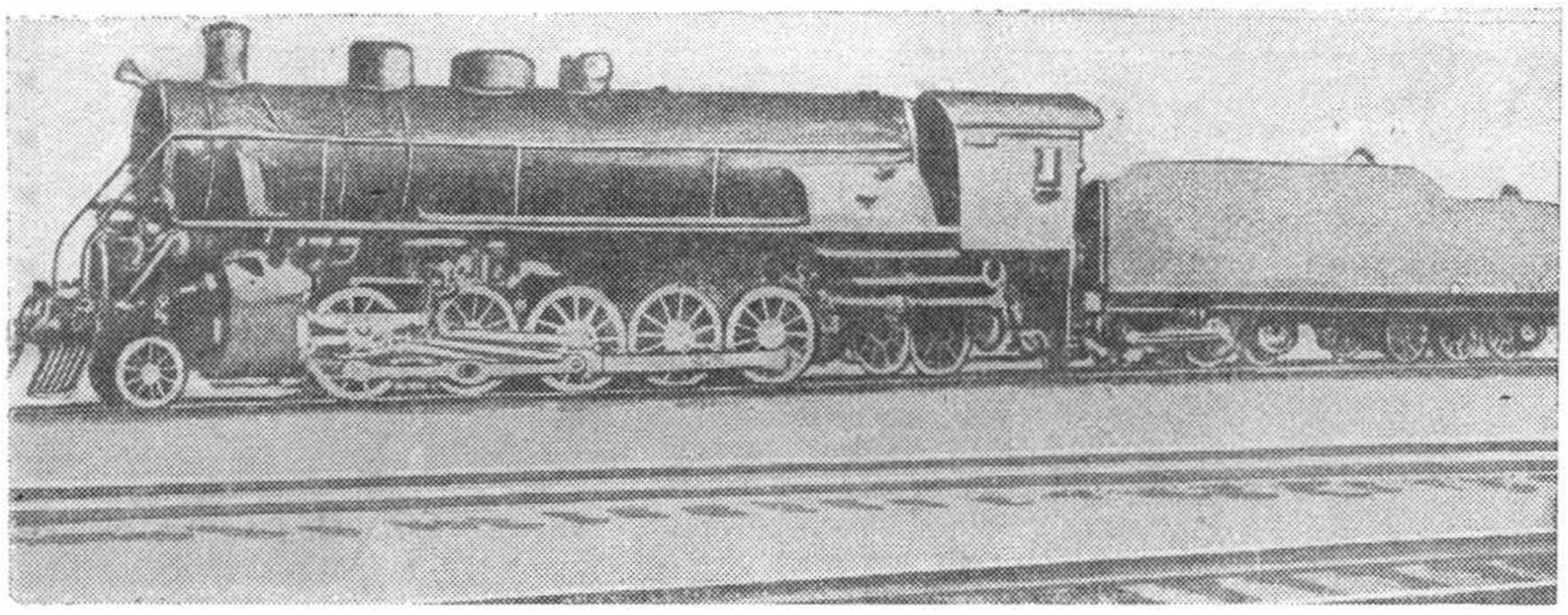
Ранше чем в других странах мира, в США начали быстро повышать скорость товарных поездов, доведя ее до 75—80 *км/час*, что заставило увеличивать размеры котла и колосниковой решетки товарных паровозов и потому снабжать их впереди бегунком или даже тележкой, сзади, под топкою, одною, двумя и даже иногда тремя поддерживающими осями, что придало американским товарным паровозам особый внешний вид.

До 1925 г. был наиболее распространен тип 1—4—1, впервые построенный в 1897 г. заводом Балдвина по заказу японских ж. д. и поэтому получивший название «Микадо» (фиг. 220).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Этот тип имеет все преимущества типа 1—4—0; лишняя же поддерживающая ось под топкой позволяет делать ее более глубокой, почему можно сжигать топливо более низкого качества. Большая паропроизводительность этого типа делает его одинаково пригодным как для тяжелых, так и для ускоренных товарных поездов.

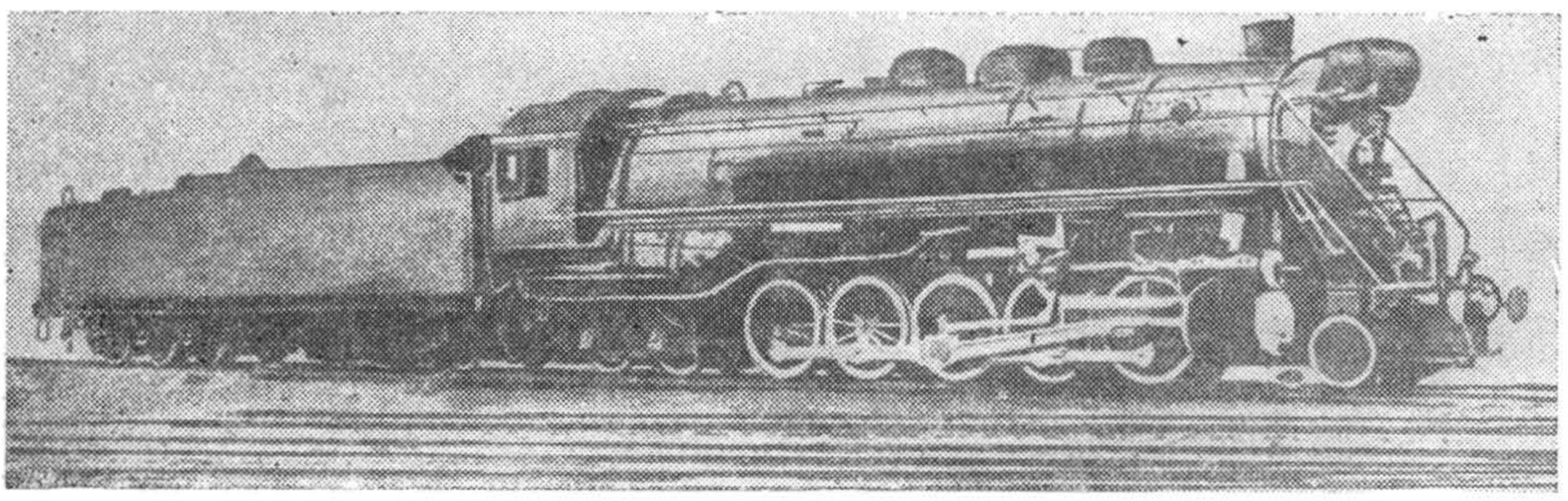
В дальнейшем этот тип эволюционировал в тип 1—4—2, впервые построенный в 1925 г. по заказу Бостон-Албанской ж. д. и позволяю-



Фиг. 222

щий снабжать его еще большими котлами с колосниковыми решетками больших площадей (до 9,3 *м²*).

Затем на дорогах С. Америки получил также распространение и тип 1—5—1, названный по имени дороги, на которой он был впервые введен, — типом «Санта-Фе». Современный вид его показан на фиг. 221 завода Балдвина для ж. д. Бурлингтон — Квинси и завода Балдвина 1931 г. — для СССР, серия $Т^{Б}$ (фиг. 222).



Фиг. 223

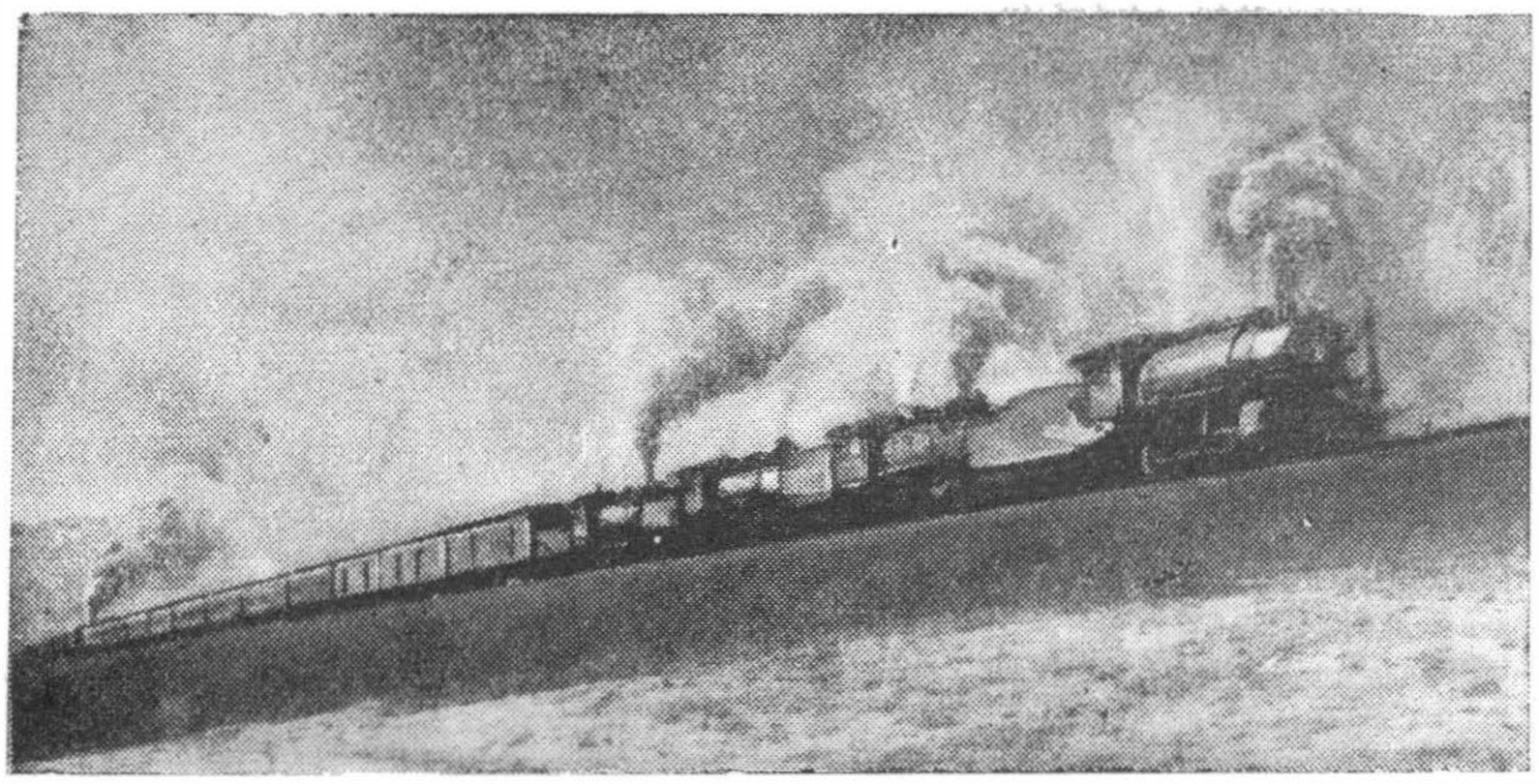
Дальнейшая эволюция заключалась в помещении под топкой двухосной тележки для увеличения ее площади — тип 1—5—2. Впервые подобные паровозы были построены в 1925 г. для ж. д. Тексас, почему и получили название «тип Тексас». На фиг. 223 показан современный паровоз типа 1—5—2 серии Т постройки завода АЛКО 1931 г. в Скенектеди (США) для СССР.

На некоторых ж. д., например Пенсильванской и Филадельфия—Ридинг, обладающих очень сильным верхним строением, позволяющим доводить давление на рельсы от оси до 32 *т* (на этих

НВ УДУНТ (ДІІТ)

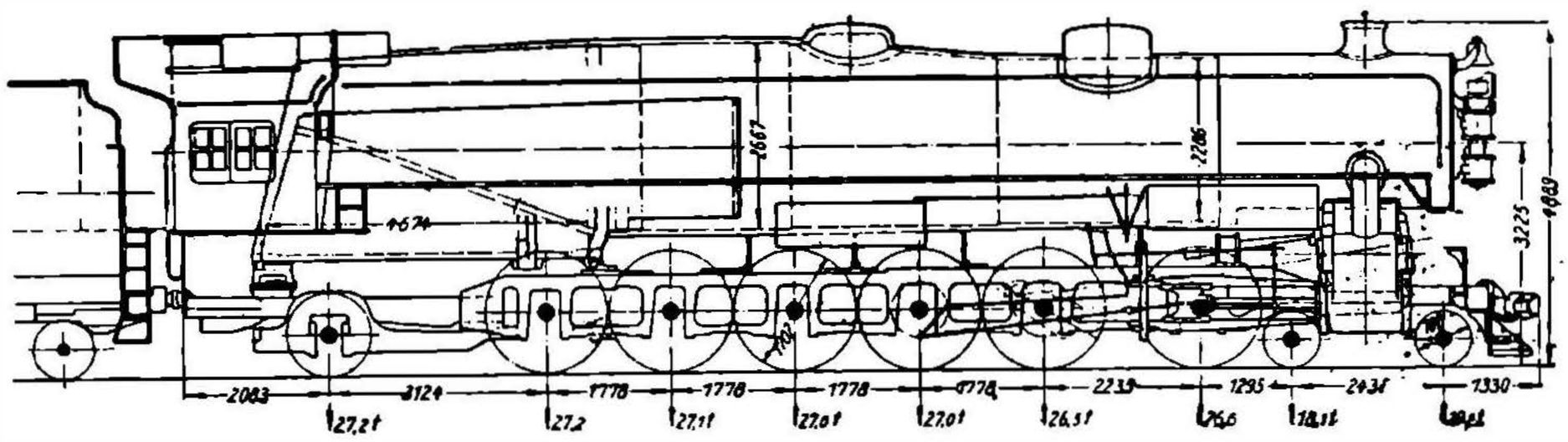
дорогах большое движение дешевых грузов — угля и руды, перевозимых малой скоростью), в интересах упрощения конструкции вернулись к типам 1—5—0 и 1—4—0, но на других дорогах они пока распространения не получили.

Особенностью американских дорог является уплотнение подъемов, т. е. сосредоточение их на одном месте на коротком



Фиг. 224

расстоянии, где они в несколько раз превышают крутизну нормальных подъемов. В таких местах обыкновенно поезда идут двойной, тройной или четверной тягой с толкачами (фиг. 224). Ввиду крайней невыгодности такого приема тяги — уплотненные подъемы стали обслуживать паровозами Маллета с восемью и десятью спаренными осями и даже триплексами (§ 17), но последний тип распространения не получил из-за исключительной сложности.



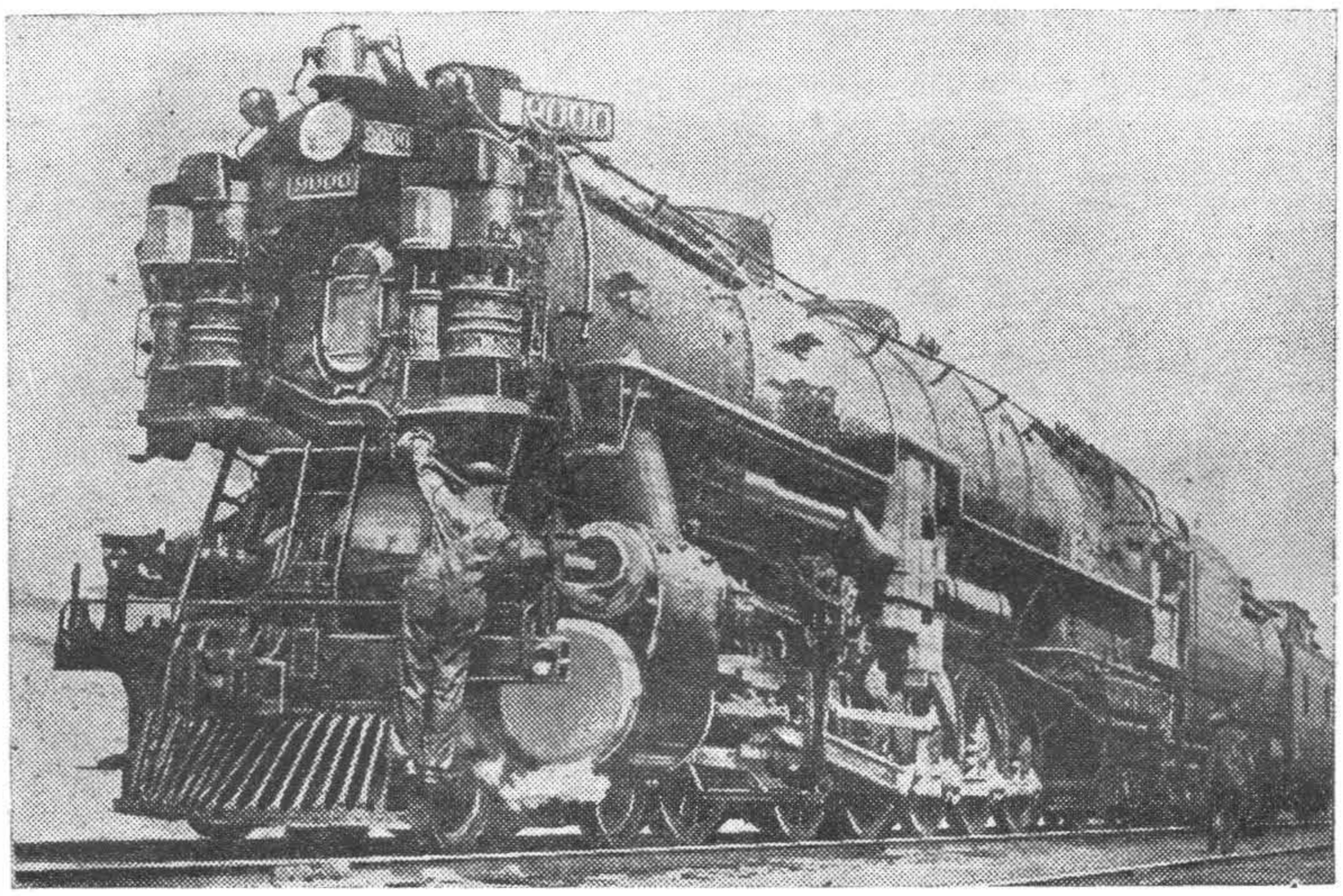
Фиг. 225

Ввиду этого возникла мысль сконструировать жесткий паровоз, который мог бы заменить сочлененные паровозы Малетта, так как последний, помимо своей сложности, не допускает по конструкции развития больших скоростей (выше 50—55 *км/час*). Поэтому в 1926 г. для Тихоокеанской ж. д. (Union Pacific) был построен на заводах Американской паровозостроительной Компании (сокращенно АЛКО) трехцилиндровый паровоз 2—6—1 (фиг. 225) с колесами диаметром 1700 *мм*, давлением пара 16 *ат*, испаряющей поверхностью 534,4 м² и перегревателем — 237 м² и площадью колосниковой решетки 10 м².

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Сила тяги — 43 810 *кг*. Число *л*. с. — 4750 (при 48-процентной отсечке). Его внешний вид дан на фиг. 226.

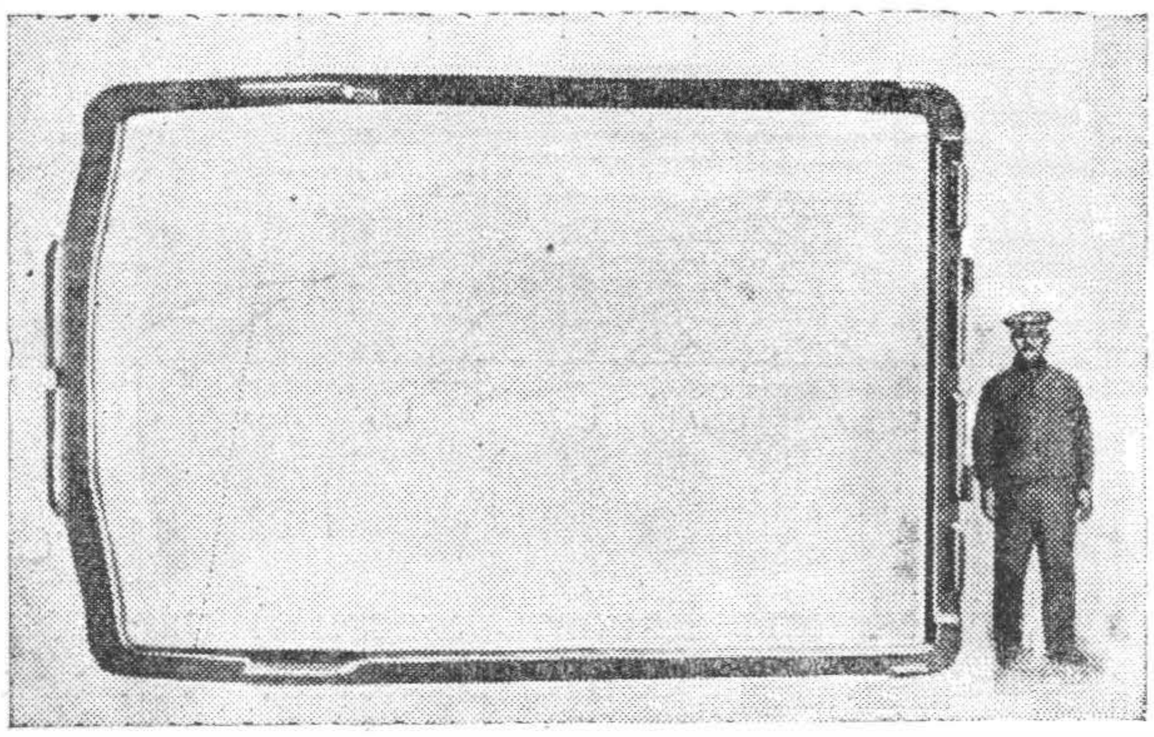
Несмотря на отдаваемое предпочтение двухцилиндровым паровозам, на паровозах 2—6—1 поставлена трехцилиндровая машина,



Фиг. 226

так как при двух цилиндрах они получают размеры, не дающие возможности вписаться в габарит. Тихоокеанская ж. д. считает эти паровозы весьма экономичными по расходу на ремонт и она в настоящее время их имеет около 60 шт.

Необходимо отметить, что на заводе Коммон-Уэлтс для этих паровозов была отлита стальная рама за одно целое с тремя цилиндрами, всеми скреплениями и воздушными резервуарами для автоматического тормоза. Монолитность подобной рамы обеспечивает точность работы и устраняет возможность расшатывания отдельных частей.



Фиг. 227

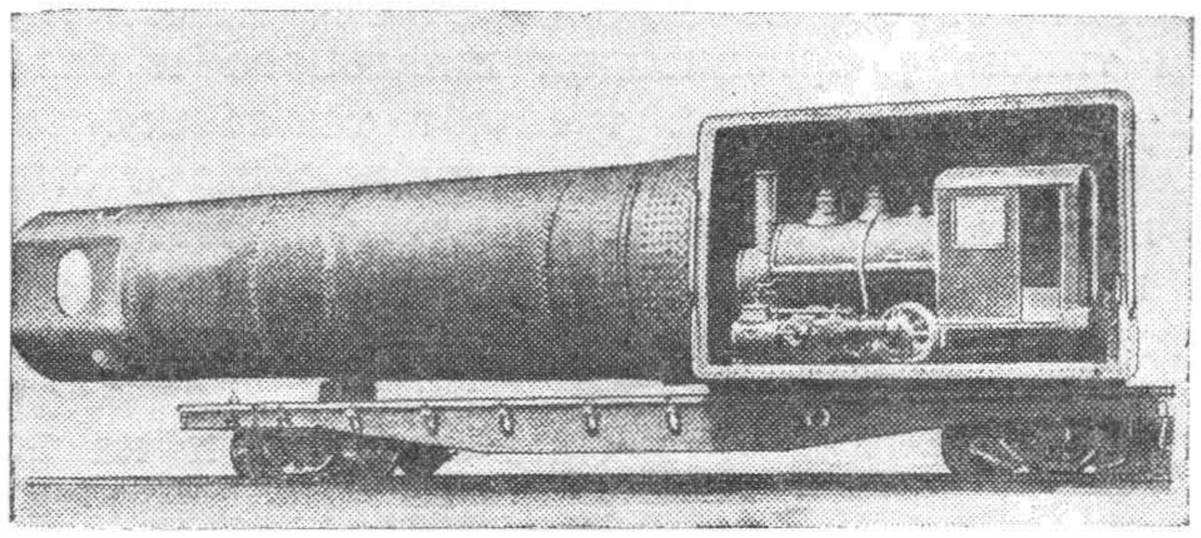
Американские паровозы имеют огромные колосниковые решетки, достигающие 10—12 $м^2$ и более. О величине их дают наглядное представление фиг. 227, 228 и 229.

Такие большие решетки уже нельзя обслуживать вручную. Поэтому в настоящее время паровозы с силою тяги свыше 20 000 *кг* и площадью колосниковой решетки выше 6,5 $м^2$ снабжаются прибо-

РБ УГУНТ (ДИТ)

рами для механического отопления — стокерами; подобные паровозы могли строиться только после изобретения стокеров, которые, вместе с автоматической сцепкой, автотормозами и другими великими изобретениями обусловили гигантский размах американского паровозостроения, занимающего первое место в мире.

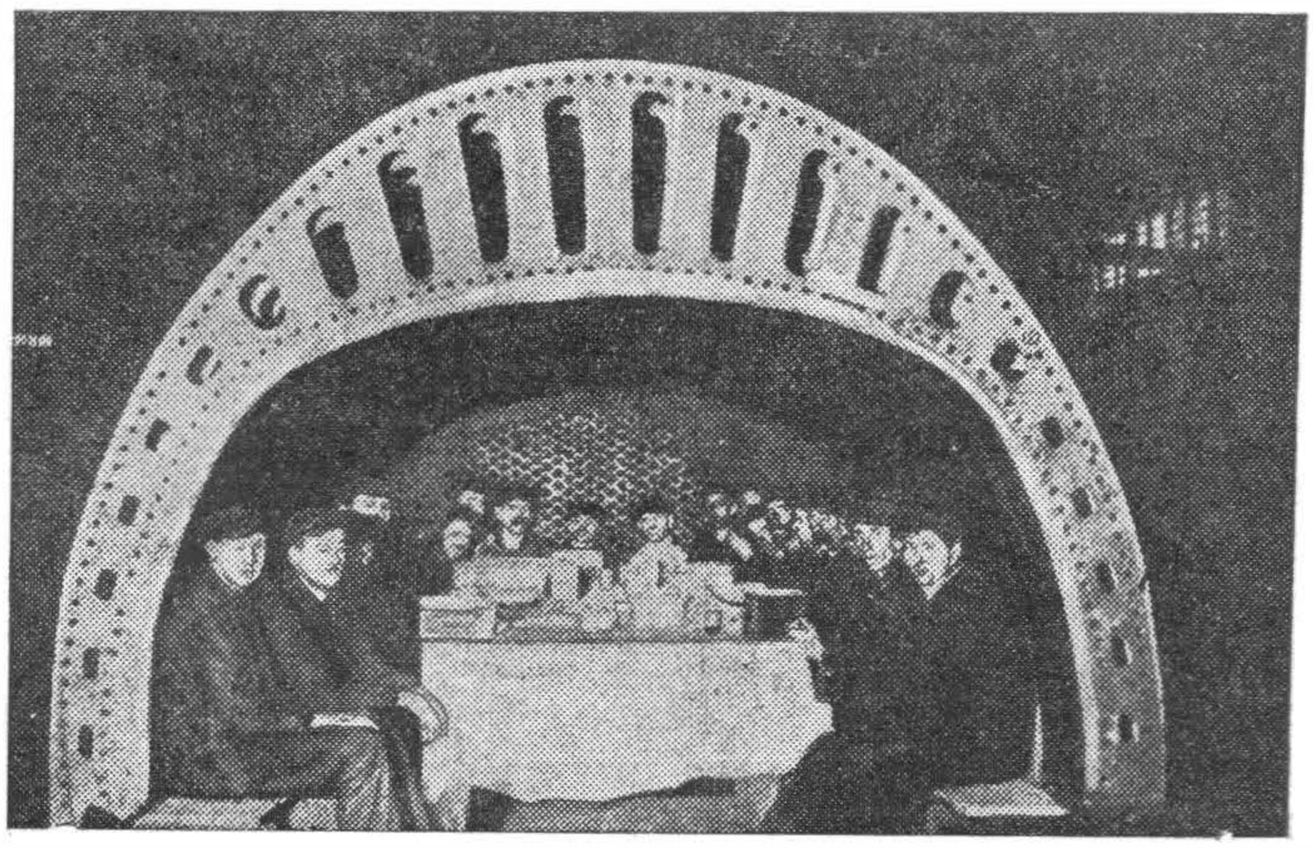
К изобретению стокеров побуждала ж. д. не долько затруднительность отопления больших колосниковых решеток ручным способом,



Фиг. 228

но и дороговизна рабочего труда в США. Особенно заставила обратить внимание на механизацию отопления забастовка железнодорожных кочегаров на некоторых дорогах США.

Первые попытки Великой Северной ж. д. (Great Northern RR) поставить стокер относятся к 1889 г., но неудовлетворительность их и необходимость срочного разрешения вопроса о механическом



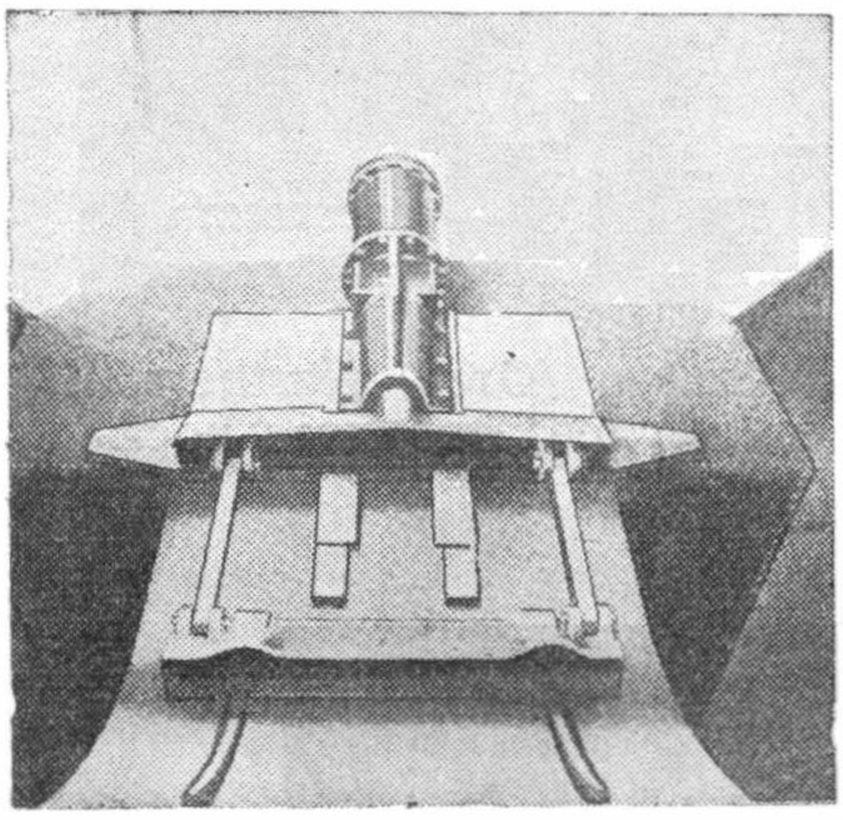
Фиг. 229

отоплении по указанным причинам заставили объявить ряд конкурсов, на которых было представлено около 200 запатентованных проектов стокеров и их отдельных частей. Большинство их отличалось сложностью, они требовали угля специального качества и большого ремонта. Многие не удовлетворяли основным требованиям конкурса: полное устранение труда кочегара, равномерное распределение угля по решетке, не исключая и задних углов, и отопление всякими сортами угля.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Многолетние обширные специальные опыты Пенсильванской ж. д. и Ассоциации американских железнодорожных инженер-механиков (ARMEA), а также эксплоатационные испытания многих систем откинули большинство из них, и практика в настоящее время остановилась только на нескольких системах, описанных во II томе нашего «Курса паровозов».

Необходимо отметить, что увеличение мощности паровозов путем увеличения сцепного веса, т. е. числа спаренных осей и нагрузки на них, зависит непосредственно от состояния пути. Замена рельсов новым типом, реорганизация шпального и балластного хозяйства, усиление мостов и пр. требуют таких капиталовложений, труда и времени, что реорганизация пути вообще отстает от совершенствования подвижного состава. Поэтому, в интересах прогресса и увеличения пропускной способности, заметно новое направление и в США, которые были до сих пор впереди по части увеличения нагрузки на ось: обращается усиленное внимание на теплотехнические процесы и на всевозможные средства, клонящиеся к увеличению к. п. д. силовой установки. Помимо крупных нововведений, составляющих общее достояние ж.-д. техники всего мира и в настоящее время применяющихся уже почти на всех дорогах земного шара (пароперегрев, подогрев питательной воды, постановка кирпичных сводов в топке, совершенствование парораспределительных органов и пр., что описано в соответствующих параграфах книги), отметим еще такие усовершенствования.



Фиг. 230

1. В топках паровозов введены камеры сгорания, способствующие более полному сгоранию топлива, и термосифоны, увеличивающие поверхность испарения. Последние изобретены инж. Никольсоном и появились в 1918 г. и с тех пор широко распространились в США и Европе, так как, несмотря на свои недостатки (увеличение влажности пара), они дают резкое увеличение циркуляции воды и главное — предохраняют котел от взрыва: были случаи, когда вода в котле была упущена более чем на 15 *см* ниже неба топки, но благодаря термосифонам струя воды непрерывно вылавливалась из них, смачивала потолок и тем предохраняла его от перегрева и котел от взрыва; поэтому Бюро инспекции паровозов США в настоящее время вменило в обязанность их применение.

2. Большое значение приписывается в США введению автоматических топочных дверец, открывающихся при нажатии соответствующей педали и автоматически закрывающихся сжатым воздухом, как только педаль опущена. Помимо уменьшения количества входящего холодного воздуха в топку при забрасывании топлива, они уменьшают вероятность несчастий при взрывах, так как обыкновенные дверцы тогда часто распахиваются, и пламя, горящий уголь, пар и даже части свода выбрасываются в будку машиниста, тогда как при автоматических дверцах этого обычно нет. Поэтому

НБ УИУНТ (ДИТ)

ж.-д. комиссия США постановила предписать ж. д. оборудовать к 1 июля 1931 г. все старые и все новые паровозы без исключения автоматическими дверцами, из которых наиболее совершенные — системы Франклина.

3. Самым широким образом проводится в жизнь идея возможно бо́льшей механизации труда и автоматизации управления. Механизация труда особенно ярко выражается в постановке стокеров, к которым теперь добавляют пушеры (фиг. 230) — особые машины на тендерах, подвигающих уголь к корыту стокера.

Последнее время на американских паровозах устанавливаются особые приборы, называемые Локо-Вэлв-Пайлот (Loko-Valve Pilot), автоматически указывающие наивыгоднейшую отсечку при данной скорости. Были попытки введения аппарата, автоматически устанавливающего наивыгоднейшую отсечку, но вследствие сложности они распространения не получили. Подобные аппараты были поставлены на одном или двух паровозах 1—5—0—Е на Китайско-Восточной ж. д. и на наших паровозах 1—5—2 $Т^{А}$ и 1—5—1 $Т^{Б}$.

К автоматическим машинам относятся бустеры, описанные в IV томе нашего «Курса паровозов».

Все подобные усовершенствования, клонящиеся к улучшению коэфициента действия силовой установки паровоза и к повышению его мощности, дали весьма большой эффект. По свидетельству Р. Хона, с 1922 по 1927 г. в США количество тонно-миль брутто на поездочас возросло на 33,5%, тогда как средняя сила тяги на паровоз возросла только на 14,3%; вообще мощность паровозов в лошадиных силах значительно возросла без изменения числа движущих осей и при том же весе. Современные паровозы вообще уже несравнимы с прежними типами, и в США господствует афоризм в ж.-д. среде: «Ничто не обходится так дорого, как доизнашивание износившегося оборудования».

Размер силы тяги паровозов возрастает весьма быстро, что видно на следующем примере по отношению к ж. д. Texas and Pacific. С 1912 по 1928 г. средняя сила тяги паровозов возросла:

пассажирских с 8 690 до 17 900 *кг*,
товарных с 11 200 до 24 500 *кг*,
маневровых с 8 740 до 17 750 *кг*,
в среднем с 10 120 до 22 220 *кг*.

Но, с другой стороны, современный паровоз значительно более сложен: он имеет ряд добавочных машин, требует большего ремонта и более высоко квалифицированного управления; соответственно повышаются его мощность и цена. Это уже не тот простой механизм, который применялся еще не так давно. Впереди же еще большие усложнения при введении высокого давления пара, пылевидного отопления, вдувания горячего воздуха в поддувало и конденсации пара.

Прогресс в области экономии и мощности идет, таким образом, по пути значительных усложнений.

Большинство новейших изобретений (автоматическая сцепка, стокер, бустер, термосифоны, пушеры и пр.) идет из США, распространяясь затем в остальных странах мира.

§ 23. МАНЕВРОВЫЕ ПАРОВОЗЫ

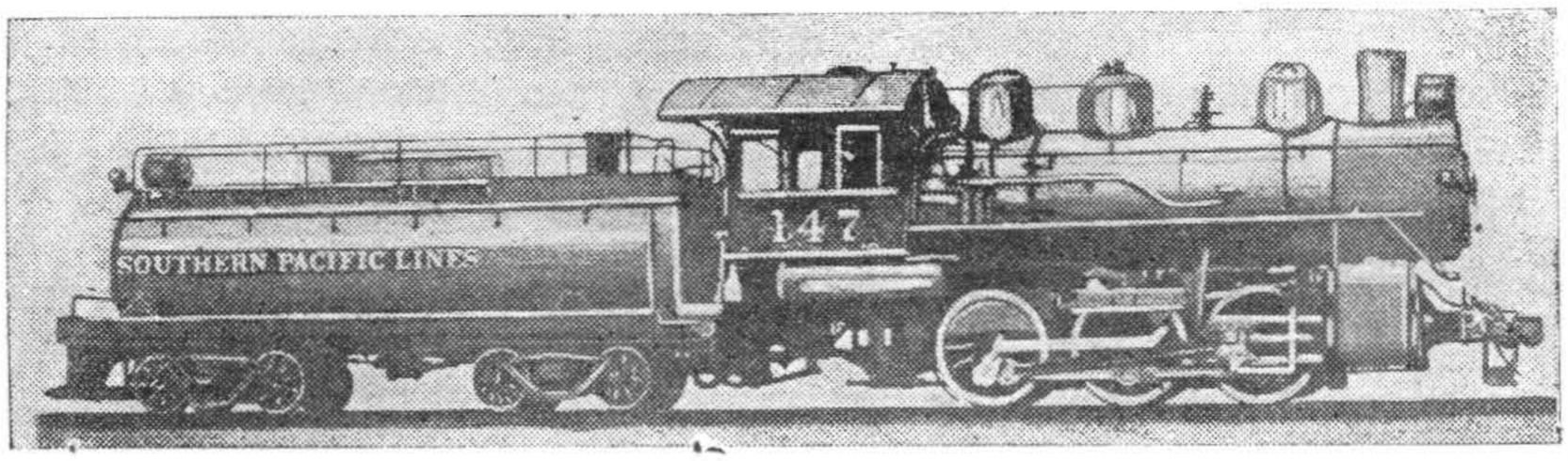
Очень сложная и ответственная маневровая служба останавливает на себе особое внимание за границей.

НБ УДУНТ (ДИТ)

У нас специальных маневровых паровозов почти не существует, обычно на маневры ставят устаревшие поездные паровозы, например 0—4—0 серии О, Ч, Ы, V и др.

В С. Америке и Европе взгляды на тип маневрового паровоза различны. В Европе на маневрах работают специальные танк-паровозы, обыкновенно типов 0—4—0 или 1—4—1 и для особо тяжелой работы 0—5—0 или 1—5—1[1].

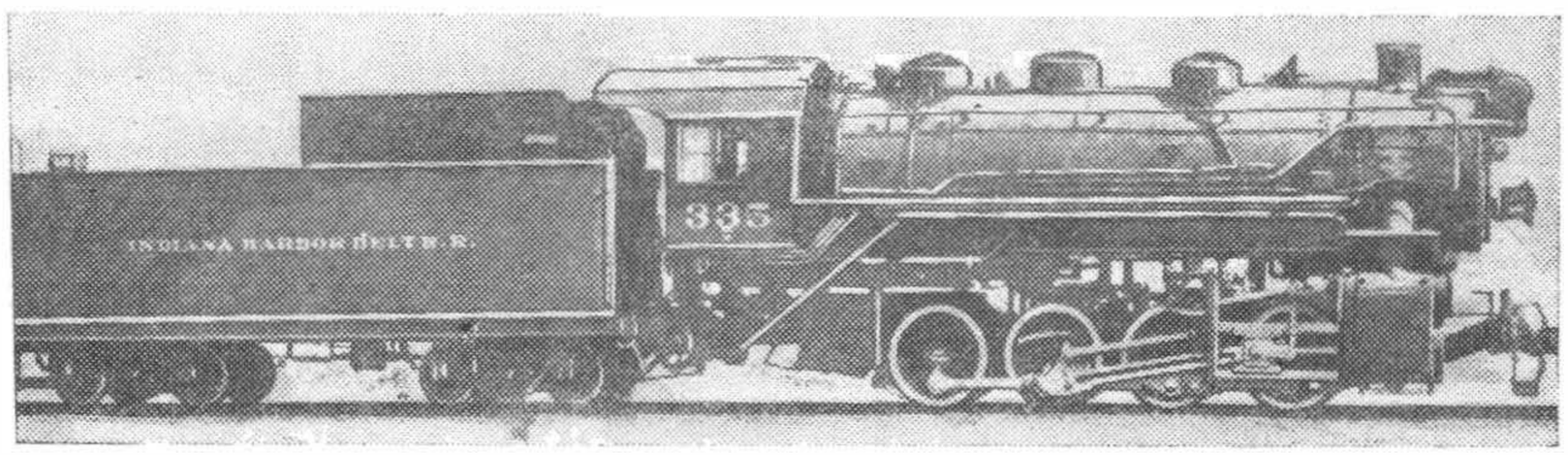
Употребление паровозов с тендерами в Европе считают нерациональным, так как они более тяжелы и занимают больше места.



Фиг. 231

В Америке, наоборот, все маневровые паровозы с четырех- и даже шестиосными тендерами, так как считается, что при наличии тендера можно работать более продолжительное время без набора топлива и воды.

Американские маневровые паровозы от поездных отличаются отсутствием поддерживающих осей; раньше типичным маневровым паровозом был тип 0—3—0, который употребляется и теперь для



Фиг. 232

небольших станций, например (фиг. 231) ж. д. Southern Pacific, 1927 г., теперь 0—4—0, например (фиг. 232) ж. д. New-York Central, 1927 г. В настоящее время для тяжелой маневровой работы употребляют тип 0—5—0. Таким образом наш товарный паровоз 0—5—0 Э является типичным маневровым паровозом с американской точки зрения.

---

[1] Предпочитают симметричное распределение осей, чтобы получить при израсходовании запасов воды и топлива равномерную нагрузку на оси.

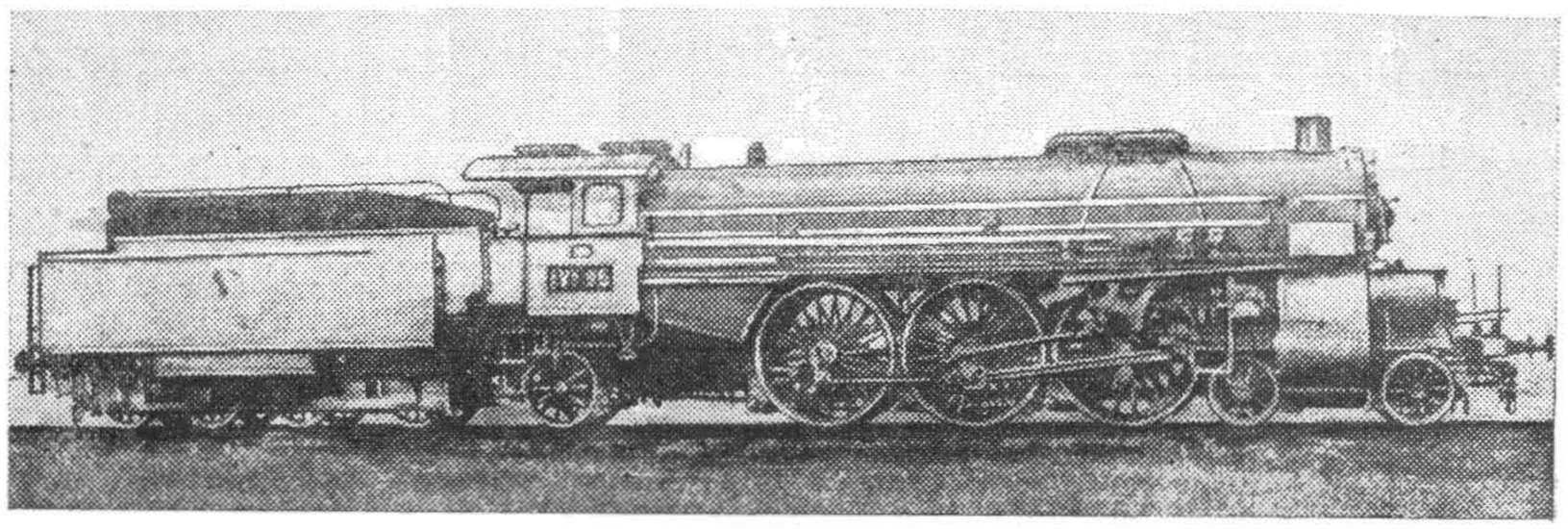
НБ УДУНТ (ДІІТ)

§ 24. ПАССАЖИРСКИЕ ПАРОВОЗЫ

Европейские пассажирские паровозы

Обыкновенными пассажирскими паровозами европейского типа во второй половине XIX в. были 1—2—0 и 2—2—0, которые в конце века начали сменяться типами 1—3—0 и 2—3—0.

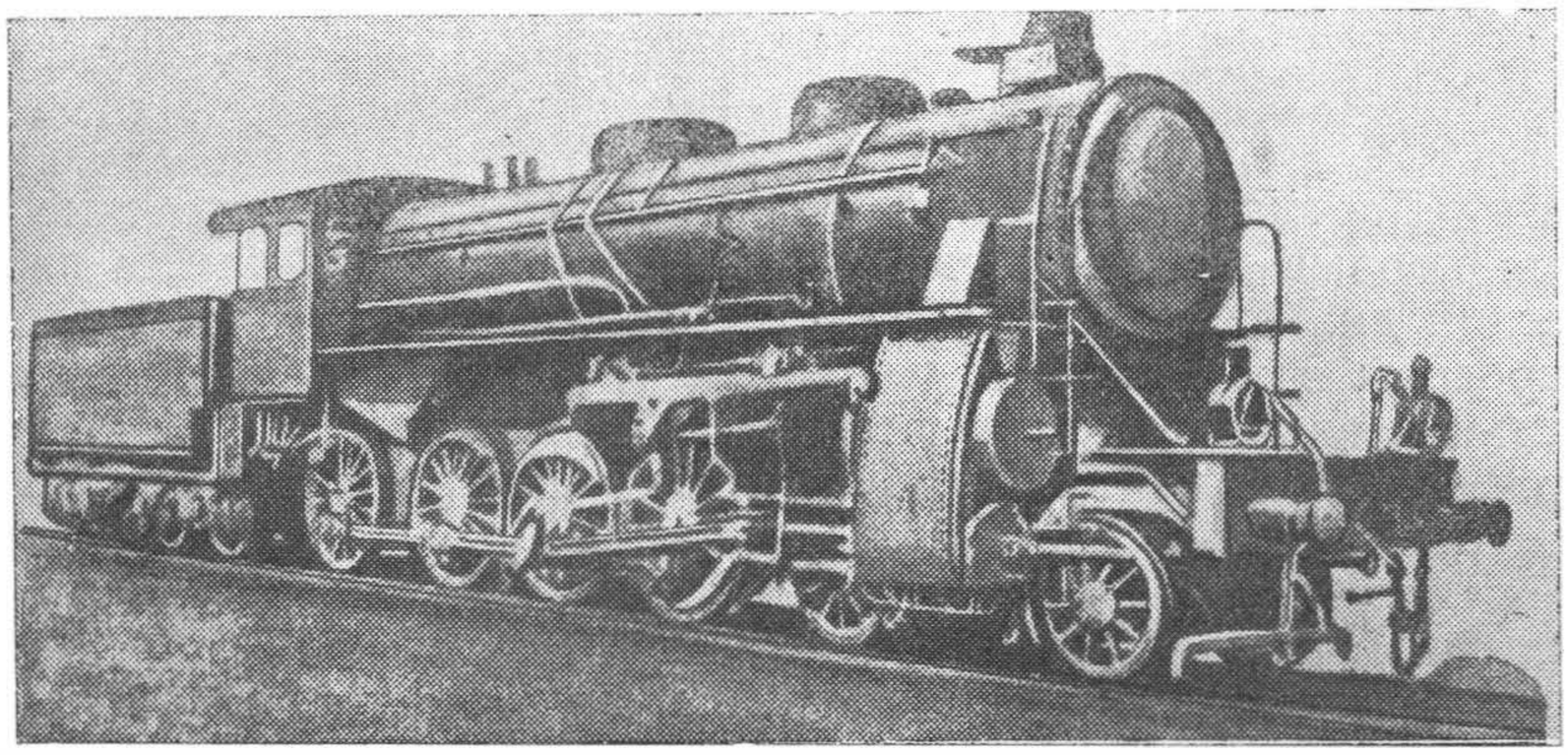
Необходимость и здесь увеличить площадь колосниковых решеток и вес котлов заставляет прибегать к задним поддерживающим осям, т. е. к типу 2—3—1. С другой стороны, уменьшение диаметра ведущих колес для увеличения силы тяги, энергично проводимое



Фиг. 233

раньше, в настоящее время сменяется противоположным взглядом — возможно большего их увеличения для уменьшения удельного давления колес на рельсы; силу же тяги повышают, увеличивая давление пара.

Поэтому в 1907 г. заводом Маффей были выпущены для баварских ж. д. четырехцилиндровые паровозы 2—3—1 с колесами диа-



Фиг. 234

метром 2 100 *мм*. Внутренние цилиндры приводят в движение первую спаренную ось, почему внутренние цилиндры выдвинуты впереди наружных (фит. 233). Но вскоре понадобилось число осей увеличить до четырех и площадь колосниковой решетки до 4 $м^2$ и выше.

В 1909 г. для своих горных участков испанская Северная ж. д. впервые ввела пассажирские паровозы типа 1—4—0 с колесами

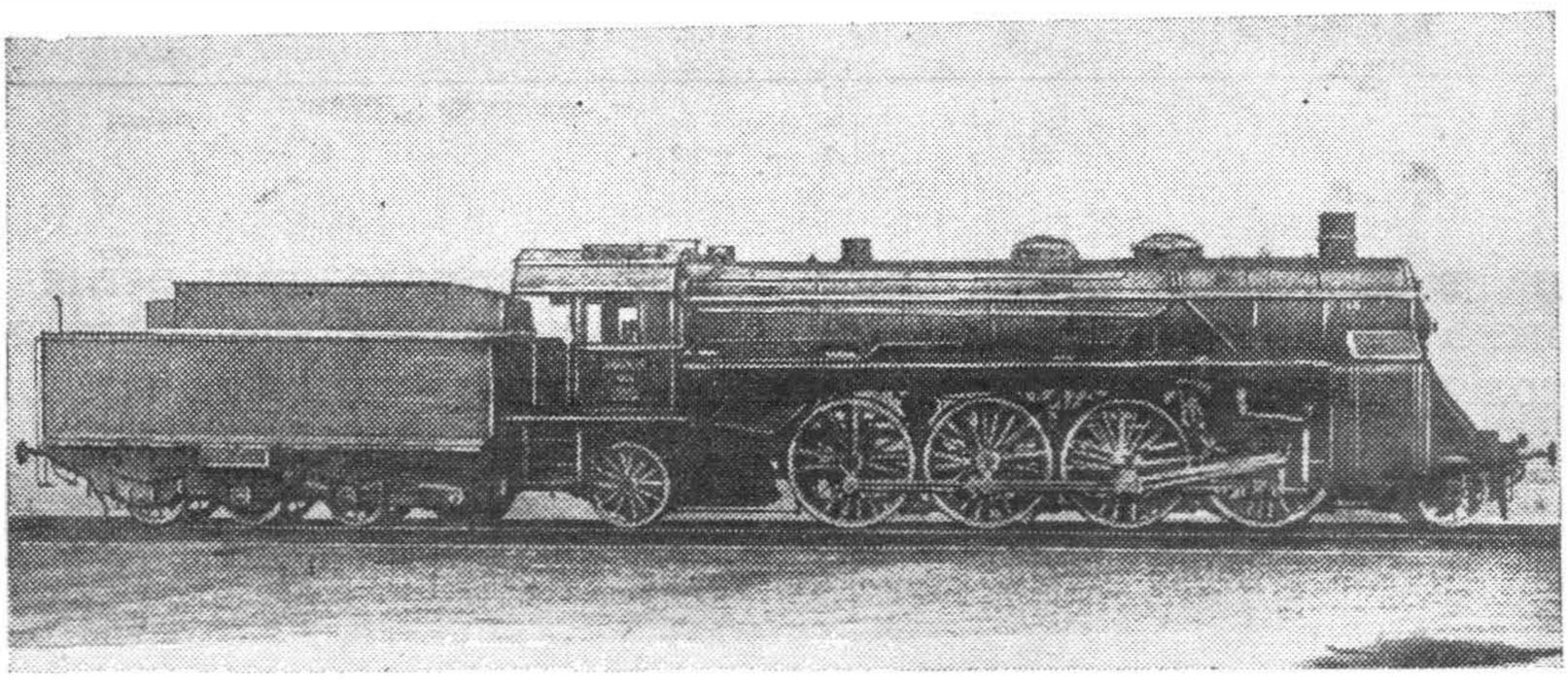
РБ УДУНТ (ДИТ)

диаметром 1676 *мм* и скоростью 75 *км/час* (завода Леонарда в Лютихе); в 1914 г. для дороги Мадрид — Сарагосса — Аликанте Ганноверский завод (сокращенно ГАНОМАГ), в Германии, построил четырехцилиндровые пасажирские паровозы 2—4—0 с площадью колосниковой решетки 4,1 $м^2$ (фиг. 234).

Одновременно в 1914 г. австрийские Южные ж. д. ввели паровозы 2—4—0 диаметром колес 1740 *мм* для подъемов 14‰ (двухцилиндровые, постройки государственного завода в Флоридсдорфе, близ Вены, Австрия).

Курьерские паровозы были сначала типа 2—2—0, 1—2—2, но у подобных паровозов жесткая база (между спаренными осями) оказалась недостаточной по отношению к общей длине паровоза, и при больших скоростях эти паровозы были склонны к вилянию, почему пришлось ограничить их применение и сдать для пригородного движения.

Тип 1—3—1 имел очень малое распространение: его в небольших количествах строили в Италии, Австрии, Сербии и Турции; несколько более распространен этот тип на Ольденбургских ж. д. и у нас, где он строится до сего времени (1—3—1 $С^{У}$).



Фиг. 235

Завод Гартмана в Хемнице построил в 1918 г. курьерские четырехцилиндровые паровозы типа 1—4—1 с тележкой Краусса впереди, с колесами диаметром 1905 *мм* для Саксонских ж. д. (фиг. 235 и 236); эти паровозы возят скорые поезда весом 430 *т* на 10‰ подъемах со скоростью 65 *км/час*. Рамы поставлены брусковые.

Графенштаденский завод, во Франции, построил в 1921 г. для обслуживания тяжелых пассажирских и курьерских поездов французских государственных ж. д. на холмистых профилях паровозы 1—4—1 с простой двухцилиндровой машиной.

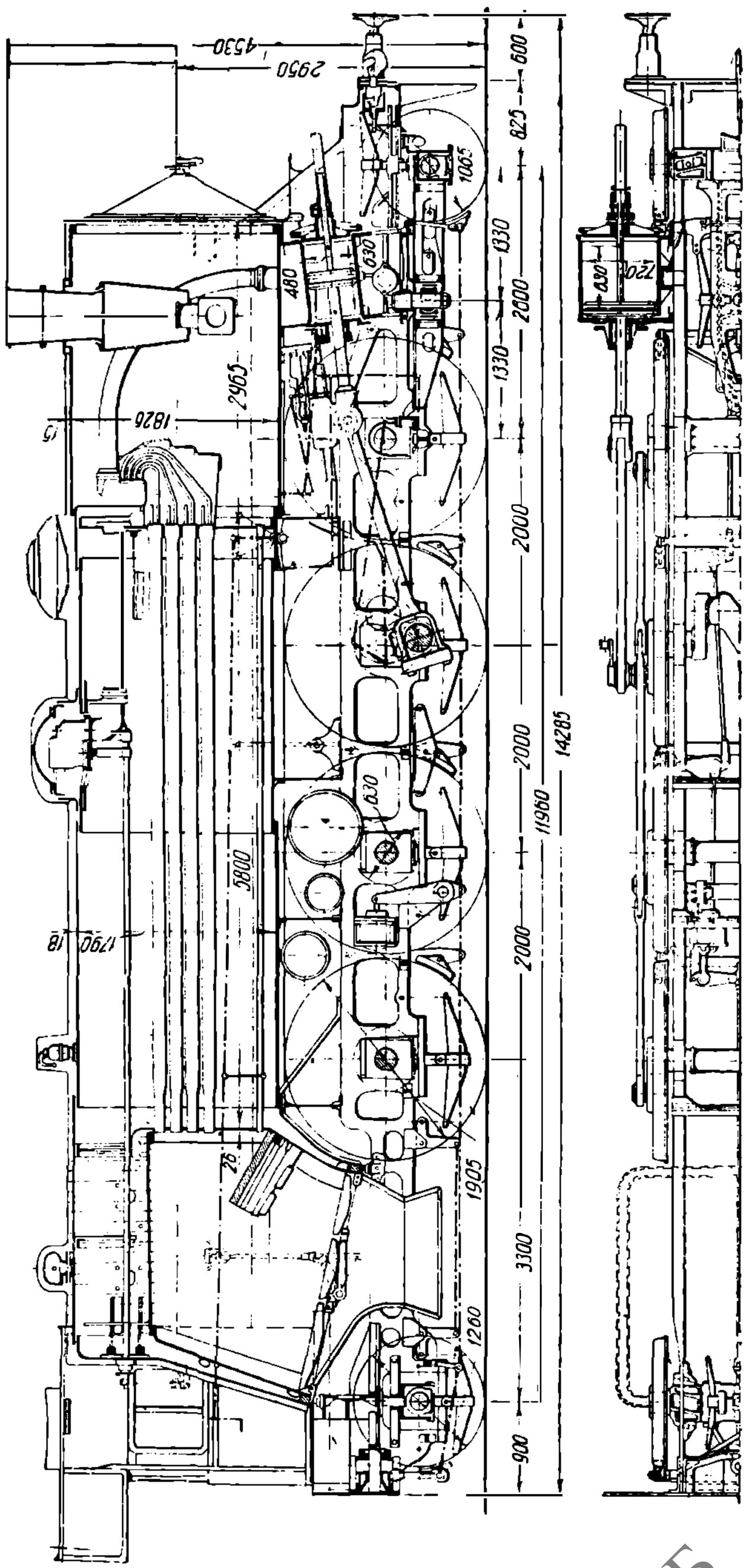
Все зависит от вида топлива и площади колосниковой решетки, заставляющей сзади ставить поддерживающую ось.

В XX в. начинают быстро распространяться танк-паровозы не только для маневровой службы или пригородной, но и для линейной.

Если неотделимый тендер настолько большой величины, что под ним помещаются особые поддерживающие оси или даже часть спаренных, то получаются так называемые тендер-паровозы (или полутанки), которые служат и на главных линиях, образуя промежуточный класс между танк-паровозами и паровозами с отдельными тендерами.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Подобные полутанки начали строить еше в середине XIX в.; как пример приводим схему очень интересного пассажирского гендер-паровоза типа 0—2—3 (фиг. 237), построенного по проекту Энгерта для австрийских Южных ж. д. заводом в Нейштадте в 1855—1856 гг. Здесь применено весьма редкое подвешивание на спиральных рессорах, поставленных по 5 шт. в ряд на каждой буксе спаренных осей и по 4 — поддерживающих.



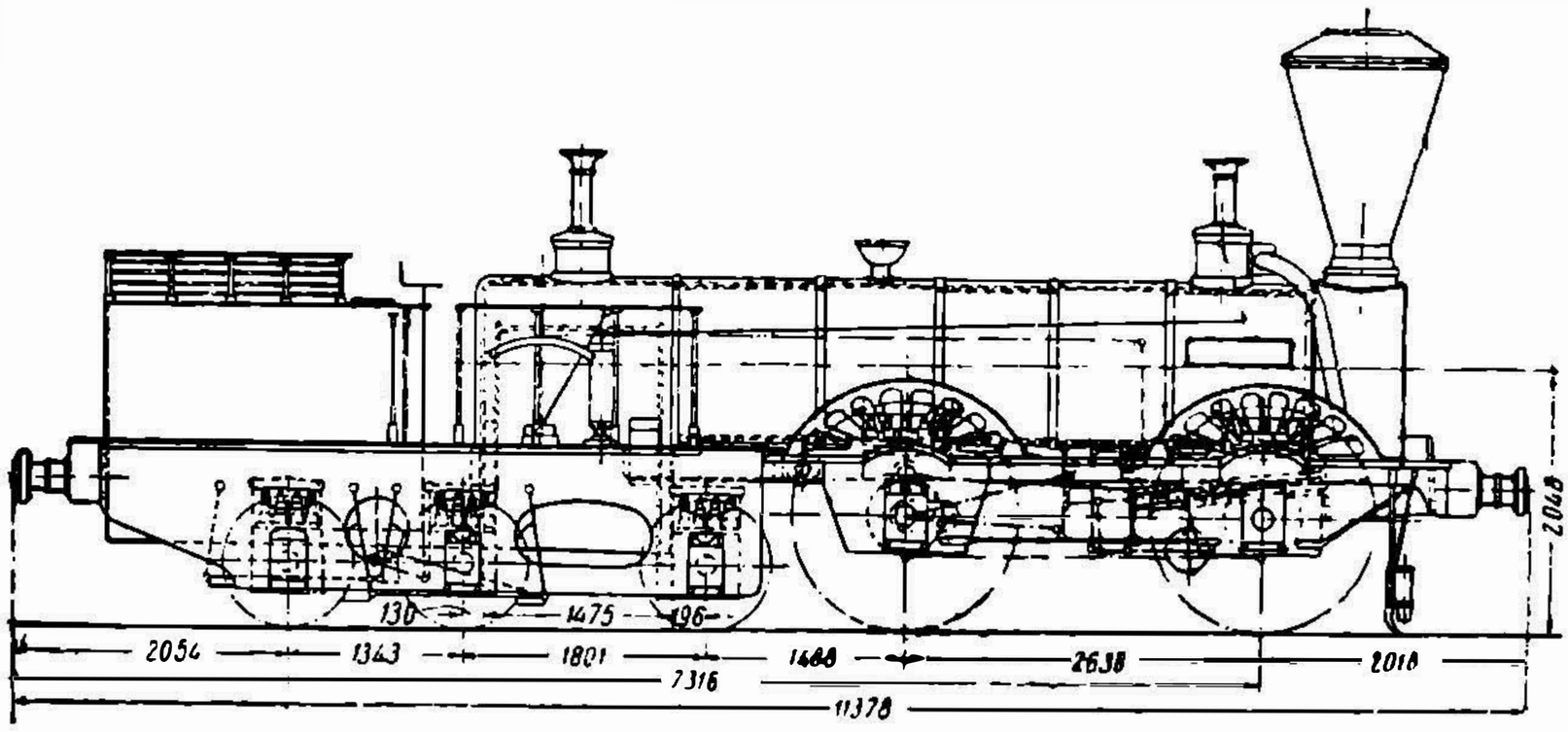
Фиг. 236

Курьерские полутанки были введены для линии Антверпен—Брюссель бельгийских казенных ж. д. в 1913 г. и снабжены двойным комплектом управляющих приспособлений, так что машинист, наблюдающий за путем, имеет их перед собою при езде в обоих направлениях.

В 1912 г. для курьерского движения на острове Риген заводом Вулкан в Штетине был построен подобный паровоз 2—3—2 (фиг. 238); затем он получил распространение и на других прусских ж. д., оказавшись весьма удобным при эксплоатации, так как легко проходил кривые радиусом 140 *м*. Особенно удобны подобные паровозы на второстепенных линиях для скорых поездов, где таковые вводятся для облегчения главных путей. На этих линиях обыкновенно имеются крутые подъемы и кривые малого радиуса и часто нет поворотных кругов достаточных размеров для больших паровозов с тендерами. С другой стороны, нагрузка на оси должна быть неве-

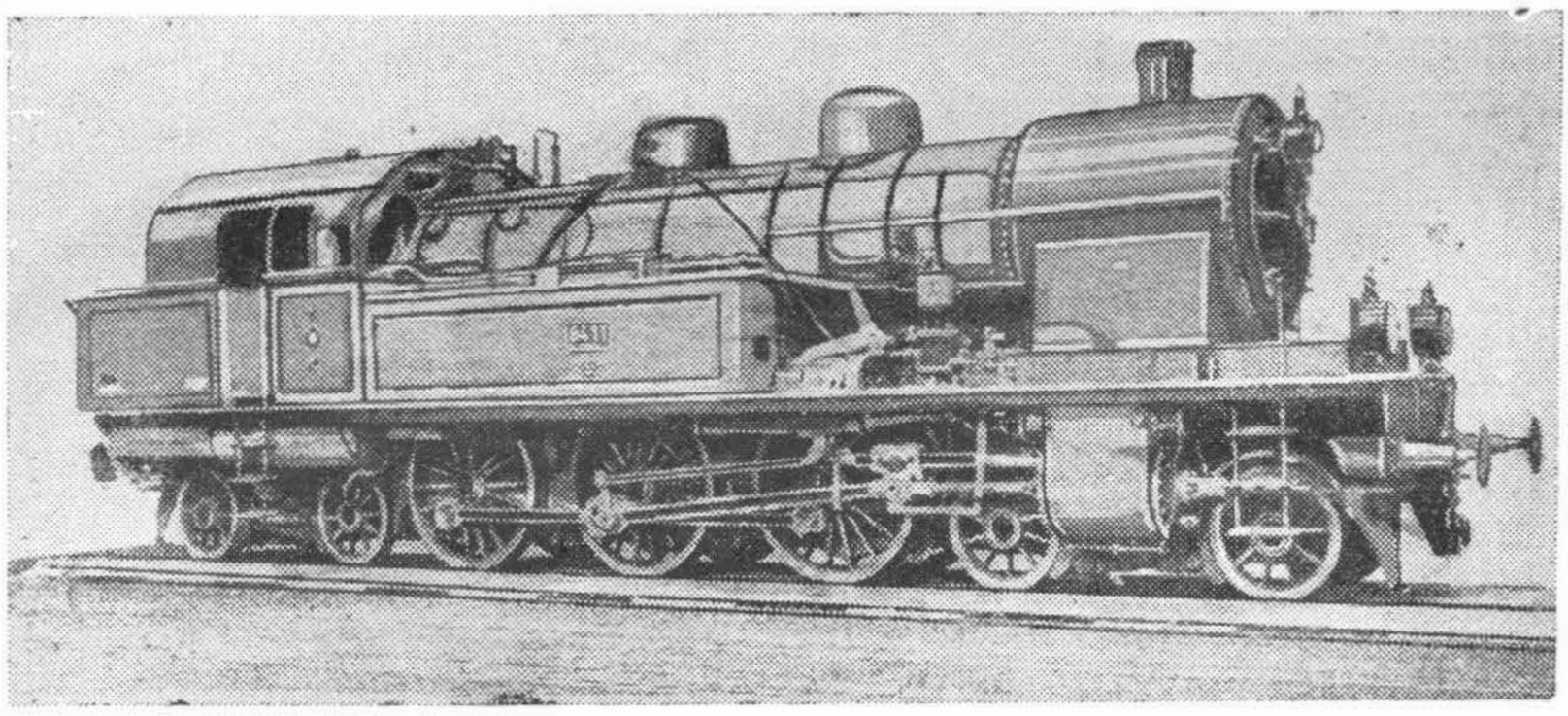
НБ УкрУНТ (ДІТ)

лика, причем скорость на горизонтали должна быть около 100 *км/час*. Всем этим условиям и удовлетворяют танк-паровозы и полутанки вроде приведенного.



Фиг. 237

Из предыдущего виден удивительный прогресс: во второй половине прошлого столетия паровозы с четырьмя спаренными осями рассматривались как особые конструкции, предназначенные для тяже-



Фиг 238

лых горных участков. В настоящее время четыре оси уже считаются необходимыми для курьерских поездов, причем нагрузка на ось теперь возросла более чем на 50% по сравнению с паровозами 60—70-х годов.

Американские пассажирские паровозы

С введением в Америке цельностальных вагонов на двух трехосных тележках, весом около 60 *т*, вес пассажирских поездов дошел до 800 *т* и выше, и при значительных скоростях движения явилась необходимость в весьма мощных пассажирских паровозах.

Еще в начале этого века был очень распространен тип «Атлантик» 2—2—1, замененный потом типом 2—3—0, но уже в 1902 г. ж. д.

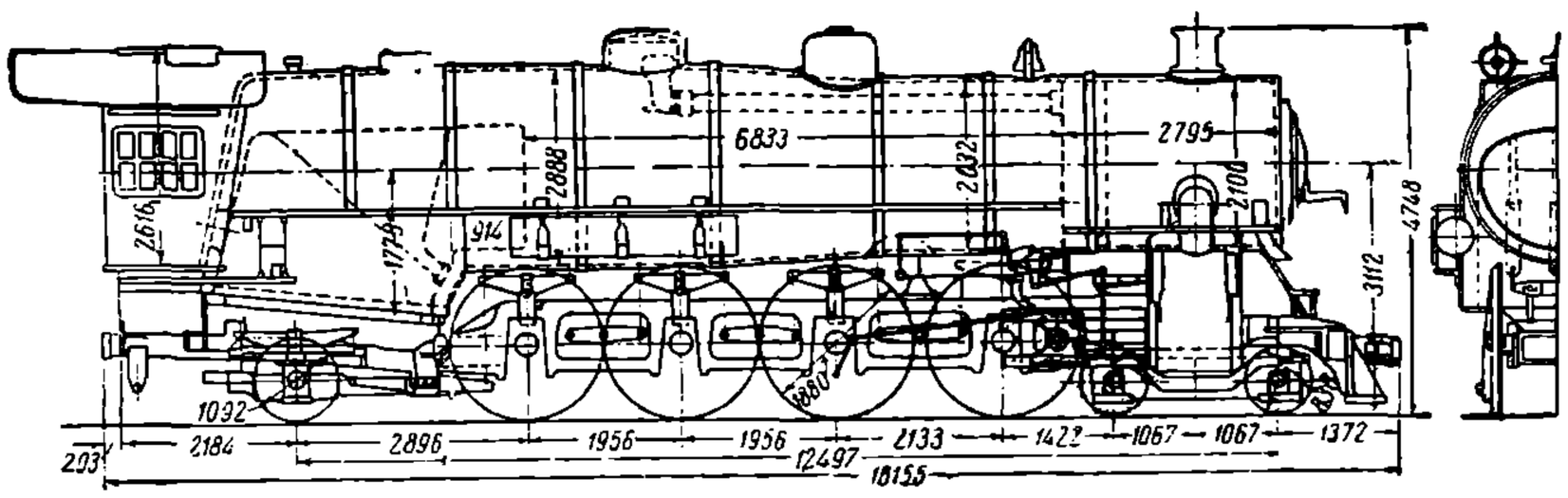
НВ УДУНТ (ДШТ)

Миссури — Пасифик добавила заднюю ось, и получился тип 2—3—1, названный «Пасифик». Эти паровозы, вполне удовлетворяя движению на равнинных участках, оказались слабыми для горных, которые проходились двойной тягой.

В 1910 г. для таких горных участков стали строить паровозы 2—4—1 (тип «Маунтен», т. е. горный), которые очень быстро распространились и для смешанных профилей, так что их теперь строят больше, чем тип 2—3—1. Образец дан на фиг. 239, ж. д. Istland — Pacific Американского паровозостроительного общества, 1920 г.

Диаметр ведущих колес — 1 880 *мм*, сила тяги — 22 680 *кг* и число *л. с.* — 2 815. Поезда весом от 830 до 1 200 *т* (12—16 стальных вагонов паровоз везет со скоростью до 73 *км/час*).

Впервые в 1927 г. специально для поездов экспресс ж. д. Нью-Йорк—Сентрал, Мичиган и Сент-Поль были заказаны паровозы типа 2—3—2, тип Хацен (Hundson), со сцепным весом 84 *т*, который явился развитием типа 2—3—1 (Пасифик). В журналах, издаваемых ж. д. Нью-Йорк—Сентрал, они называются «первыми среди пассажирских паровозов нынешнего века» (фиг. 240).



Фиг. 239

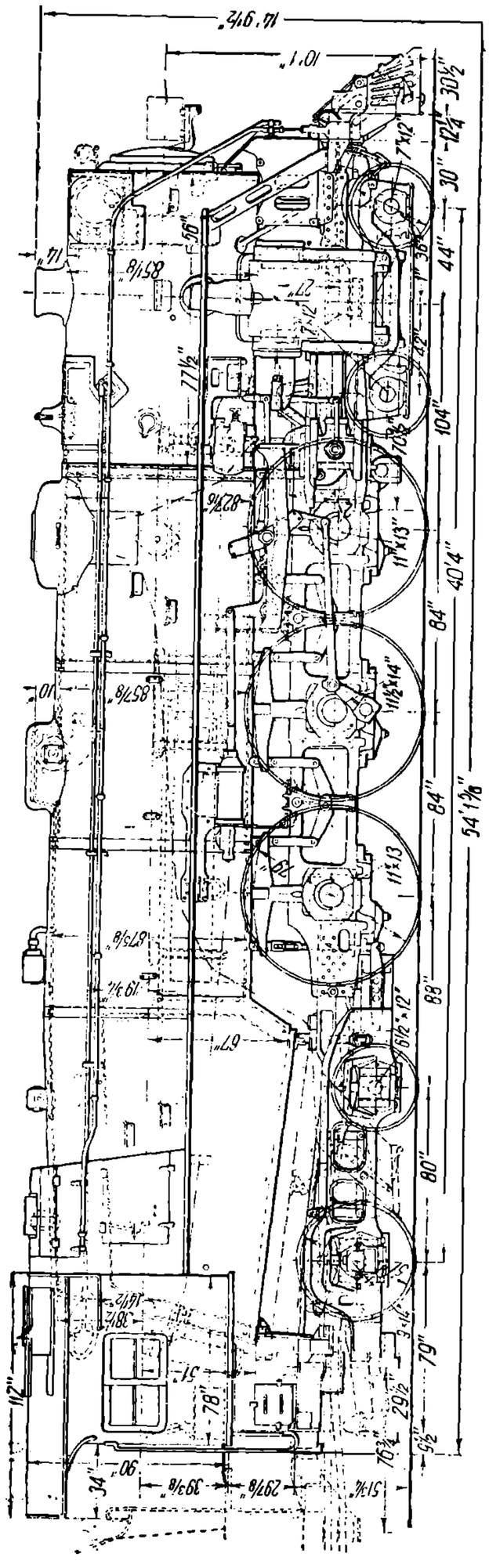
Но для курьерских поездов, курсирующих на участках с крутыми подъемами без толкачей, число осей пришлось увеличить, и путем такого видоизменения типа 2—4—1 получен был тип 2—4—2. Впервые он появился в 1919 г. Для возможности пользоваться полубитуминозными углями невысокого качества колосниковую решетку довели до 10,7 $м^2$ (фиг. 241).

На ж. д. Норден-Пасифик эти паровозы были введены в 1926 г., и тогда они получили название — тип «Норден-Пасифик».

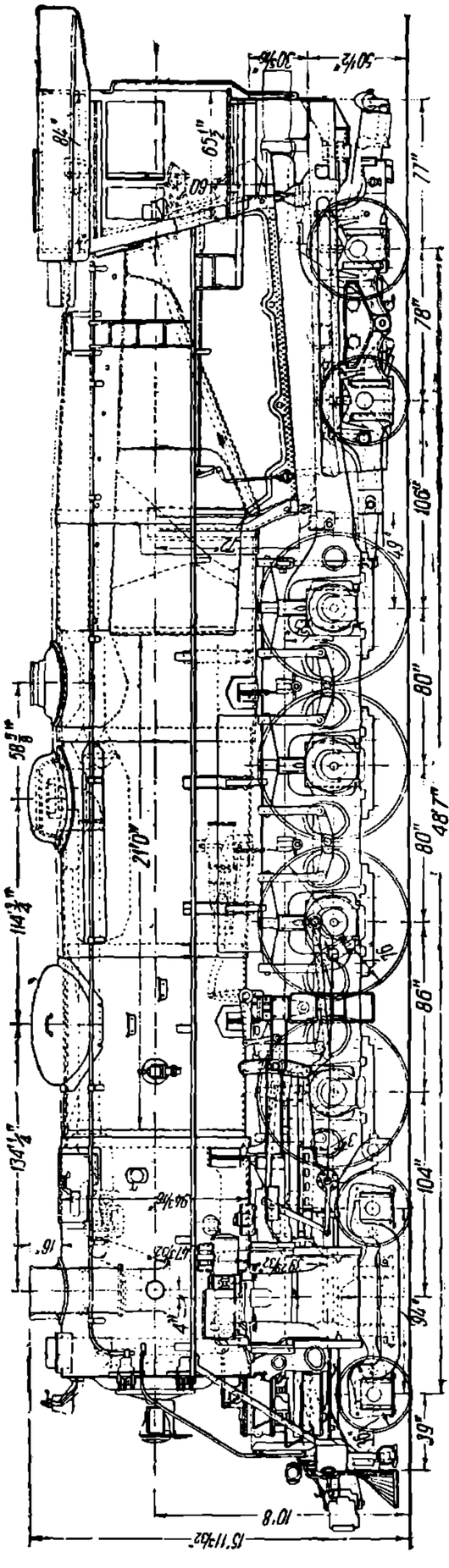
Для смешанной службы (товарных и пассажирских поездов) завод АЛКО в 1924 г. для Южной Тихоокеанской ж. д. построил 49 паровозов (фиг. 242) типа 2—5—1 («Мастодонт») с простой трехцилиндровой машиной; главные размеры их: диаметр цилиндров — 635 *мм*, ход поршня — внутренного 711 *мм*, наружного 813 *мм*, сила тяги без бустера — 38 000 *кг*, сила тяги бустера — 5 500 *кг*, мощность — 3 500 *л.* с.; диаметр ведущих колес — 1 613 *мм*; сцепной вес — 143 *т*, вес, приходящийся на переднюю тележку — 29,7 *т*, а на заднюю (биссель) — 27,5 *т*; вес паровоза в рабочем состоянии (без тендера) — 200,2 *т*. База ведущих колес — 6 960 *мм*, полная колесная база паровоза (без тендера) — 13 792 *мм*; отопление нефтяное; площадь колосниковой решетки — 8,4 $м^2$; рабочее давление пара в котле — 16 *ат*. Испаряющая поверхность нагрева — 527,3 $м^2$, поверхность перегревателя — 140 $м^2$. Тендер шестиосный, имеет запас воды 45,5 *т*, нефти — 15 *т*.

В последнее время в связи с всеобщим применением стальных пас-

НТБ УАДТУНТ (ДИТ)



Фиг. 240

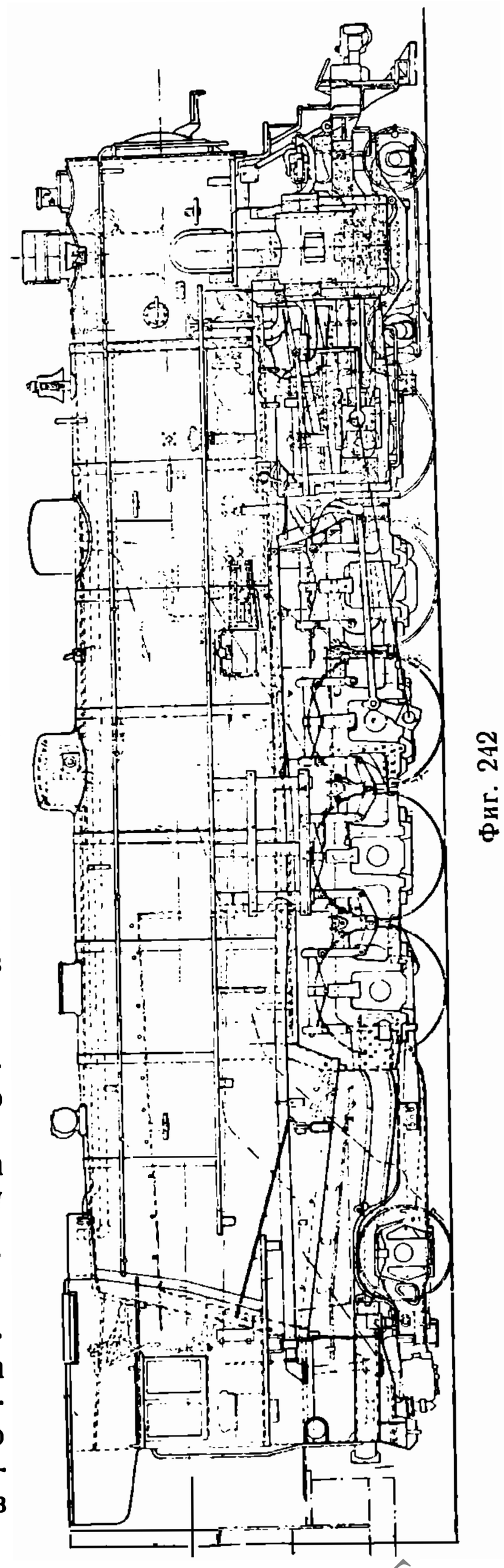


Фиг. 241

сажирских вагонов и потому значительным увеличением веса пассажирских поездов и, с другой стороны, с увеличением скорости движения товарных поездов, доходящей до 75 *км/час*, стали сглаживаться границы между пассажирскими и товарными паровозами. Поэтому в настоящее время многие ж. д. начали обслуживать все виды движения паровозами типа 2—4—2, которые работают попеременно в пассажирских и товарных поездах, в зависимости от обстоятельств. Ввиду этого тип 2—4—2 становится единым универсальным типом паровозного парка.

Очевидно, в недалеком будущем такую же роль будет играть тип 2—5—1.

Отсюда видно, насколько выше европейских стоят американские паровозы в отношении мощности. Отметим здесь еще раз, что в США и Канаде в настоящее время **не применяются машины** компаунд и почти исключительно ставят двухцилиндровые машины однократного расширения; трехцилиндровые машины очень редки, а четырехцилиндровые машины совершенно не применяются.



Фиг. 242.

Празднуя столетний юбилей американских ж. д. и паровозостроения, техническая пресса США приводила данные, характеризующие высокий уровень американской ж.-д. техники и достижения по части эксплоатации. Из них приводим следующие:

1) имеются паровозы завода Балдвина, которые за 26 лет работы сделали 3 200 000 *км*, т. е. на круг по 340 *км* в день;

2) имеются паровозы также завода Балдвина, которые сделали 2 850 000 *км* без ремонта котлов;

3) имеются паровозы, работающие 67 лет и продолжающие работать дальше.

В отношении эксплоатации указывалось, что рекордная цифра пробега паровоза в месяц — 30 000 *км* и регулярный непрерывный пробег одного паровоза—1 600 *км* (линия Нью-Йорк—Чикаго) без длительных остановок в пути.

Наконец, в виде опыта, был совершен такой пробег одного паровоза: паровоз взял поезд из 18 вагонов с японским искусственным шелком и совершил пробег с ним из Seattle в S. Paul и обратно — всего 5 956 *км* в 52 часа 35 мин. Было 13 коротких остановок для

НБ УДУНТ (ДИТ)

смены бригад и пополнения запасов воды и топлива. Поезд прибыл без опоздания по расписанию. Это была крупная демонстрация высоты и качества американского паровозостроения.

Глава шестая

НОВЕЙШЕЕ ВРЕМЯ (ПОСЛЕ 1920 г.). ЭПОХА НОВЫХ ТЕЧЕНИЙ В ОБЛАСТИ ПАРОВОЗОСТРОЕНИЯ

§ 25. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время ж.-д. транспорт находится под действием настолько могучих новых факторов, что он бесспорно переживает переходную эпоху к совершенно особым, невиданным раньше формам.

1. Бурный рост промышленности, торговли и общее развитие стран предъявили такие требования к пропускной способности ж. д., что их обыкновенные типы перестают удовлетворять запросам, особенно у нас в СССР в связи с генеральным планом строительства. Придется прибегать к постройке сверхмагистралей и особенно мощных паровозов. Но габарит и условия вписывания в кривые показывают, что в современных типах мы уже подходим к пределу размеров паровозов, почему приходится изыскивать новые пути увеличения их мощности при тех же размерах.

Здесь возможно достичь значительных результатов только двумя способами:

а) улучшить идеальный цикл рабочего процесса машины, подняв верхний его предел и понизив нижний, т. е. перейдя к высокому давлению свежего пара и к конденсации мятого при помощи холодильника, что в свою очередь требует перехода на механическую тягу воздуха при помощи вентиляторов; все эти три вопроса настойчиво разрабатываются в данное время;

б) увеличить степень расширения пара; хотя и были единичные попытки применить к паровозам тройное и даже четверное расширение, но по условиям габарита это вообще теперь невозможно, и даже двойное расширение в современных мощных паровозах становится затруднительным. Здесь единственный выход — заменить поршневую машину паровой турбиной и, следовательно, паровоз заменить турбовозом, но решение этой задачи еще не получило определенной формы.

2. Огромное количество потребляемого ж. д. топлива и недостаток ценных его сортов (нефти и спекающихся углей) заставляют прибегать к низкосортным топливам (тощим, сухим и бурым углям, антрациту, торфу и пр.), что заставляет обращать особое внимание на методы отопления: сжигание этого топлива в порошкообразном виде, введение сжигания под повышенным давлением вдуваемого воздуха, притом обыкновенно нагретого, и пр. Все это ведет к изменению формы паровозного котла, которая 100 лет оставалась, как указывалось выше, почти без изменения, и от Стефенсона до сих пор изменялись только размеры котлов.

3. Вопросы экономики заставляют улучшить рабочий процесс силовой установки паровоза, поэтому теперь переходят к высокому перегреву пара, употребляя многотрубные перегреватели, к обязательному подогреву питательной воды и к обязательному очищению этой воды от примесей путем постановки грязеотделителей.

НБ УДУНТ (ДИТ)

4. Попутно поднимается ряд вопросов, требующих детального освещения и разрешения: например, при длинных жестких базах современных паровозов — вопрос о вписывании в кривые; при котлах большого диаметра и широких топках — вопрос о повышении центра тяжести; при увеличении скоростей движения — вопрос о диаметре ведущих колес; при увеличении мощности — вопрос о сцепных приборах и пр.

Разбор всех этих вопросов и изложение их современного положения уже выходят из рамок настоящей книги, так как представляют предмет нашего «Курса паровозов», но многие из них имеют исторические предпосылки, и потому, чтобы поставить их в историческую перспективу, о них будет сказано несколько слов ниже.

5. Отметим, что в числе экономических вопросов еще стоит вопрос о себестоимости перевозки грузов и пассажиров. В связи с конкуренцией других видов механического транспорта (тепловозной тяги, автомобилизма, электрификации и пр.), с одной стороны, и в общегосударственном отношении, с другой, — этот вопрос резко выдвигается на первый план. Помимо удешевления лошадиной силы, что достигается указанным улучшением рабочего процесса машины и котла, еще необходимо понизить стоимость самого паровоза как такового и стоимость его запасных частей, влияющую на стоимость ремонта.

Но такого понижения можно теперь достигнуть только путем массового производства, поэтому везде ставится в настоящее время вопрос о стандартизации не только деталей, но и самих типов паровозов, что тесно связано и с вопросами рационализации производства и тягового хозяйства.

Поднятый впервые вскоре после мировой войны 1914—1918 гг. вопрос о стандартизации породил в США ряд мощных организаций, занятых научно-практической разработкой стандартов в самых разнообразных отраслях промышленности. В результате развития работ по стандартизации вопрос о стандартизации различных областей тягового хозяйства привлек усиленное внимание во многих странах, и особенно в Германии энергично приступили к стандартизации железнодорожного парка.

У нас стандартизация имеет своею целью не только удешевление производства, но является одним из существенных факторов планового государственного хозяйства, и с 1925 г. вопросами стандартизации занимался Комитет по стандартизации при СТО (Совете труда и обороны).

Организованной в государственном масштабе стандартизацией с применением всех усовершенствований техники и научных выводов заканчивается столетний путь эволюции паровозостроения, начиная от первых паровозов, изготовлявшихся кустарно и ощупью, в маленьких мастерских, за личный страх и риск инженерами — пионерами ж.-д. дела.

6. Те же экономические соображения заставляют у нас (а также и в других странах) возможно более продолжительное время утилизировать старые маломощные типы, переводя их с магистралей на дороги второстепенного значения или на маневры. Но в СССР паровозный парк более чем наполовину загружен типами паровозов, не удовлетворяющих уже современным требованиям, и так как замена их более, мощными типами потребует значительного времени и средств, то поднимается вопрос о поднятии их мощности и экономичности путем снабжения их перегревателями, водоподогревателями и пр., что называется модернизацией.

РГБ УДУНТ (ДШТ)

7. Современные требования увеличить мощность и экономичность паровозов выдвигают вопрос о совершенно новых конструктивных формах, так как старые формы, в пределах существующих габаритов, допускаемой нагрузки на ось и условий вписывания в кривые — использованы почти до всзможного предела.

С другой стороны, вопрос здесь не исчерпывается в настоящее время только теплотехнической экономичностью, но необходимо трактовать экономичность значительно шире, и при постройке современных мощных локомотивов их приходится оценивать еще с таких точек зрения:

а) Затраты металла на единицу мощности (на *1 л. с.*). Этот вопрос важен не только с точки зрения дешевизны локомотива, уменьшающей расходы на амортизацию, но и с точки зрения большей эффективности веса локомотива, что особенно важно теперь, когда в существующих локомотивах вес достигает своего предела.

Вес металла на 1 *л. с.* для некоторых современных паровозов приведен в табл. 1 («Подвижной состав», 1932, № 8—9, статья ЦЛПБ).

Таблица 1

	Паровозы СССР			Паровозы США		
	С-5-0 Э^{у}	1-5-1 ФД	1-3-1 С^{у}	2-6-1	1-5-2	2-3-2
Год постройки	1926	1931	1925	1926	1927	1927
Вес в порожнем состоянии с тендером в *т*	101	144,8	102,2	254,5	236,6	197,5
Касательная мощность в *л. с.* .	1200	2000	1400	4500	3800	3900
Вес на 1 касательную *л. с.* в *т* .	84,3	72,5	73	56,5	62,3	50,7

Отсюда видно преимущество американских паровозов. Вопрос экономии металла при дефицитности его в настоящее время является важным фактором при оценке построенных мощных локомотивов.

Заметим, что здесь играет решающую роль не только высота постановки паровозопроектирования и паровозостроения, но и качество металла, при повышении которого вес локомотива уменьшается, почему внедрение в наш парк мощных локомотивов в значительной степени зависит от возможности иметь в своем распоряжении соответствующее количество высококачественных материалов (главным образом — стали).

б) С точки зрения действия на ж.-д. путь, так как это непосредственно влияет на капиталовложения и затрату металла при переустройстве верхнего строения пути. Из паровых локомотивов в этом отношении наиболее благоприятны турбовозы благодаря равномерности вращательного момента и уравновешенности движущего механизма. Например, паровоз 0—5—0 Э при нагрузке на ось 16 *т* имеет наибольшую реакцию от колеса 16 *т*, тогда как турбовоз А с 5 спаренными осями и с той же статической нагрузкой — только 9,6 *т*, т. е. на 40% меньше.

в) С точки зрения уменьшения расходов на обслуживание и ремонт.

г) С точки зрения возможности увеличения технических скоростей.

д) С точки зрения возможности применения при их эксплоатации низкосортных топлив и пр.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Ввиду этого может быть такой случай, что локомотив, имеющий более высокий теплотехнический к. п. д., при эксплоатации окажется менее выгодным и потому распространения не получит и наоборот. Например в США при введении более мощных паровозов, которые, благодаря добавочному расходу пара на стокер и бустер и значительному уносу при отоплении сухим углем, имеют повышенный расход топлива на 1 *л.* с. в час, следовательно являются менее экономными с теплотехнической стороны, общая себестоимость по перевозке тонны груза понизилась, т. е. эти паровозы в общем оказались более выгодными при эксплоатации.

Этим объясняется то явление, что все новейшие виды локомотивов, построенные на новых принципах и имеющие особые конструктивные формы, довольно медленно внедряются, так как их целесообразность должна быть подтверждена не «парадными» цифрами опытных пробных поездок, а данными продолжительной эксплоатации, на что требуется продолжительное время. И часто при блестящих «парадных» цифрах — данный тип (например, ряд паровозов высокого давления или турбовозов) распространения не получил и дело ограничивается только единственными опытными экземплярами.

Таким образом разрешение указанных важных вопросов находится еще в стадии предварительных исканий. В области применения высокого давления и пр. мировая техника пока еще не нашла установившихся конструктивных форм и в настоящее время здесь на помощь приходит широкая научно-исследовательская работа.

8. Наконец, снова поднимается вопрос об увеличении скорости движения поездов. Главнейшая побуждающая причина — резкое увеличение темпа жизни вообще и необходимость в связи с этим значительно увеличить пропускную способность. В капиталистических же странах, кроме того, оказывает влияние возрастающая с каждым годом конкуренция авио- и автотранспорта и в связи с кризисом уменьшение пассажирского движения. Последнее обстоятельство заставляет ж.-д. компании капиталистических стран для удержания прежнего пассажирпотока повышать скорость поездов, увеличивать комфорт и одновременно понижать стоимость проезда. В результате организуются так называемые сверхскоростные поезда, причем эта проблема разрешается различным образом: путем введения в обращение быстроходных автомотрисс, постройки специальных двигателей — аэропоездов (например системы Вальднера) и пр. За исключением автомотрисс, нашедших себе широкое применение на практике, остальные виды транспорта находятся только в стадии испытания.

Но вместе с тем, развивается и эксплоатация сверхскоростных поездов и при помощи паровозов. Здесь делались опыты пробегов с обыкновенными курьерскими паровозами, но с весьма большими скоростями. Отметим:

а) в 1934 г. в США на дороге Чикаго—Мильвоки—Ст. Поль курьерский поезд во главе с обычным курьерским паровозом 2—3—2 прошел перегон 137 *км* со средней скоростью 122 *км/час*; со скоростью, не спускающейся ниже 145 *км/час,* поезд прошел 111 *км;* один перегон в 6,7 *км* был пройден со скоростью 157 *км/час* и максимальная скорость была 167 *км/час.;*

б) на ж. д. Париж—Лион—Средиземное море введены экспрессы, идущие со средней скоростью 98 *км/час*; в Англии экспрессы ходят на некоторых участках со средней скоростью 115 *км/час,* причем при пробных поездках отмечены скорости 145 и 161 *км/час.*

НБ УДУНТ (ДИТ)

Но, понятно, развитие подобных скоростей при помощи обыкновенных паровозов оказалось экономически очень невыгодным, почему в настоящее время приступили к постройке специальных суперэкспрессных паровозов, покрытых вместе с тендером обшивкой обтекаемой формы, значительно уменьшающей сопротивление воздуха движению.

Подобных паровозов построено уже несколько штук, например, на ж. д. Нью-Йорк—Сентрал такой паровоз типа 2—3—2 рассчитан на работу с поездами нормального веса со средними скоростями от 115 до 150 *км/час*; на ж. д. Балтимор—Охайо в США поступил в эксплоатацию паровоз типа 2—2—2 с нагрузкой на ось 26,5 *т* и рассчитанный на движение по горизонтали со скоростью 145 *км/час* с составом в 230 *т* и с максимальной скоростью 165 *км/час*.

Заметим, что подобное значительное увеличение скоростей требует соответствующей реконструкции пути, особенно в кривых.

На увеличение скорости движения поездов (главным образом по соображениям стратегического порядка) в Европе обращено особое внимание в Германии, причем найдено, что при скоростях свыше 130—140 *км/час* обтекаемая форма не только паровоза, но и поезда, является необходимой.

Из скоростных германских паровозов последнего времени обращает на себя внимание паровоз типа 2—3—2, построенный на заводе Борзига с ведущими колесами диаметром 2 300 *мм* и тремя цилиндрами (1934 г.).

Опытная поездка в июне 1935 г. на линии Берлин—Гамбург с поездом весом 205 *т* дала наибольшую скорость 195,6 *км/час*, причем наибольшая индикаторная мощность достигала 3430 *л. с.* Этот паровоз имеет нагрузку на спаренные оси — 18,8 *т* и давление пара — 20 *ат*.

Введением быстроходных поездов озабочены в настоящее время также Франция и Англия, где имеются поезда, скорость которых достигает до 160 *км/час*.

Резкое повышение скорости в СССР также требует постройки в ближайшее время новых паровозов большой скорости. У нас уже имеется проект такого быстроходного паровоза для наибольшей скорости 140 *км/час* (паровоз типа 2—4—2). Кроме того Ворошиловградским паровозостроительным заводом будет вскоре построен паровоз серии ИС обтекаемой формы для скоростей до 145 *км/час*, причем путем облегчения веса движущего механизма (применение легированных сталей) динамическое действие на путь не ухудшится.

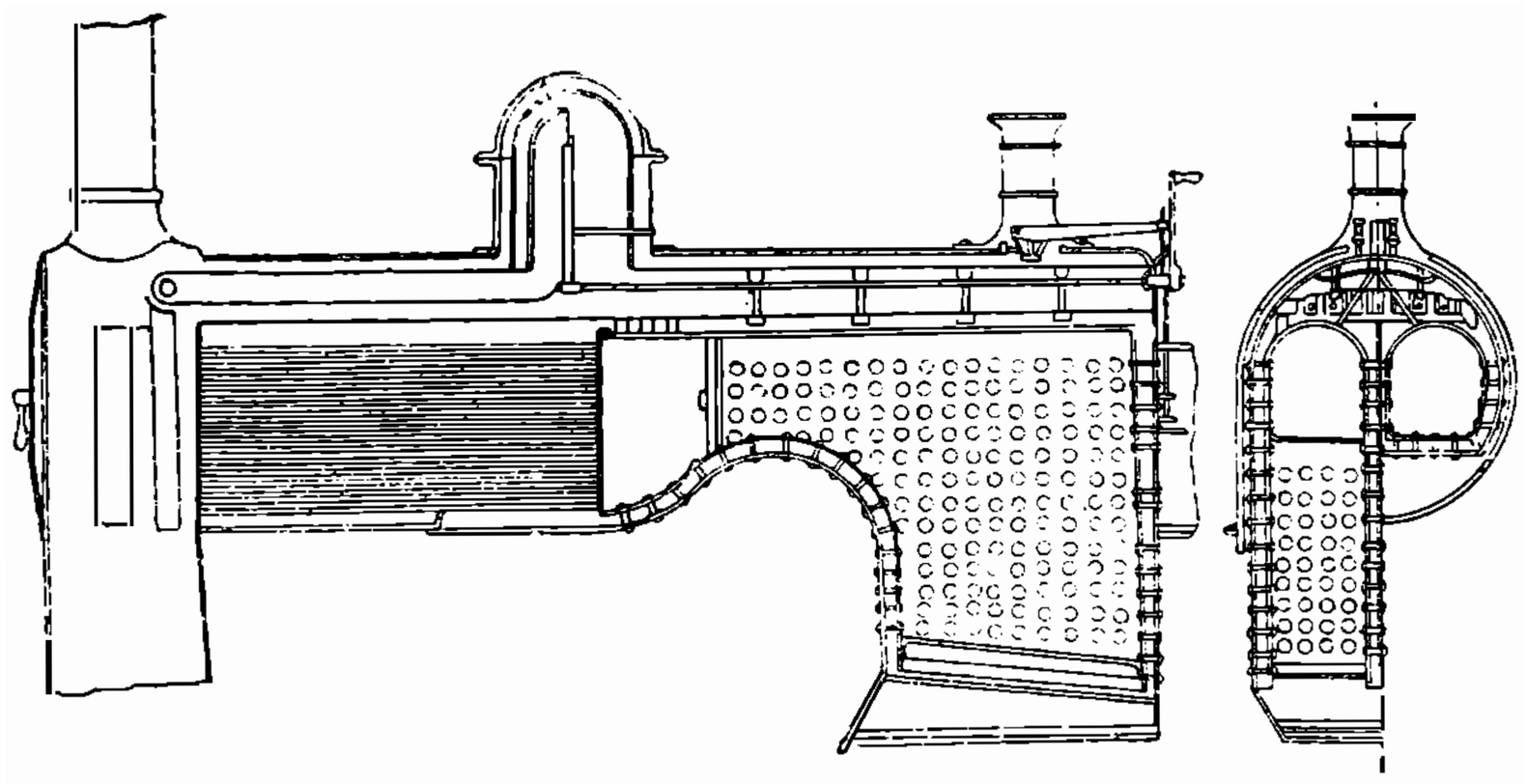
Производятся опыты по достижениям высоких скоростей с существующими паровозами. Так, 18 ноября 1936 г. была произведена опытная поездка Москва—Ленинград на паровозе серии С^{у} со средней скоростью 98 *км/час* и максимальной 132 *км/час*, несмотря на неблагоприятные условия погоды. При придании паровозу С^{у} обтекаемой формы скорость может быть увеличена до 150—160 *км/час*.

§ 26. ДИАМЕТР ВЕДУЩИХ КОЛЕС

Вопрос о диаметре ведущих колес пересматривался несколько раз в зависимости от направлений в ж.-д. технике. Сначала диаметр возможно больше увеличивали, чтобы достигнуть значительных скоростей при ограниченном числе оборотов осей во избежание нагревания трущихся частей и уменьшения мятия пара и искажения индикаторных диаграмм. В паровозе 2—1—1 «Cornwall» (фиг. 79) диаметр достиг даже 2 590 *мм*. Но, с другой стороны, при этом приходится

НБ УДУНТ (ДИТ)

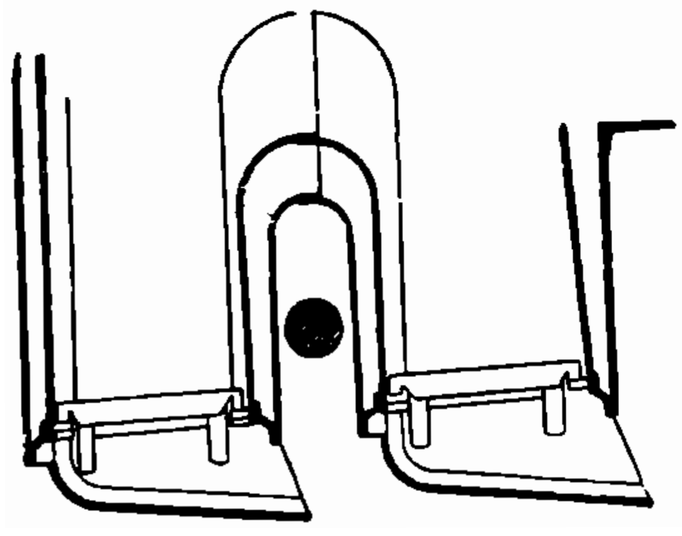
высоко поднимать котел и, следовательно, центр тяжести паровоза, что в обшем не одобрялось, так как считали, что паровоз теряет свою устойчивость и его движение с большими скоростями будет не безопасно. Чтобы соединить большие колеса с низким центром тяжести, иногда принимали ряд весьма оригинальных мер, например:



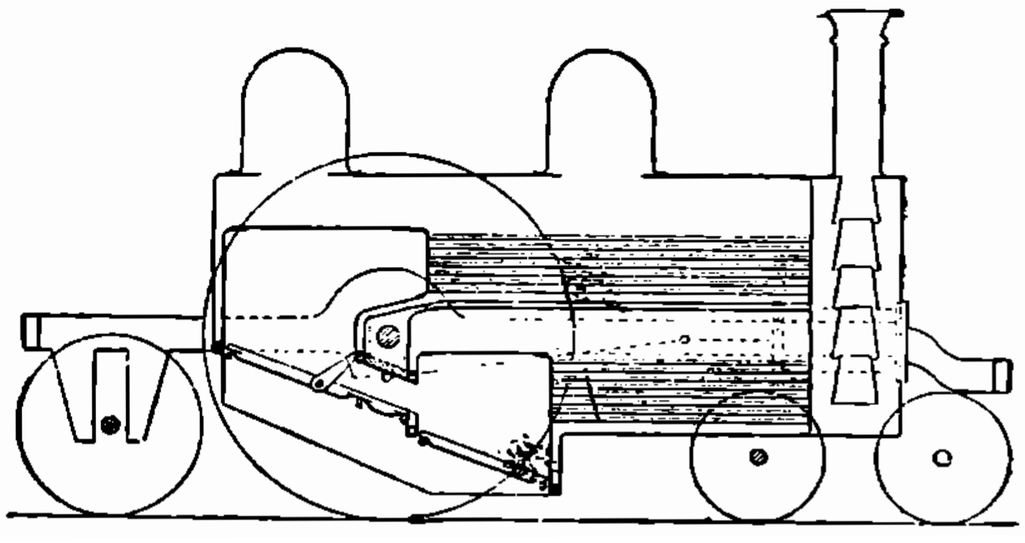
Фиг. 243

1) придавали котлам форму, обходящую ось, например (фиг. 243) котел паровоза 1—1—1 французских Северных ж. д. системы Мак-Коннелля (Mac'Connell) с двойной топочной камерой (50-е годы);

2) так как топки строились глубокие, то особенные затруднения были при взаимном размещении осей и топок, почему иногда соответствующим образом изменяли форму последних, например (фиг. 244)— 1852 г. Англия или (фиг. 245) — двойной котел по проекту Кальбурна (Calburn) — 1854 г.;



Фиг. 244



Фиг. 245

3) выносили ведущие оси за пределы котла, как, например, в паровозах Крамптона (фиг. 78);

4) наконец, был даже пример помещения котла под ведущею осью в известном паровозе Тревтика «Cornwall» (фиг. 246), но, как сказано в § 11, котел затем подняли над осью (фиг. 79) и тем не менее паровоз развивал наибольшую в то время скорость в мире.

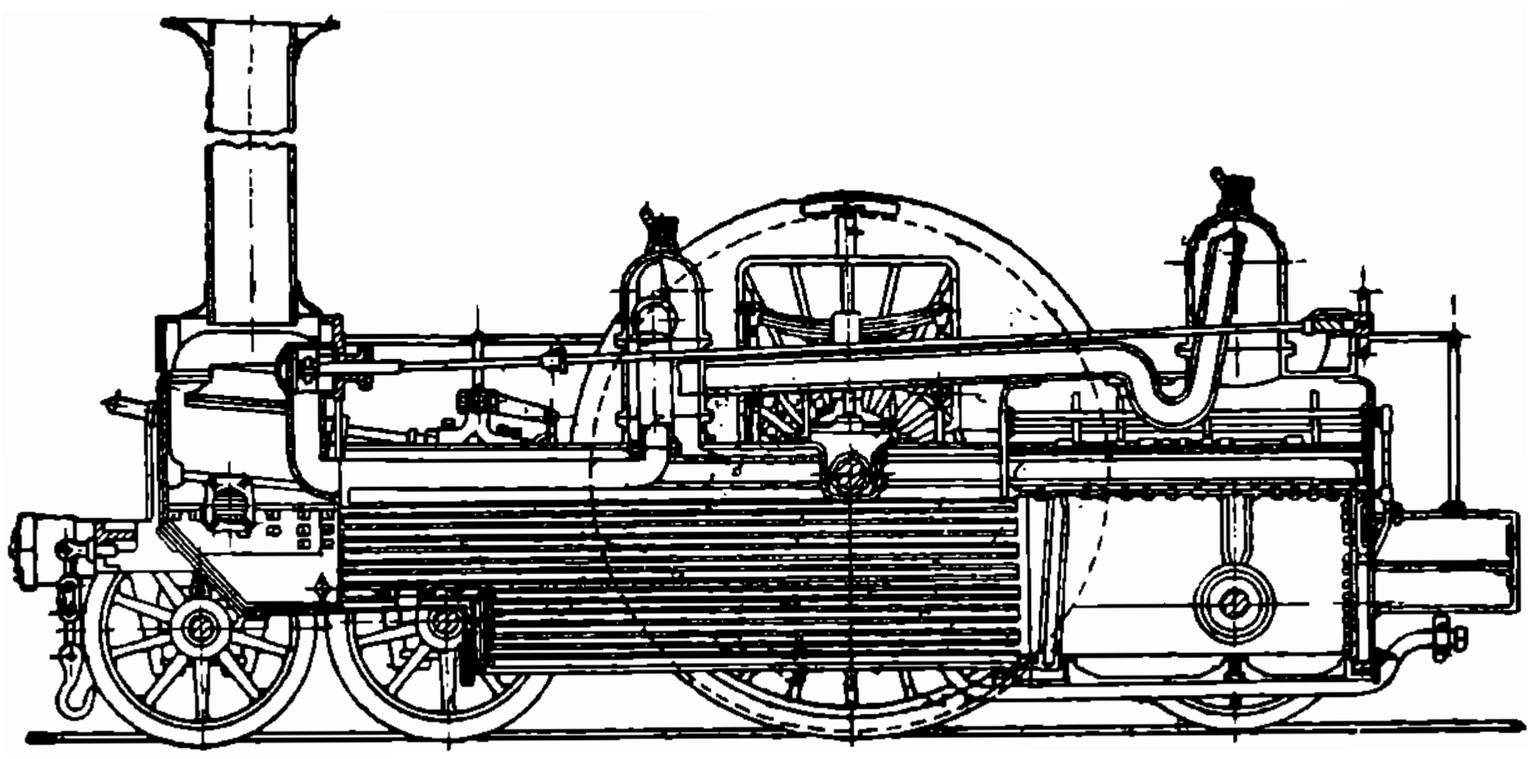
Были примеры применения колес исключительно больших диаметров: в паровозе «Парижанка» («La Parisienne») типа 0—3—0 и в вагоне системы «Эстрада», построенном заводом Boulet & C° в Париже в 1886 г. Диаметр колес для паровоза, тендера и вагона был взят в 2500 *мм* (фиг. 205 и 206). Опыты с этим паровозом были неудачны.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В дальнейшем перешли снова к уменьшению диаметра ведущих колес D, так как по известной формуле

$$F_k = \eta_m \cdot \frac{d^2 \cdot h}{D} \cdot P_i$$

сила тяги F_k обратно пропорциональна диаметру D. Поэтому начали особенно значительно уменьшать D в товарных паровозах, доведя их у нас в паровозах 0—4—0 О и других до 1 200 *мм*, и уменьшили у пассажирских паровозов 1—3—0 Н диаметр с 1 900 до 1 700 *мм*.



Фиг. 246

Но безопасность высокого центра тяжести была доказана еще в 1850 г. Гамеллем (Gamell), с другой же стороны, повышенная нагрузка на оси при малых диаметрах колес вызывает значительное удельное давление и потому способствует быстрому износу рельсов и бандажей. Поэтому теперь снова переходят к спаренным колесам возможно большего диаметра, даже в товарных паровозах, доведя в них диаметр до 1600 *мм* и выше[1] и поднимая ось котла до предела, допускаемого габаритом; что же касается увеличения силы тяги, то это достигается путем увеличения числа и размеров цилиндров и давления пара.

§ 27. УВЕЛИЧЕНИЕ СИЛЫ ТЯГИ ПОСРЕДСТВОМ УТИЛИЗАЦИИ НАГРУЗОК ТЕНДЕРНЫХ И ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ ОСЕЙ

Здесь может быть несколько способов:

1) увеличить цилиндровую силу тяги паровоза путем помещения новой добавочной машины, которая, получая пар от общего паровозного котла, приводит в движение:

а) тендерные оси или

б) поддерживающие оси паровоза,

при этом новые машины пускаются в ход только на особых местах пути (подъемах, при трогании с места со станции);

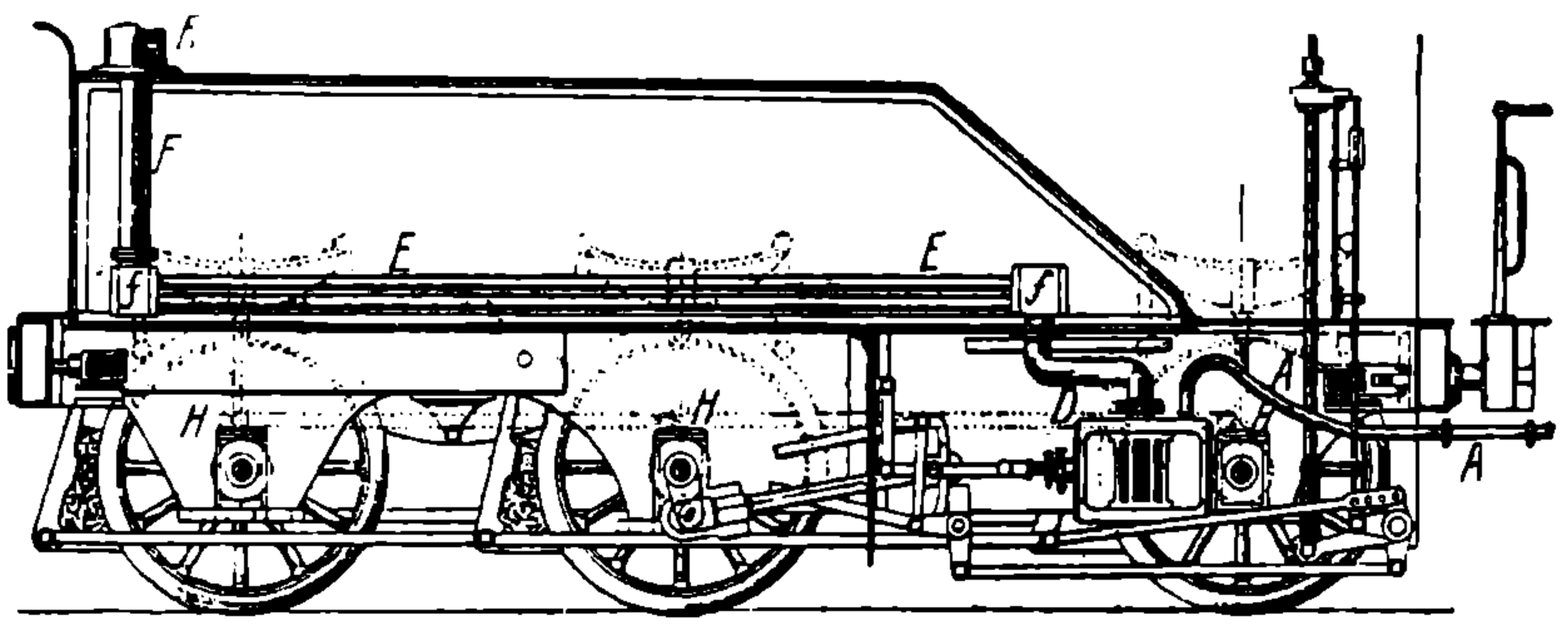
2) увеличить только в надлежащий момент сцепной вес паровоза путем изменения нагрузки между осями, не прибавляя новой машины;

[1] В быстроходном обтекаемом паровозе типа 2—3—2, построенном заводом Борзига в 1934., диаметр ведущих колес равен 2 300 *мм*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

3) или увеличить и сцепной вес и цилиндровую силу тяги, вводя специально для этого сконструированные оси.

Первый способ далеко не нов: еще в 1863 г. инж. Стёрок (Sturrock) в Англии применил паровую двухцилиндровую машину к тендерным спаренным осям, средняя из которых была сделана коленчатой (фиг. 247). Трубы *E*, уложенные на дне тендера, образовывали



Фиг. 247

конденсатор; по трубе *F* остаток не успевшего сконденсироваться пара отводился в атмосферу, а конденсационная вода, ударяясь в воронку, помещенную в более широкой трубе F_1, возвращалась в тендер; *A* — паропроводная труба из котла.

Фиг. 248

Сила тяги паровоза, благодаря таким «моторным тендерам» увеличилась на 30—50%, почему подобных тендеров для тяжелых товарных поездов Большой Северной ж. д. в Англии было построено 46. Подобных примеров было несколько, например в 1917 г. в С. Америке на Южной ж. д. (Southern RW) на тендерах паровозов 1—4—1 были поставлены внешние цилиндры, причем тендеры брались типа 1—4—0 и 1—3—0 (фиг. 248).

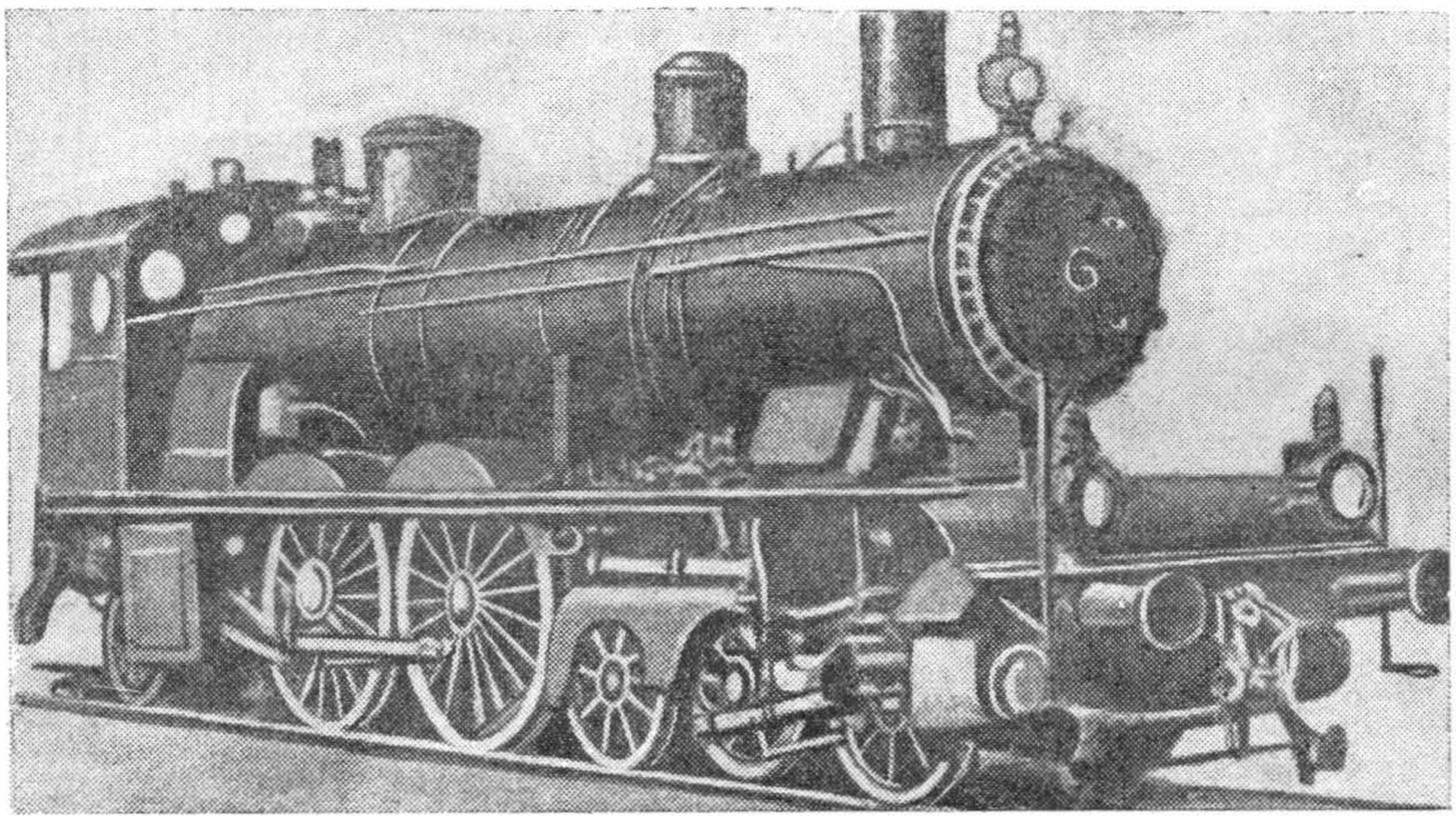
В С. Америке в 1910 г. стали применять особую небольшую паровую машину, так называемый бустер, которая приводила в движение заднюю поддерживающую ось паровозов в типах 2—3—1, 1—4—1, 1—5—1, но в настоящее время обыкновенно приводят в движение и бустером двух- или трехосные тележки тендеров, причем сила тяги увеличивается на 15—20%.

Хотя стоимость бустеров довольно высока и их машины в общем неэкономичны, но выгода от возможности увеличения веса поездов и их скорости на больших подъемах оказалась настолько высокой, что стоимость бустеров окупается и в очень короткое время. Поэтому

НБ УГЛТУ (ДИТ)

ими в С. Америке начали снабжать даже пассажирские паровозы и появились специальные заводы, например Франклин и К⁰, Бетлехем и др., занимающиеся изготовлением бустеров.

В Европе бустер не применяли, но с 1923 г. в Англии бустер начали применять с большим успехом на паровозах 2—2—1. Полагают, что бустер может несколько усилить старые паровозы.



Фиг. 249

В приведенных случаях паровые машины тендера пускались в ход в случае необходимости. При этом, понятно, котел должен был давать большое количество пара. Примером утилизации тендерных осей основной машины паровоза может служить шестицилиндровый триплекс (фиг. 174).

Увеличение только сцепного веса производится или автоматическим приводом от переводного винта или ручным приводом от рукоятки машиниста, причем происходит временное изменение распределения нагрузок между осями. У нас такое приспособление было поставлено Сормовским заводом на паровозах 1—3—1 С, но в эксплоатации оно оказалось неудовлетворительным и теперь с паровозов серии С снято.

Третий тип ввиду своей сложности употреблялся очень редко и теперь оставлен. Примером может служить паровоз 2(3)—2—1 Краусса (Мюнхен), бывший на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. (фиг. 249). Между осями тележки помещена третья вспомогательная ось, независимая и не имеющая бокового передвижения, почему она была без гребней для более легкого прохода по кривым. Особым механизмом, состоящим из двух паровых цилиндров, показанным на фиг. 249, эта ось может подниматься и, когда надо, оспускаться и прижиматься к рельсам. При опускании вниз на эту ось автоматически начинают действовать два цилиндра однократного расширения, приводящие ее во вращение, причем получается добавочная сила тяги, равная 2 440 *кг*, т. е. около 50% всей силы тяги, развиваемой главной машиной.

Как видим, устройство крайне сложное. Заметим, что этот паровоз вообще отличался рядом оригинальных деталей и представлял одну из достопримечательностей выставки.

НВ УДУНТ (ДИТ)

Были и другие предложения увеличивать силу трения между рельсами и колесами, например в 1851 г. Краусс предложил для этого поставить в середине особый возвышающийся рельс трения, на который должны были надавливать горизонтально лежащие ролики паровоза — способ, который раньше был уже рекомендован Виньолем и Эриксоном, а потом в измененном виде применен в 1863 г. Феллем (Felle) в паровозе при постройке туннеля на Мон-Сени и в других местах, но он оказался практически неудобным.

§ 28. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТИПОВ ПАРОВОЗОВ

В настоящее время целый ряд стран занят вопросами стандартизации, для чего образованы специальные комитеты. В отношении паровозов поставлен вопрос и о взаимозаменяемости их деталей.

Но грандиозная и многолетняя задача стандартизации типов возможна только при условии объединения всего ж.-д. хозяйства страны и совместной деятельности в этом направлении транспорта и паровозостроительной промышленности.

В этом направлении наибольшего внимания заслуживают работы Германского комитета по паровозным нормам (Alna), основанного 13 февраля 1918 г., и его распорядительного бюро (Elna). После объединения германских дорог явилась необходимость стандартизовать типы паровозов, так как их налицо оказалось 57; они строились в бывших разных германских государствах в зависимости от местных условий.

Из этих типов выделяется ряд паровозов, являющихся по глубокой продуманности конструкций и по всем эксплоатационным качествам одними из лучших в мире. Приводим их перечень и некоторые размеры (табл. 2 и 3).

До соединения ж.-д. сети германские небольшие государства имели малую протяженность, и потому число указанных паровозов было бы для всей сети недостаточным; с другой же стороны, при их превосходных общих качествах многие детали уже не всегда удовлетворяли современным требованиям и не могли быть приняты при стандартизации. Поэтому было постановлено создать новые стандартизованные типы и новые паровозы строить по этим новым проектам, причем в них должно было быть возможно большее число одинаковых и взаимно заменяемых частей.

Для установления новых типов была образована специальная комиссия (Берлин, Тегель), которая после всестороннего обсуждения вопроса с участием всех заинтересованных представителей промышленности утвердила следующие типы стандартизированных паровозов (все с перегревом пара) и предложила приступить к их детальному проектированию:

1) 2—3—1— для скорых поездов в двух вариантах: четырехцилиндровый компаунд и двухцилиндровый однократного расширения для опытного определения наивыгоднейшего типа машин (фиг. 250 и 251);
2) 1—4—1—пассажирский с 3 цилиндрами (фиг. 252);
3) 2—3—0—пассажирский с 2 цилиндрами;
4) 1—5—0—товарный в двух вариантах: с 2 и 3 цилиндрами однократного расширения (фиг. 217);
5) 1—4—0—товарный с 2 цилиндрами;
6) 1—3—0—товарный с 2 цилиндрами;

НБ УДУНТ (ДИТ)

Железные дороги	Тип	Серия	Год и завод постройки первого паровоза	Наибольшая скорость в км/час
Пассажирские				
Баварские .	2—3—1	$S^3/_6$	1912 Маффей	120
Баденские . . .	2—3—1	IVn	1919 Маффей	100
Вюртембергские .	2—3—1	C	1908 Эсслинген	100
Саксонские . .	2—3—1	XVIIIH	1917 Гартман	100
Саксонские . . .	1—4—1	XXHV	1918 Гартман	100
Ольденбургские .	1—4—1	S_{10}	1917 Ганомаг	100
Товарные				
Баварские .	0—5—0	$9^5/_5$	1920 Маффей	60
Баденские . . .	1—4—0	VIIIe	1908 Маффей	65
Вюртембергские .	1—6—0	K	1918 Эсслинген	60
Саксонские . .	1—5—0	XIIH	1919 Гартман	65
Танк-паровозы				
Баварские .	1—3—2	$Pt^2/_6$	1911 Краусс	90
Баварские .	0—4—0+0—4—0	$Gt\times^4/_4$	1914 Маффей	50
Баденские .	1—3—1	VIc	1914 Карлсруэ	90
Саксонские .	1—3—1	XIVHT	1918 Гартман	75
Саксонские . .	0—5—0	XIHT	1918 Гартман	45

Прусско-Гес

Курьерские . .	2—3—1	01	1925 Борзиг	120
Курьерские .	2—3—0	S_{10}	1910 Шварцкопф	110
Курьерские .	2—3—0	$S1_{10}$	1914 Геншель	110
Курьерские .	2—3—0	S^3_{10}	1914 Вулкан	110
Пассажирские .	2—3—0	P_8	1914 Шварцкопф	100
Пассажирские .	1—4—1	P_{10}	1922 Борзиг	120
Товарные . .	0—4—0	G^1_8	1912 Шихау	55
Товарные .	0—5—0	G_{10}	1910 Геншель	60
Товарные .	1—5—0	G_{12}	1917 Геншель	65
Танк-паровозы .	2—3—2	T_{18}	1912 Вулкан	90
Танк-паровозы	1—4—1	T_{14}	1913 Унион	65
Танк-паровозы .	0—5—0	T^1_{16}	1914 Шварцкопф	40
Танк-паровозы .	1—5—1	T_{20}	1922 Борзиг	70

НБ УДУНТ (ДШТ)

Таблица 2

Давление в котле в *ат*	Площадь колосн. решетки в $м^2$	Число цилиндров	Диаметр цилиндров в *мм*	Ход поршня в *мм*	Диаметр ведущих колес в *мм*	Вес в рабочем состоянии в *т*	Сцепной вес в *т*	Примечание
15	4,50	4	425/650	670	2 000	89,5	48,0	
15	5,00	4	440/680	680	2 100	97,0	53,4	Фиг. 233
15	3,95	4	420/620	612	1 800	87,8	48,0	
14	4,50	3	500	630	1 905	93,5	50,7	
15	4,50	4	480/720	630	1 905	99,9	68,6	Фиг. 235
14	3,00	2	580	630	1 980	73,9	45,4	
16	3,70	4	450/690	610/640	1 270	83,4	83,4	
16	3,75	4	395/635	640	1 350	77,1	65,5	
15	4,20	4	500/750	650	1 350	108,0	94,6	Фиг. 218
14	3,90	3	570	660	1 400	96,5	82,8	
13	2,34	2	530	560	1 500	92,8	47,4	
15	4,25	4	520/800	640	1 216	127,6	127,6	
12	2,00	2	540	640	1 600	78,4	49,9	
12	2,30	2	550	600	1 590	82,2	49,4	
12	2,27	2	620	630	1 260	77,3	77,3	

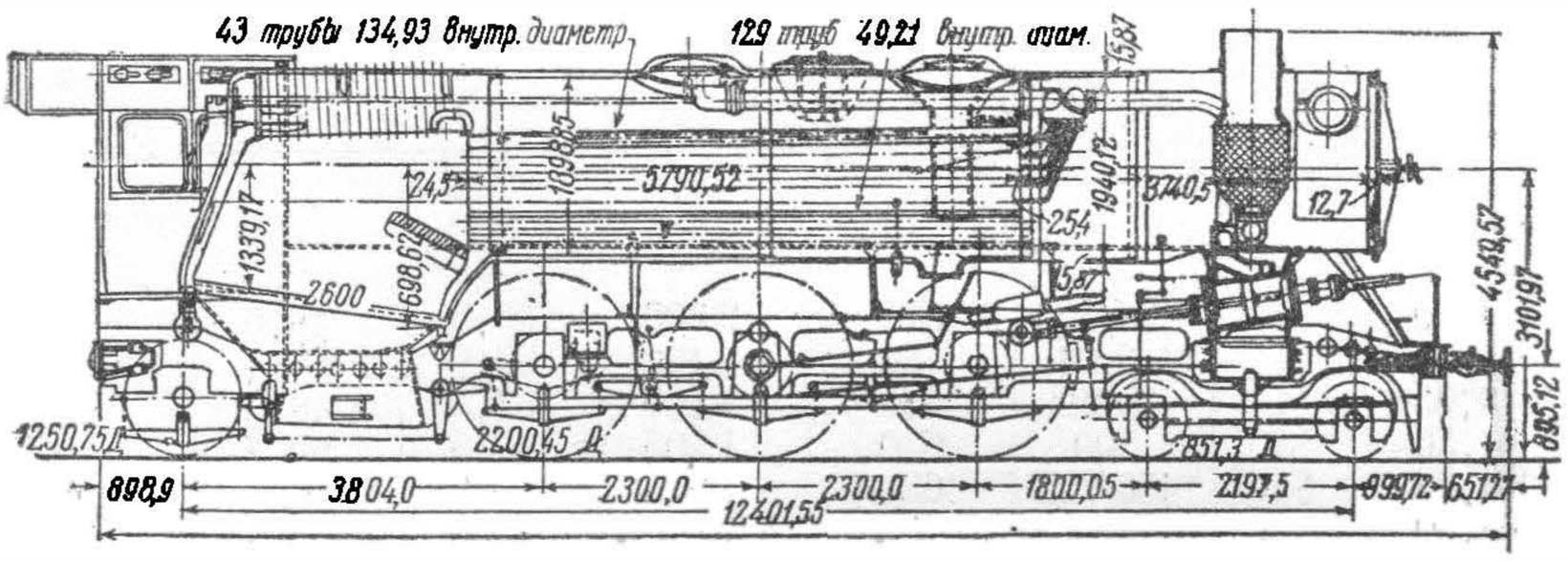
Таблица 3

сенская ж. д.

16	4,50	2	650	660	2 000	108,9	59,2	Фиг. 251
14	2,86	4	430	630	1 980	77,2	50,9	
15	3,18	4	400/610	660	1 980	83,1	53,2	
14	2.86	3	500	630	1 980	80,9	53,4	
12	2,64	2	575	630	1 750	78,2	51,6	
14	4,00	3	520	660	1 750	110,4	75,7	Фиг. 252
14	2,66	2	600	660	1 350	69,9	69,9	
12	2,63	2	630	660	1 400	76,6	76,6	
14	4,70	3	600	660	1 400	114,1	99,4	Фиг. 217
12	2,44	2	560	630	1 650	105,0	51,1	Фиг. 238
12	2,56	2	600	660	1 350	97,6	63,4	
12	2,30	2	610	660	1 350	84,9	84,9	
14	4,36	2	700	660	1 400	127,4	95,3	Фиг. 219

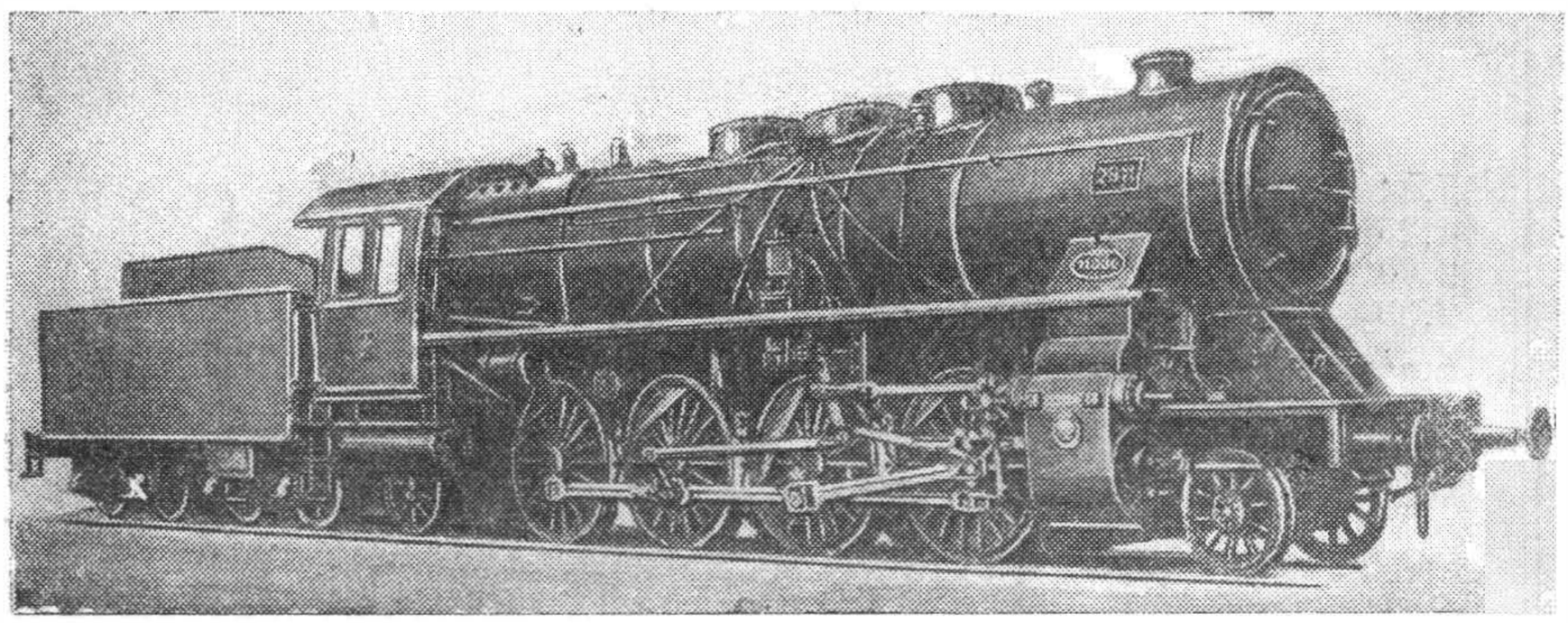
НБ УДУНТ (ДИТ)

7) 2—3—2—пассажирский танк-паровоз с 2 цилиндрами;
8) 1—3—1—пассажирский танк-паровоз с 2 цилиндрами;
9) 1—5—1—товарный танк-паровоз в двух вариантах: с 2 и 3 цилиндрами однократного расширения;
10) 1—4—1—товарный танк-паровоз с 2 цилиндрами.

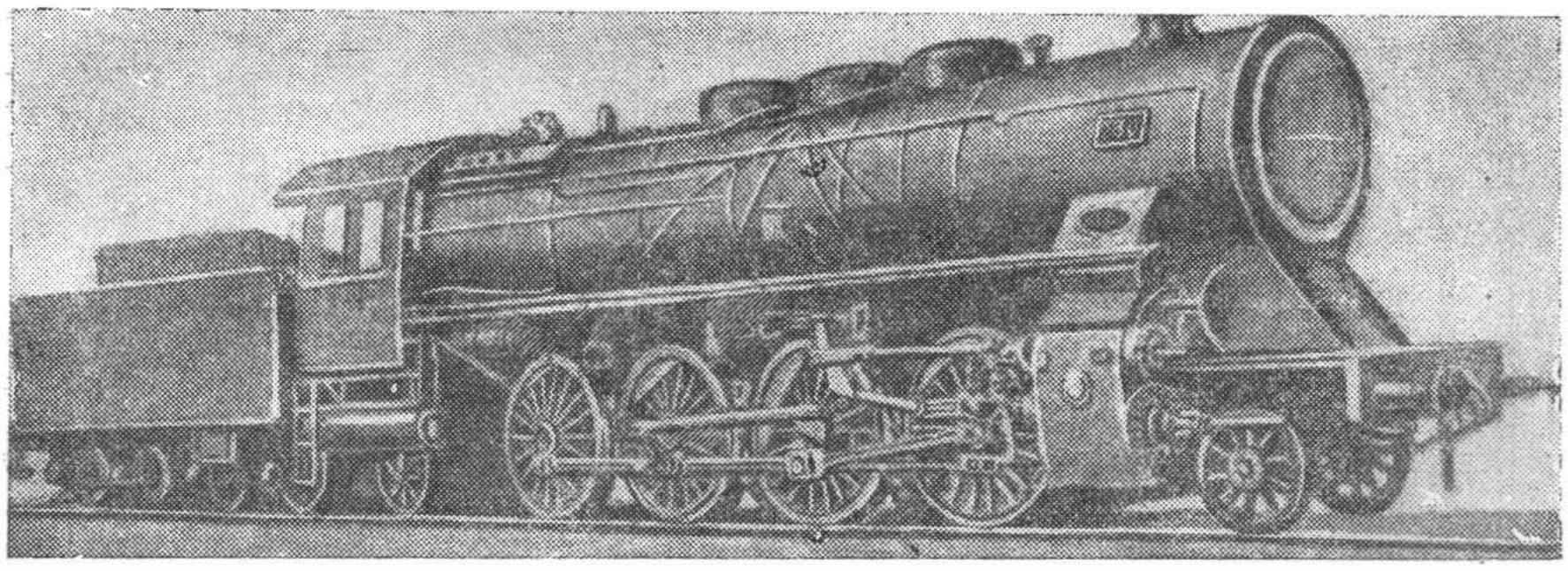


Фиг. 250

Для всех приведенных десяти типов давление от оси 20 *т*, допустимое для пути и мостов.



Фиг. 251



Фиг. 252

Для маневровой службы остановились на следующих типах **без перегрева**:

11) 0—5—0 — танк-паровоз для маневров на станциях с солидными путями;

НБ УДУНТ (ДИТ)

12) 0—4—0—то же с менее солидными путями и
13) 0—3—0—то же со слабыми путями.

При этом давление от оси допущено 20 *т* для первого типа и 17,5 *т* для двух последних.

Для путей второстепенных со слабыми рельсами, допускающими давление от оси в 15 *т:*

14) 1—3—0 — для пассажирских и товарных поездов;

15) 1—3—1 — пассажирский танк-паровоз;

16) 1—4—1 — товарный танк-паровоз.

Все типы для поездной службы снабжены подогревателями воды.

Таким образом установлено 16 типов стандартизованных паровозов. Установлен ряд стандартизованных размеров различных частей паровозов:

наружный диаметр котла: 1 900, 1 800, 1 700 и 1 500 *мм;*

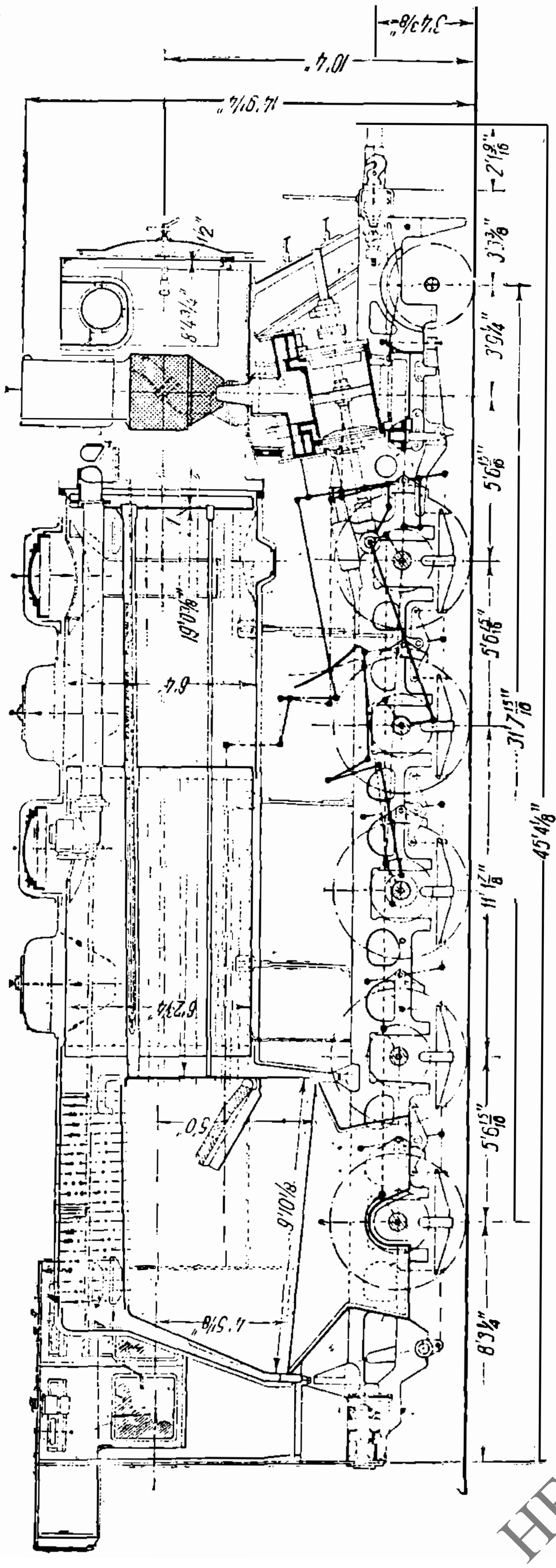
внутренний диаметр цилиндров (не компаунд): 650, 600 и 570 *мм;*

ход поршня: 660 *мм* для поездных паровозов и 630 *мм* для маневровых;

диаметр ведущих колес паровозов: курьерских — 2 000, пассажирских—1 750, товарных — 1 400 и маневровых — 1 250 *мм*;

диаметр поддерживающих колес: 650 *мм* для передних тележек и 1 250 *мм* для задних поддерживающих осей.

Все паровозы, снабженные перегревом, должны иметь элементы перегревателей с четырьмя трубами 30/38 *мм,* расположенные в жаровой трубе диаметром 125/133 *мм.* При длине жаровых труб в 5 000 *мм* диаметр жаровых труб — 135/143 *мм.*



Фиг. 253

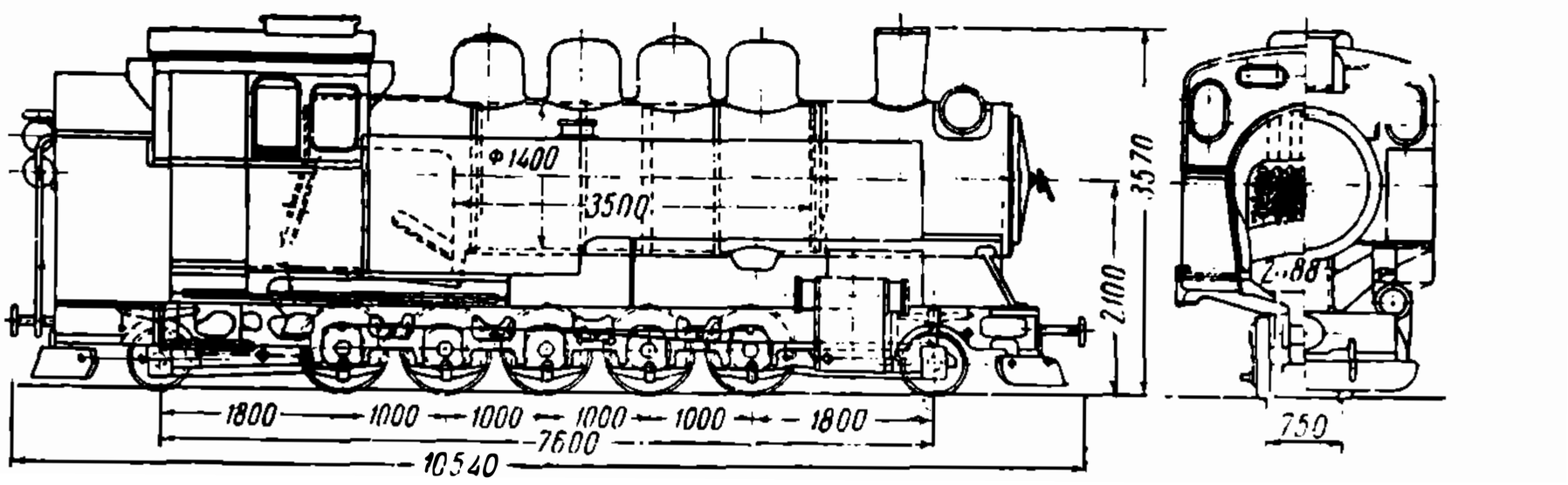
НБ УДУНТ (ДШТ)

Тележки паровозов 2—3—0, 2—3—1 и 2—3—2 одинаковы, так же как задние биссели 2—3—1 и 1—4—1.

Все биссели передние и задние товарных паровозов взаимозаменяемые. Рамы — брусковые.

Проекты некоторых стандартных типов уже опубликованы. Приводим тип 2—3—1 (фиг. 250) и тип 1—5—0 (фиг. 253).

У них одинаковы: длина дымогарных труб—5 800 *мм*, число жаровых труб — 43, дымогарных — 129. Площадь колосниковой решетки у первого — 4,5 *м*²; у второго — 4,7 *м*².

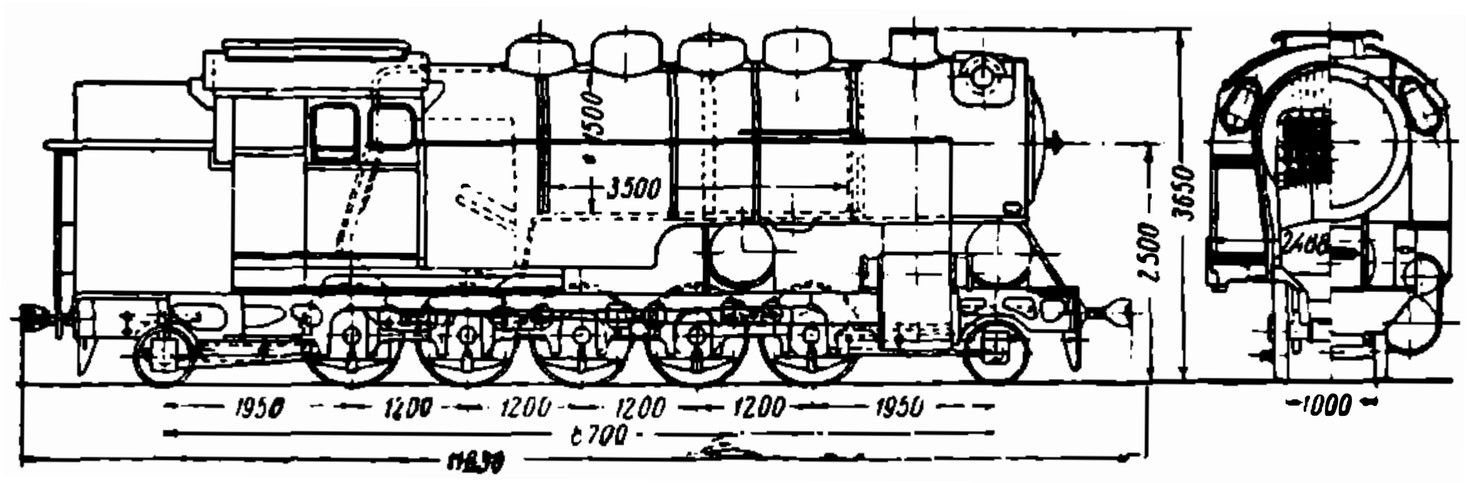


Фиг. 254

У обоих водоподогреватели Кнорра из 118 труб в верхней части дымовой коробки. Перегреватель Шмидта. Давление от оси — 20 *т*. Кулиса Гейзингера.

Таких паровозов уже построено для опытов по два: 2—3—1 с двумя цилиндрами однократного расширения и четырьмя цилиндрами компаунд и 1—5—0 с двумя и тремя цилиндрами однократного расширения.

В связи со стандартизацией паровозов для нормальной колеи Общество германских ж. д., эксплоатирующее в средней Германии вы-



Фиг. 255

сокоразвитую сеть узкоколейных ж.-д. линий, также столкнулось с чрезвычайным разнообразием типов узкоколейных паровозов, которые заказывались раньше, когда существовали еще ж.-д. управления отдельных германских стран, причем эти типы уже перестали удовлетворять повышенным требованиям современного движения. Поэтому заводом Шварцкопфа были спроектированы и построены

УДУНТ (ДИТ)

стандартные танк-паровозы типа 1—5—1 с перегревом пара для колей в 750 и 1000 *мм* с максимальным давлением на ось для первых — 9 *т* и для вторых — 10 *т*. Значительная часть деталей у обеих серий взаимозаменяемая (фиг. 254 и 255).

Отметим заслуживающий внимания факт, что многие детали этих паровозов совпадают по конструкции с таковыми же у легких ширококолейных паровозов с давлением на ось в 15 *т*.

Стандартизация позволяет упростить в будущем работу конструкторских бюро, приготовление и постановку деталей; специализировать мастерские для ремонта отдельных типов; уменьшить число запасных частей в магазинах, что облегчает контроль расхода и приобретение их; ускорить время ремонта; однообразие типов облегчает организацию службы движения и работу депо и станций.

Имеются уже примеры крупных стандартизаций типов или деталей паровозов в других странах, приведем некоторые из них:

1. В СССР паровозный парк обновляется в настоящее время новыми мощными советскими типами товарных паровозов типа 1—5—1 ФД и пассажирских типа 1—4—2 ИС, которые имеют тождественные котлы и цилиндры и значительное количество других одинаковых деталей (элементов и коробок перегревателя, котельную и цилиндровую арматуру, крейцкопфы и пр.).

2. Заводами Борзига и Шварцкопфа в 1930 г. для Югославских ж. д. были построены 110 паровозов скорых (2—3—1), пассажирских (1—4—1) и товарных (1—5—0), имевших одни и те же котлы, одинаковое давление от оси — 18 *т* и много одинаковых взаимозаменяющихся деталей.

Интересны задания, данные заводам:

для скорых паровозов: вес поезда 400—500 *т*, скорость на горизонтали 100 *км/час* и на подъеме 0,010 от 50 до 60 *км/час;* сила тяги по опытам не превосходила 6 500 *кг;*

для пассажирских: вес поезда 600 *т*, скорость на горизонтали 80 *км/час* и сила тяги на крюке 9 000 *кг;*

для товарных: вес поезда 1 500—1 800 *т*, предельная скорость 65 *км/час* и 40—50 *км/час* на подъеме в 0,010; сила тяги на крюке 12 000 *кг*.

Давление пара — 16 *ат*, диаметр спаренных колес — 1 850, 1 600 и 1 350 *мм*.

3. Для Болгарских ж. д. двумя польскими и одним немецким заводом построены в 1932 г. товарные танк-паровозы типа 1—6—2 и типа 1—5—0 и пассажирских типа 1—4—1, которые имеют взаимозаменяемые у всех паровозов котлы, арматуру и многие части экипажа, паровой машины, тормозов и пр.

В США главнейшие части машин, ходовых частей и пр. делают так: размеры их меняют через определенные интервалы, например цилиндры через один дюйм по диаметру и через два дюйма по длине и т. д., что уменьшает число моделей и шаблонов и облечает на заводах составление чертежей и таблиц.

Вместе с тем это облегчает ремонт и увеличивает пропускную способность заводов.

Стандартизация соответствует и требованиям времени, поскольку упрощение теперь рассматривается как основание современной организации хозяйства.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Глава седьмая

ПАРОВОЗОСТРОЕНИЕ В ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ И СССР

§ 29. НАЧАЛО РУССКОГО Ж.-Д. СТРОИТЕЛЬСТВА И ПАРОВОЗОСТРОЕНИЯ

Честь постройки первого паровоза в России принадлежит уральскому механику Черепанову, который построил его по собственному проекту в 1833 г. на Урале после возвращения из заграничной командировки. Паровоз служил для возки угля и руды.

Почему паровозная тяга на Нижнетагильском заводе, где работал этот паровоз, не получила дальнейшего распространения в то время — неизвестно, но паровоз был забыт.

Первое описание этого паровоза помещено в «Горном журнале» за 1835 г. (№ 5, стр. 445) в статье под заглавием: «Известие о сухопутном пароходе, устроенном в уральских заводах в 1833 г.» Статья представляет настолько глубокий интерес, не только исторический, но и технический, что мы ее приводим полностью с сохранением стиля.

ИЗВЕСТИЕ О СУХОПУТНОМ ПАРОХОДЕ, УСТРОЕННОМ В УРАЛЬСКИХ ЗАВОДАХ В 1833 ГОДУ

Нижнетагильских горных гг. Демидовых заводов, Михаил Ефимович Черепанов, известный в Уральских промыслах множеством полезных заводских машин, им устроенных, занялся в последнее время делом паровых машин. Имев случай быть в Англии в 1821 году, он вскоре после этого построил две паровые машины обыкновенного давления силою против 30 и 43 лошадей. Машины его действуют успешно при известном руднике Нижнетагильского завода, где оные употреблены для беспрерывного отливания воды, сильный приток имеющей, из глубины 45 сажень. После того устроена им еще одна паровая машина силою в 40 лошадей в заводах наследниц Расторгуева.

По ходатайству Главного Начальника заводов хребта Уральского Черепанов Всемилостивейше награжден серебряною медалью.

Сын означенного Черепанова, находясь всегда при отце, так же, как и он, пристрастился к механике и в особенности к делу паровых машин. Для развития его способностей и в поощрение службы, доставлен ему случай быть в Англии, в прошлом 1833 г., где он в кратковременное свое пребывание, при тщательном внимании ко всему до горного дела относящемуся, особенно вникал в устройство сухопутных пароходов, и несмотря на предстоящие ему затруднения как по незнанию языка, так и по невозможности видеть внутреннее расположение машин, в действии находящихся, он успел по возвращении своем в Нижнетагильские заводы, в том же 1833 году, устроить небольшой сухопутный пароход, с помощью отца своего, опытного практика.

При первом приступе к исполнению сего предприятия, встречены были Черепановым следующие затруднения. Во-первых, печь, им избранная, не давала довольно жара, так что котел долго нагревался, и паров оказалось недостаточно, и во-вторых, он был озабочен приисканием удобного механизма для соделания парохода его способным ходить взад и вперед без поворачивания, как то делают обыкновенные повозки. При необычайной сметливости Черепановых и при данных им способностях, они однако же скоро достигли цели своей: сухопутный пароход, ими устроенный, ходит ныне в обе стороны по нарочно приготовленным на длину 400 сажень чугунным колесопроводам. Пароход их неоднократно был в действии и показал на деле, что может возить более 200 пудов тяжести со скоростью от 12 до 18 верст в час. Самый пароход состоит из цилиндрического котла — длиною $5^1/_2$ футов, диаметром 3 фута, и из двух лежачих цилиндров длиною 9 дюймов, в диаметре 7 дюймов.

После первых опытов, для усиления жара, прибавлено в котел некоторое число парообразовательных медных трубок и теперь имеется оных до 30. Обратное движение машины, без поворота, производится ныне переменою впуска в другую сторону, действием эксцентрического колеса, приводящего в движение паровые золотники.

Запас материала, состоящего из древесного угля и потребной воды, следует за пароходом в особом фургоне, к которому далее прикреплена повозка для всякой поклажи и для пассажиров до 40 человек.

Прошедшей осенью, в объезд по губернии Г. Пермского Гражданского Губернатора Селастенникова, удостоил он сам испытания сего парохода и, проехав на

НБ УДУНТ (ДШТ)

оном помянутую 400-саженную дистанцию, изъявил удовольствие свое трудившимся в устроении сего полезного для завода предприятия.

Упоминаемые чугунные колесопроводы, по которым ходил пароход, собраны в Нижнетагильском заводе для опыта; они назначены для употребления при перевозке руд, куда и будут перенесены в непродолжительном времени.

По испытании сего парохода, Черепановы приступили к устроению другого подобного парохода, несколько более прежнего. Оный находится уже в сборке, и есть надежда, что можно будет приступить к испытанию его в скором времени.

Из этой статьи мы видим, что Черепанов сконструировал самостоятельно механизм обратного хода и применял трубчатые котлы. Паровозов им, повидимому, было построено два.

Наше дальнейшее паровозостроение можно разбить на несколько периодов:

1. Начальный период (до 60-х годов), когда, имея малую ж.-д. сеть, оно ограничивалось постройкой паровозов на двух наших небольших заводах и ввоза паровозов из-за границы почти не было.

2. Следующий период (60-е и начало 70-х годов), когда при усиленном росте нашей ж.-д. сети и крайней незначительности нашего паровозостроения, не соответствующей спросу, пришлось прибегнуть к массовым заказам паровозов за границей.

3. Период с 70-х годов и до XX в., когда был построен в России ряд крупных заводов. Этот период регулярного русского паровозостроения отмечался частичными успехами и неудачами и был отмечен увлечением паровозами компаунд и нормализацией, причем применялся исключительно пар насыщенный.

4. XX в. (довоенное время) — эпоха значительного развития паровозостроения. Этот период отмечен широким применением перегрева пара (в котором русскими инженерами сделаны выдающиеся усовершенствования) и проектированием многих новых типов.

5. Послевоенный период — эпохи советской реконструкции транспорта, исключительной по своему размаху и задачам.

Эти периоды и будут последовательно рассмотрены.

Связь паровозостроения с общей политикой ж.-д. дела в России и СССР и с развитием русской промышленности обстоятельно изложена в книге Д. П. Ильинского и В. П. Иваницкого — «Очерк истории русской паровозостроительной и вагоностроительной промышленности» (1929 г)., отсылаем интересующихся к этой работе, здесь же обращено главное внимание на характер последовательного изменения нашего паровозного парка.

§ 30. 1-й период — до 1860 г.

Первая железная дорога, длиной 23 *км*, была построена между Петербургом и Царским Селом; движение на ней сначала производилось лошадьми до получения из Англии с завода Гакворта первого паровоза типа 1—1—0, который и сопровождал первый (пробный) поезд в России 3 ноября 1836 г.

Официально дорога для общего пользования была открыта 30 октября 1837 г. Первый поезд, из 8 пассажирских вагонов, шел со скоростью 60 верст, и 23 версты были пройдены в 28 мин. Паровозом управлял строитель дороги фон-Герстнер.

Вслед за первым были получены еще три паровоза: два от завода Стефенсона («Патентованный» 1—1—1) и один от завода Коккериля, который развивал до 120 *л. с.* и в рабочем состоянии весил 16 *т*.

Затем была построена дорога Варшаво-Венская.

На ней сначала движение было конное. Общество постройки до-

НБ УДУНТ (ДИТ)

роги ее не закончило из-за недостатка средств и дорога была достроена в 1842 г. средствами государства (начата частными средствами). Частично движение открыто в 1845 г., а полное — в 1848 г. Государственная эксплоатация продолжалась до 1857 г.

Считалось, что строить дороги — обязанность государства, почему частные предложения отклонялись. Для изучения ж.-д. строительства были отправлены за границу инженеры П. П. Мельников[1] и Крафт, и после их возвращения под их руководством начала строиться в 1843 г. ж. д. между Москвой и Петербургом (Николаевская, ныне Октябрьская) и была закончена в 1851 г. Первый сквозной поезд проследовал 19 августа 1851 г.; регулярное движение открыто с 1 ноября 1851 г. Дорога построена сразу двухколейной, что было тогда необычным явлением и не вызывалось экономическими соображениями. Следующая дорога, построенная сразу двухколейной, была только Северо-Донецкая (построена в 1908 г.); все остальные строились одноколейными.

В то время вопросу о ширине колеи не придавали значения и потому Царскосельская ж. д. имела ширину колеи 6′, Николаевская — 5′ при наличии стефенсоновской колеи в Англии 4′8½″ Возможно, что здесь играли роль и стратегические соображения.

В 1851 г. начата была казною постройка Петербург-Варшавской ж. д., но ее окончание затормозилось недостатком средств из-за Крымской войны.

Постройка этих дорог оказала решающее влияние на развитие русского паровозостроения, так как было решено поставить себя вне зависимости от заграничных заводов. В это время было основано два паровозостроительных завода:

1. В ведомство путей сообщения был передан 1 апреля 1844 г. Александровский чугунолитейный завод, построенный в 1824 г в Петербурге (ныне Пролетарский паровозоремонтный завод), причем он был сдан в аренду известному американскому инженеру Уайненсу и механикам Гаррисону и Истуйку, которые составили товарищество («Harrison, Winans & Eastwick») и заключили с правительством контракт на 6 лет на постройку паровозов и вагонов.

Вместе с тем указанное товарищество обязалось обучить машинистов, подготовить квалифицированных мастеров и кондукторов, т. е. подготовить железнодорожные кадры.

Завод этот сыграл крупную роль в деле подготовки технического заводского персонала, который затем позволил организовать русское паровозостроение в крупных размерах, и его по справедливости можно считать колыбелью нашего паровозостроения.

Он оставался в руках иностранцев в течение 25 лет и ограничил свою деятельность почти исключительно одной Николаевской ж. д. За время существования на нем было построено около 320 паровозов двенадцати различных типов. Из них укажем на следующие:

а) Александровским заводом был построен для одной Николаевской жел. дороги 121 товарный паровоз типа 0—3—0 (по образцу «стефенсоновских»), которые, после некоторых переделок, стали обычным типом наших дорог до 90-х годов. Первый паровоз был выпущен в 1846 г. Паровозы имели[2] давление от оси 7—9 *т*, наклон-

---

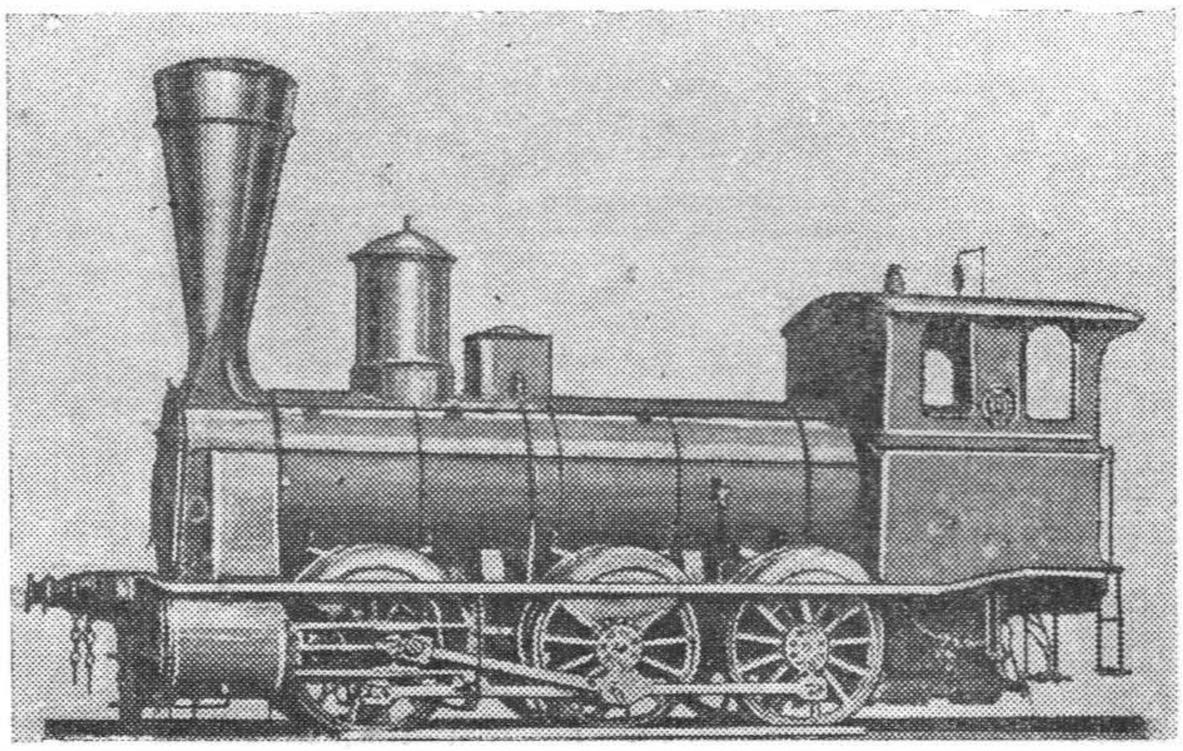
[1] Приказом 21/III 1836 г. в Институте путей сообщения было введено преподавание курса ж. д. под руководством П. П. Мельникова, который в 1862—69 гг. был министром путей сообщения.

[2] Railway and Locomotive Engineering 1903, стр. 401, статья Sinclair.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ные цилиндры, шатуны круглого сечения и питательные насосы. Кулиссного парораспределения еще не было, и были поставлены золотники, позволяющие менять только направление хода при одной (наибольшей) отсечке (система Eastwick). Не было будки машиниста.

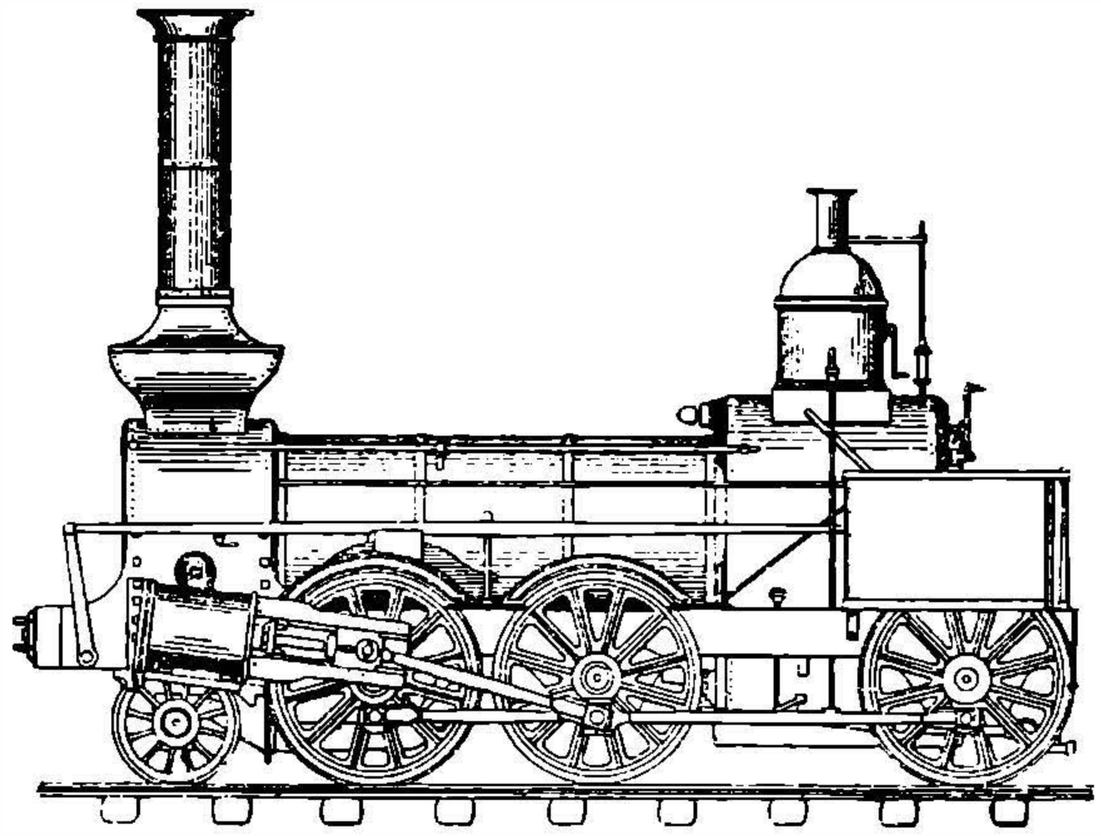
Продувательные цилиндровые краны можно было открывать и закрывать только руками, находу, бежавши рядом с паровозом, и когда колеса сделают несколько оборотов — надо было краны закрыть и вскочить на паровоз. Клапанов в поддувале не было. Колеса были чугунные, без противовесов. Сцепные приборы — однобуферные.



Фиг. 256

Тендера были четырехосные на деревянных рамах и с ручным тормозом с деревянными колодками одностороннего торможения.

Эти паровозы затем неоднократно переделывались, причем сменялись котлы, были поставлены будки, и в некоторых наклонные цилиндры сменены горизонтальными, а позже были поставлены инжектора, кулиссные механизмы и винтовая сцепка с буферами.



Фиг. 257

Такой переделанный паровоз со свешивающейся топкой показан на фиг. 256 (в старинных паровозах топка была расположена между двумя последними осями).

Некоторые паровозы были снабжены при переделке впереди бегунком: получился тип 1—3—0, впервые примененный в России (фиг. 257).

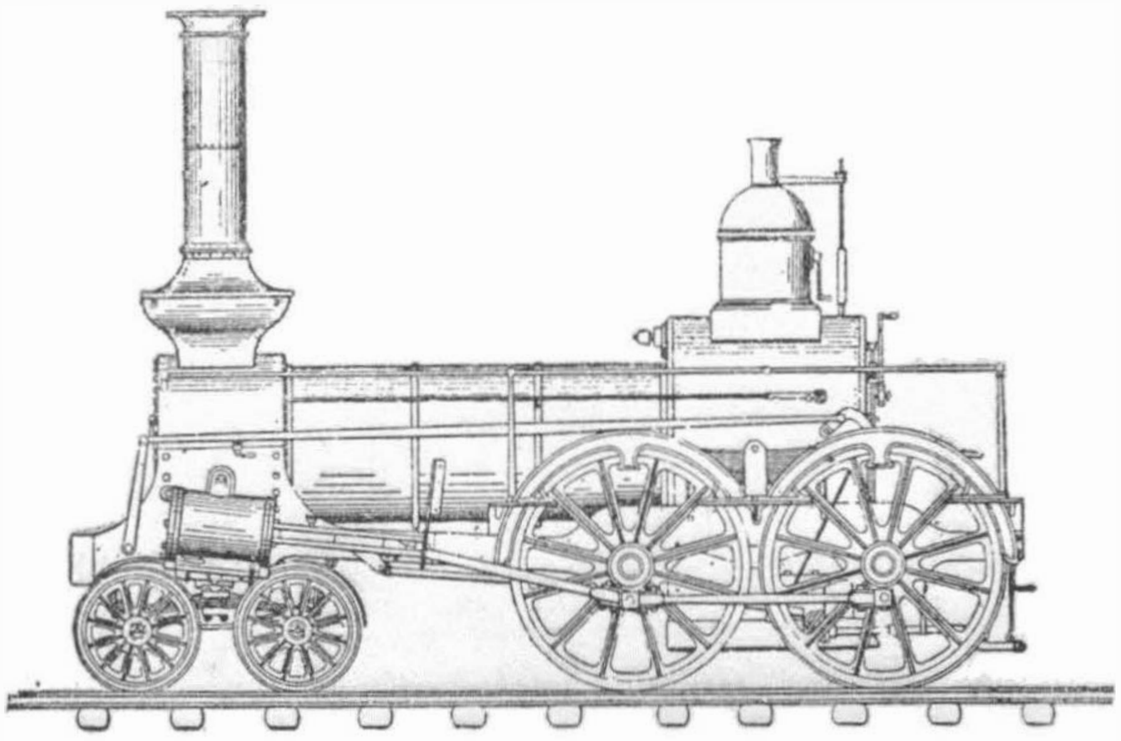
б) Кроме того в период 1846—1850 гг. Александровским заводом построено 43 пассажирских паровоза (фиг. 258) типа 2—2—0, которые во всех деталях были одинаковы с описанными товарными паровозами. В основании дымовой трубы был поставлен искроудержатель.

в) Для императорских поездов в 1858 г. на заводе построили два пассажирских паровоза типа 3—2—0 (с трехосной тележкой и диаметром спаренных колес 1980 *мм*), которые работали до 80-х годов.

г) Наконец, вследствие усилившегося товарного движения завод по собственному проекту приступил в 1858 г. к постройке четырех-

НБ УДУНТ (ДШТ)

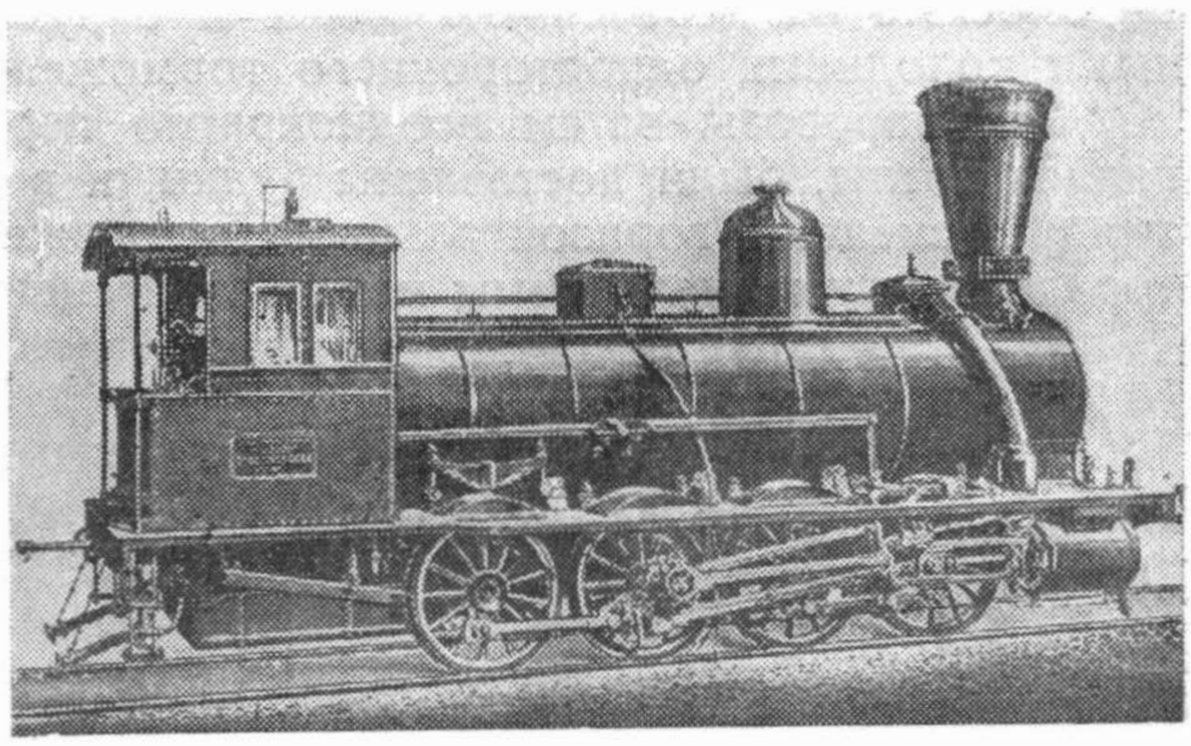
осных паровозов типа 0—4—0, первых в России этого типа. Эти паровозы были наиболее мощными, с давлением от оси 10,5 *т*, но этот тип стал нормальным только к 90-м годам, когда постройка трехосных паровозов прекратилась. Паровозов 0—4—0 было в 1858 г. построено 16 и затем, после некоторых совершенствований, в 1867—1869 гг. еще 25[1]. На фиг. 259 показан один из таких паровозов серии Ч с наружными кулиссами Стефенсона.



Фиг. 258

За время деятельности Александровского завода заграничного ввоза паровозов почти не было.

2. Одновременно паровозы строились на машиностроительном заводе герцога Лейхтенберского (был в Петербурге вблизи вокзала Варшавской ж. д.), закрытом в 1857 г. Контракт с ним был заключен на постройку 100 паровозов, но вследствие низкой цены завод работал в убыток и им было поставлено только 15 паровозов нормальной колеи и два для Царскосельской ж. д.[2].



Фиг. 259

Многие считают, что первым русским паровозом («дедушкой русского паровозостроения») был паровоз этого завода, так как паровоз Черепанова был эпизодический, не связанный с массовым паровозостроением.

Таковы были первые шаги русского паровозостроения.

§ 31. 2-Й ПЕРИОД—1860—1870 гг.

В этот период совершился большой перелом: результаты эксплоатации ж. д. под государственным управлением оказались неудачными; после Крымской войны (1853—1856 гг.) финансы государства были подорваны, и за отсутствием средств ж.-д. строительство продолжаться не могло, поэтому обратились к частной инициативе: было организовано крупное частное предприятие — «Главное Общество Российских

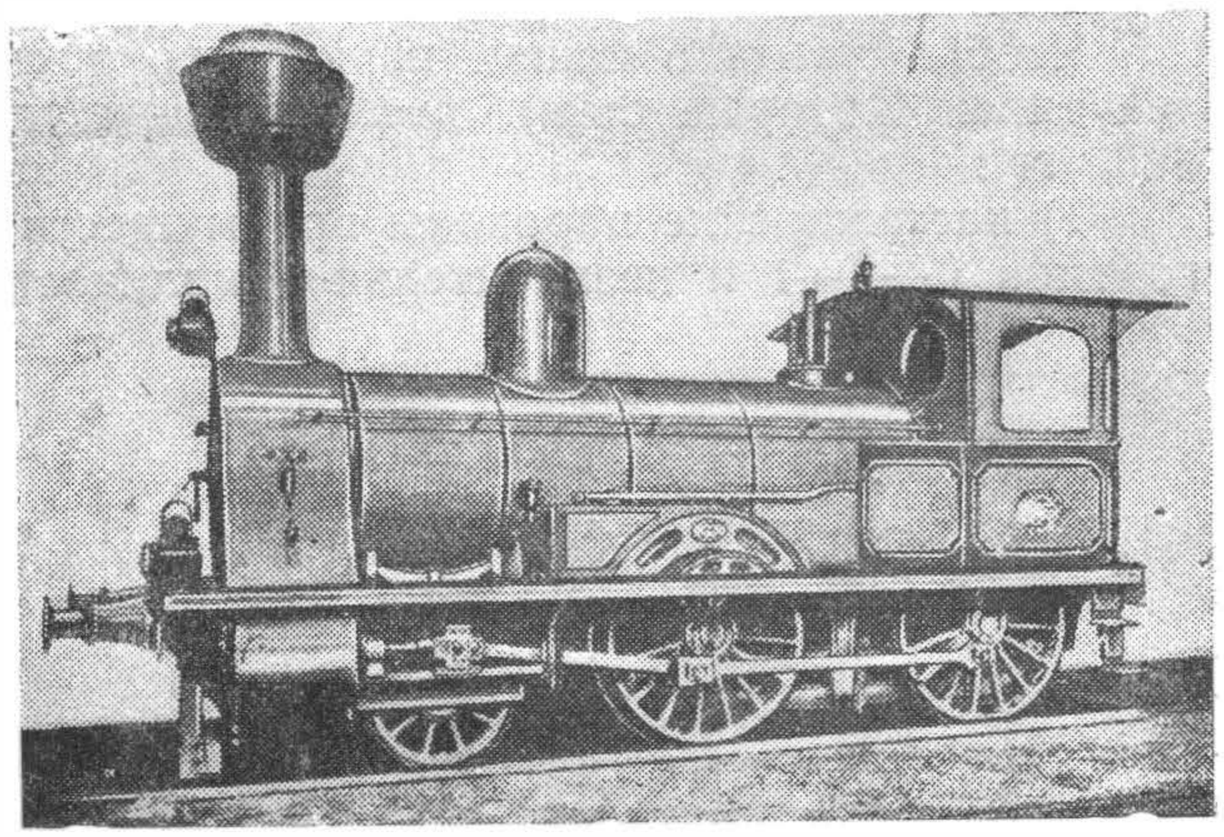
---

[1] Эти паровозы обозначались сериями: двухосные — Д; трехосные — Т; четырехосные — Ч. За исключением нескольких паровозов 0—4—0 все паровозы серий Д и Т уже исчезли.

[2] По некоторым данным заводом было поставлено даже 60 паровозов преимущественно для Варшавской дороги. Типы неизвестны.

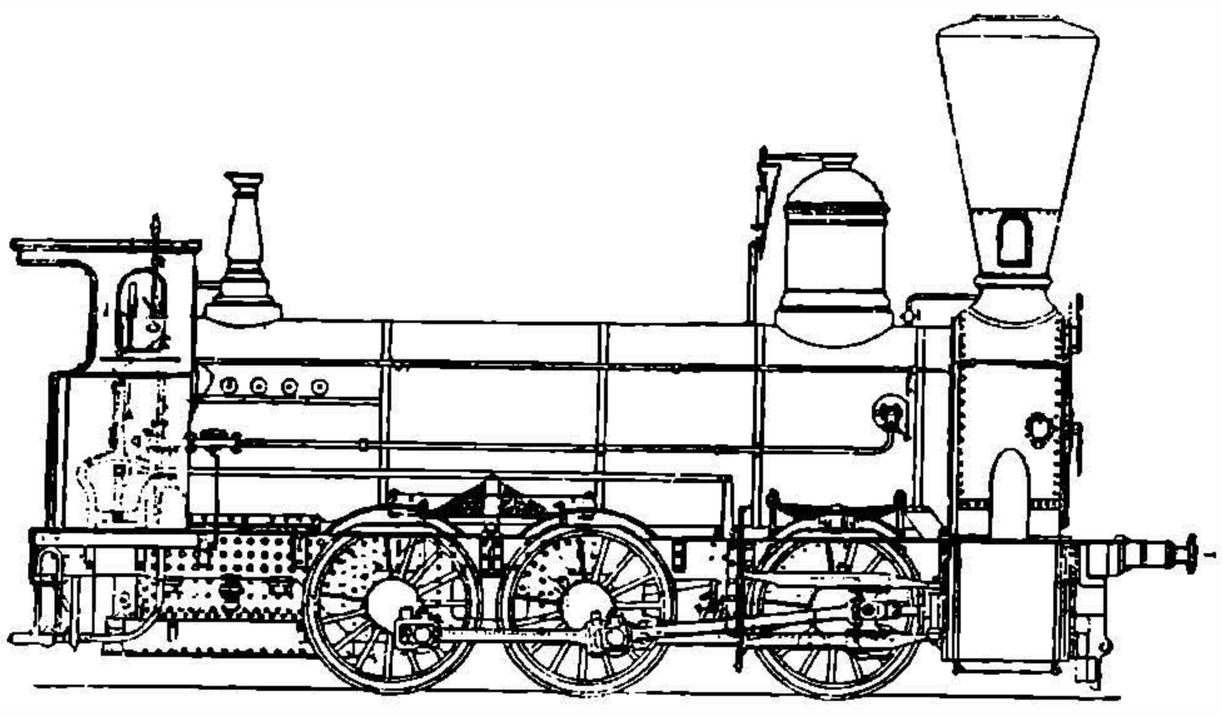
НБ УДУНТ (ДИТ)

ж. д.» с капиталом в 250 млн. руб., которому были выданы концессии на постройку ряда ж.-д. линий, в том числе сначала от Петербурга до Варшавы, от Москвы до Н.-Новгорода, от Москвы до Феодосии и от Курска до Либавы, т. е. на постройку главных русских магистралей. Этим было положено начало частного ж.-д. строительства, частично с гаранитиями от государства. В результате эпоха 1860—1890 гг. была временем самого интенсивного ж.-д. строительства в России: длина дорог с 1 695 *км* в 1860 г. возросла до 33 026 *км* в 1890 г



Фиг. 260

В начале 60-х годов паровозостроительных заводов фактически не было, так как Александровский завод превратился почти полностью в ремонтный и строил только небольшое количество новых паровозов для одной Николаевской ж. д.[1], а завод герцога Лейхтенберского был закрыт. Поэтому была разрешена покупка паровозов за границей, которых в общем было куплено около 3 700 — разных заводов и типов[2], но почти исключительно пассажирские с двумя спаренными осями и трехосные (0—3—0) товарные.



Фиг. 261

Число закупаемых за границей паровозов было сначала очень велико, потом постепенно сокращалось по мере развития русского паровозостроения и, наконец, совершенно прекратилось. Даже наоборот— русские заводы, не уступающие затем ничем заграничным, начали получать заказы из-за границы.

Уже в начале 70-х годов стал чувствоваться недостаток в сильных товарных паровозах, так как большинство ж. д. к этому времени уже переросло тип 0—3—0. В это время появились на русской сети первые заграничные паровозы типа 0—4—0.

Как типичные образцы этого времени приводим:

паровоз 1—2—0, постройки 1869 г. для Новоторжской ж. д. завода Китсон и К⁰ в Англии (фиг. 260);

---

[1] С 1862 по 1869 г. им было построено только 13 новых четырехосных паровозов.

[2] В Германии — 1 651, во Франции—787, в Австрии—580, в Англии—492, в Бельгии—102 и в Америке—77.

НБ УДУНТ (ДИТ)

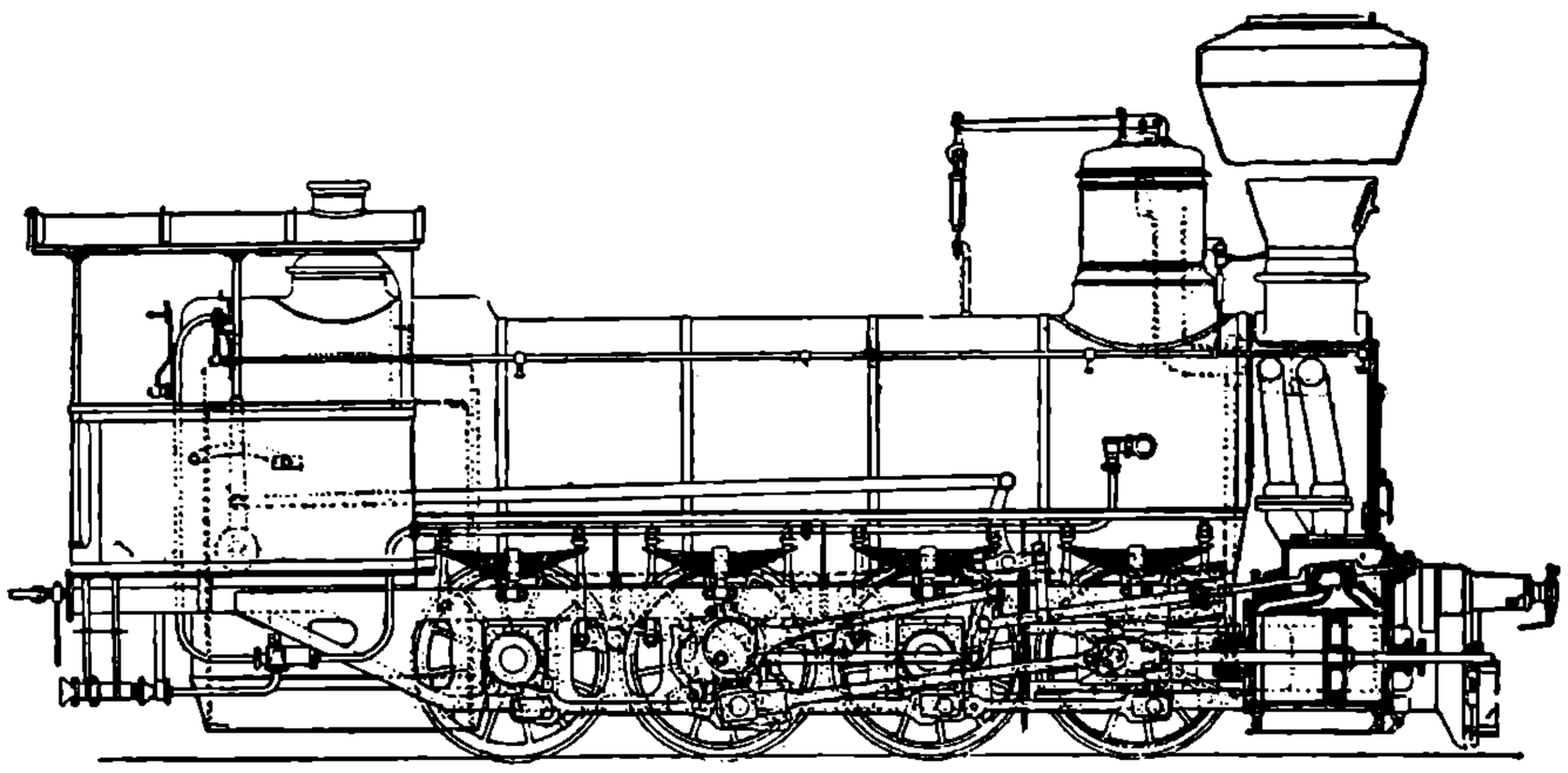
паровоз 0—3—0, завода Борзига (Германия), с общей рессорой для двух задних осей (фиг. 261);

паровоз 0—4—4 М.-Курской ж. д. с внешними кулиссами Аллана, очень тогда распространенными (фиг. 262).

Паровозы имели поверхность нагрева в пределах от 80 до 120 *м²*, площадь колосниковой решетки около 1,5 *м²* и давление пара в котле не более 9,5 *ат*.

Чтобы судить о нашем парке того времени, приводим данные о тех типах, которые были ввезены из-за границы в период 1860—1880 гг.:

1) пассажирские паровозы преимущественно типа 1—2—0, немного типа 0—2—1 и незначительное количество других типов — всего



Фиг. 262

пассажирских паровозов было ввезено 17% от общего количества ввезенных паровозов;

2) товарные паровозы типа 0—3—0; их было ввезено 73%; это был самый распространенный тип того времени; паровозов 0—4—0 было ввезено около 8%;

3) танковые паровозы для маневров типов 0—2—0, 0—3—0 и 1—2—0 и паровозо-вагоны, — их было ввезено в общем около 2%.

Так как все русские дороги находились тогда в руках частных обществ, то каждая дорога заказывала паровозы по личному усмотрению, а потому паровозный парк отличался большим разнообразием, но в общем был слабосилен.

Таково было положение во втором периоде, но вслед затем ж.-д. политика царского правительства резко изменилась, положив начало указанному выше третьему периоду развития русского паровозостроения (1870—1900 гг.).

Самым важным моментом в истории русского паровозостроения было распоряжение правительства 6 октября 1866 г. о прекращении заказов за границей «с целью сокращения перевода денег за границу, несмотря ни на какие затруднения или неудобства, которые это могло бы представить на первых порах», и призыв в марте 1867 г. Департамента ж. д. к русским заводчикам и капиталистам об учреждении новых или приспособлении существующих заводов к постройке паровозов и вагонов, причем правительство гарантировало заказы и денежное пособие в виде задатка или залога.

РБ УДУНТ (ДИТ)

В результате поступило до 30 предложений с разными условиями, рассмотрев которые министерство путей сообщения постановило:

1) учредить с пособием от правительства, на первое время, три завода;

2) заказать каждому по 50 паровозов со сроком изготовления 5 лет;

3) назначить цены по весу (без воды и топлива) по 775 руб. за тонну пассажирского и 750 руб. за гонну товарного паровоза;

4) выдать желающим ссуды (не свыше 300 000 руб.);

5) выдавать премии за паровозы, изготовленные этими заводами по частным заказам [1].

15 марта 1868 г. были заключены контракты: с Мальцевым (владельцем Брянских заводов), Полетикой и Семянниковым (Невский завод в Петербурге), Путиловым (Путиловский завод) и Карром и Макферсоном (Балтийский завод). Последние два вскоре отказались.

Кроме того в 1868 г. получил заказ на 8 паровозов (на два года) Камско-Воткинский завод, и инженеры братья Струве стали строить в виде опыта паровозы в своих мастерских в Коломне, а затем получили заказ на 50 паровозов от Курско-Харьковско-Азовской ж. д.

Таким образом было положено начало крупного русского паровозостроения.

§ 32. 3-й ПЕРИОД — 1870—1900 гг.

Указанные заводы обслуживали русскую ж.-д. сеть в течение 25 лет, но в конце XIX в. они уже не могли удовлетворить запросам, а потому паровозы стали строить, начиная с 1892 г., на Брянском заводе (станция Бежица) и в 1894 г. на Путиловском заводе [2].

Кроме того, в 1897 г. был построен Харьковский паровозостроительный завод. В 1898 г. начали строить паровозы на Сормовском заводе близ Н.-Новгорода; в 1900 г. был построен Луганский завод (Гартмана). Наконец в 1910 г. начал строить паровозы Николаевский судостроительный завод. Единичные экземпляры строились в некоторых крупных ж.-д. мастерских (например в Ростове н/Д для Владикавказской ж. д., затем в Киеве, Одессе и др.).

Коломенским	4 619 т.	при максимальном выпуске ежегодно до:	199 шт.
Невским [3]	3 512 »		177 »
Брянским	2 825 »		196 »
Харьковским	2 572 »		207 »
Сормовским	2 164 »		191 »
Луганским	2 116 »		245 »
Путиловским	2 557 »		225 »
Воткинским	555 »		35 »
Мальцевским	373 »		69 »
Николаевским	44 »		— »
Всего	21 347 шт.		

[1] Выдавалось по 300 руб. премии за паровоз, изготовленный по частным заказам, но таким образом, чтобы оплачиваемых премий было не более как за 10 паровозов в год.

В 1877 г. были установлены новые правила и премии были: 2400 руб. за каждый 2-осный паровоз; 2600 руб. за 3-осный и 3000 руб. за 4-осный. Премии уплачивались в течение 5 лет и не более как за 30 паровозов ежегодно. Всего за время с 1877 по 1881 г. включительно выдано премий на 800 000 руб.

[2] Мальцевский завод прекратил постройку ширококолейных паровозов в 1887 г. и перешел на узкоколейные (заводы в Людиново и Радице, Калужской губ.).

[3] Невский завод принадлежал „Русскому обществу механических и горных заводов", часто называемому просто „Русским обществом".

НВ УДУНТ (ДИТ)

Кроме того, в 1911 г. Краматорский завод выпустил два паровоза.

В этом периоде произошло резкое изменение ж.-д. политики государства. Русско-турецкая война 1877—1878 гг. обнаружила крупные недостатки наших ж. д., поэтому была образована комиссия под председательством графа Баранова, произведшая глубокое их обследование. В результате был утвержден «Совет по ж.-д. делам», введен ряд преобразований, издан «Общий устав ж. д.» и пр. и, наконец, принципиально был решен вопрос о постепенном выкупе частных ж. д. государством. В ожидании выкупа частные общества запустили свой подвижной состав (и все хозяйство), и министерство путей сообщения стало перед фактом наличия изношенного, слабосильного, не соответствующего интенсивности движения и разнообразного подвижного состава, так как дороги его заказывали без всякого плана.

Поэтому перед министерством путей сообщения стали задачи:

1) создать более мощные типы паровозов на смену устаревших типов 1—2—0, 0—3—0 и т. д. и

2) их «нормализировать», т. е. хотя бы частично, в интересах эксплоатации, объединить.

Всем была ясна необходимость перейти к трехосным пассажирским и четырехосным товарным паровозам.

Рассмотрим отдельно развитие русского товарного и пассажирского паровозостроения.

Как уже известно, паровозы типа 0—4—0 серии Ч у нас появились в 50-х годах, и затем они были разработаны на Коломенском, Мальцевском и Невском заводах, с площадью колосниковой решетки до 2,1 $м^2$ и давлением в котле до 10 *ат;* машина — однократного расширения.

В конце 80-х годов на Юго-Западных ж. д. инж. Л. М. Леви поставил на паровозах 0—4—0 волнистую топку Гасвеля и наружную кулиссу Стефенсона, но после взрывов паровозов с этими топками они были оставлены.

В 1890 г. на Владикавказской ж. д. инж. В. И. Лопушинский разработал тип 0—4—0 с обыкновенной топкой и кулиссой Джоя; эти паровозы в 1892 г. были введены и на государственных ж. д.

Оба эти типа имели машину компаунд (фиг. 263).

В 1892 г. специально образованная комиссия остановилась на машинах компаунд и взяла за образец тип Владикавказской ж. д.

В этот тип в 1893 г. был внесен ряд изменений С. И. Смирновым, и этот паровоз был объявлен «нормальным» типом (серия ОД), обязательным для государственных ж. д., вследствие чего началась массовая постройка паровозов этого типа.

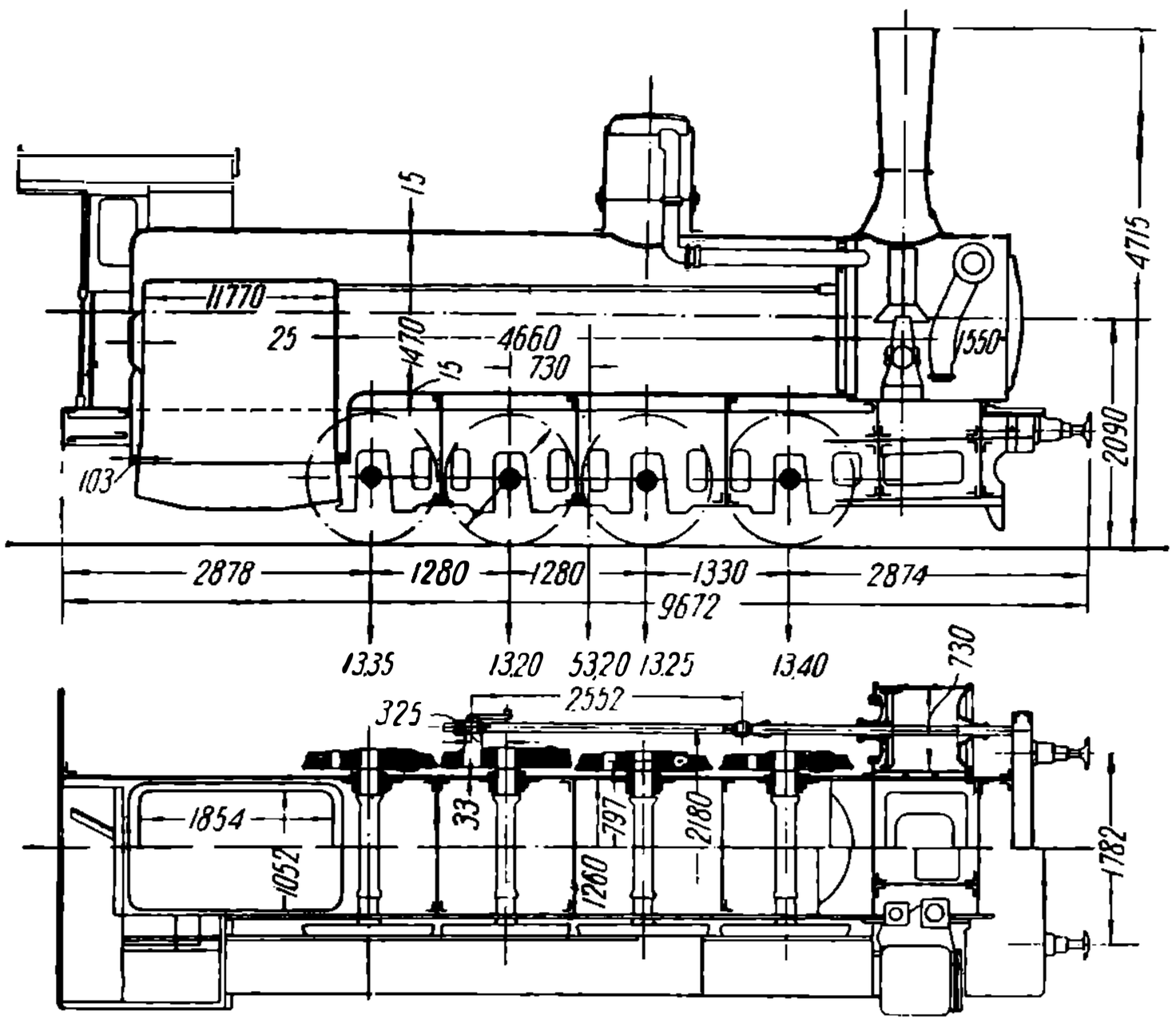
Паровозы оказались неудачными: несмотря на систему компаунд, они не давали экономии в топливе, имели недостаточное парообразование и, будучи на 8% тяжелее паровозов 0—4—0 серии Ч однократного расширения, не могли возить более тяжелых составов. XVII съезд инженеров службы тяги внес 99 изменений и Коломенский завод переконструировал паровоз, причем диаметр колес был увеличен с 1150 до 1 200 *мм* и давление поднято до 11,5 *ат*. Получился «нормальный тип 1897 г.». Он оказался таким же неудачным.

В 1901 г. был введен снова ряд изменений, и кулисса Джоя заменена кулиссным механизмом Гейзингера (Вальсхарта) тип 1901 г. серия $О^{в}$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Наконец, в 1907—1908 гг. на Николаевской (ныне Октябрьской) ж. д. 13 паровозов О^{в} снабдили перегревателями разных систем при однократном расширении (серия О^{п}). Но в общем эти паровозы явились слабосильными, плохо вписывались в кривые, расшивали путь благодаря свешивающейся топке и пр. Паровозов этого типа было построено около 8 000; они до сих пор значительно загружают наш современный товарный парк.

На смену типа 0—4—0 в 1895 г. Владикавказская (ныне Северо-кавказская ж. д.) на заводе ГАНОМАГ (Германия) заказала товарные паровозы 1—4—0 серии Ц с двухцилиндровой машиной компаунд, а строящаяся тогда Китайская Восточная ж. д. заказала во Франции первые паровозы 1—4—0 серии Ш также с двухцилиндровой маши-



Фиг. 263

ной компаунд; один из этих паровозов 1—4—0 Ш был на всемирной выставке в Париже в 1900 г.

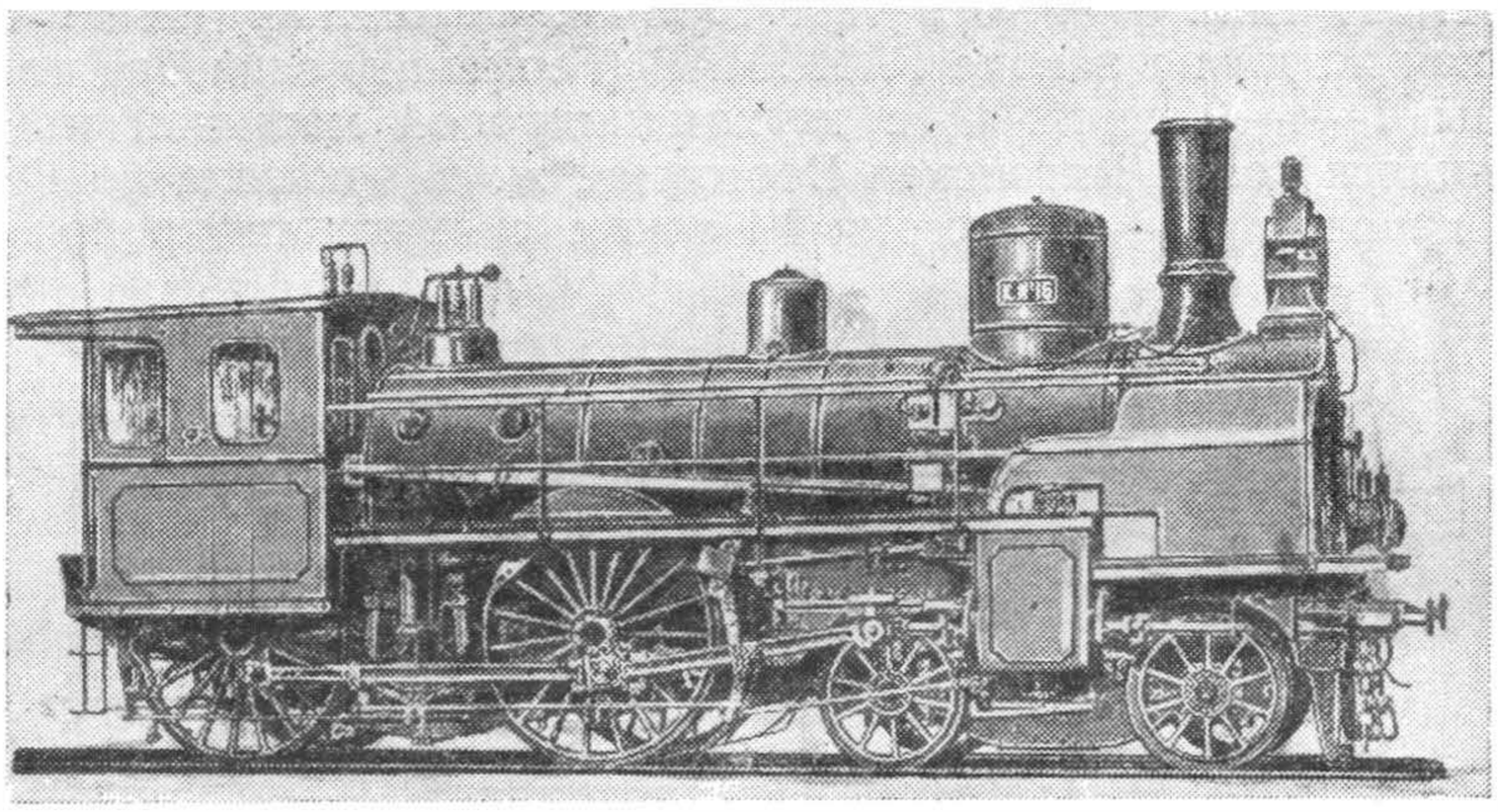
Так как они скоро оказались слабыми для этих дорог, то давление от оси увеличили до 15 *т* (1—4—0 серии Ш Брянского завода, 1901 г.), но значительное давление от оси и ряд недостатков ограничили распространение этих паровозов.

Таким образом период до начала 900-х годов отмечен широким развитием принципа компаунд и крупными попытками создать «нормальный тип»; от этих попыток пришлось тогда в наших условиях отказаться, так как нормализация заключала в себе элемент застоя, ограничивала совершенствование, тогда как быстрый темп развития ж.-д. транспорта, наоборот, заставлял быстро сменять один тип другим, более мощным и усовершенствованным. Этому способствовала и неудача первого нормального типа 0—4—0 серии О. В общем товарное паровозостроение этого периода было неудачным.

Этот же период отмечен введением у нас впервые паровозов системы Маллета. Тип 0—3—0+0—3—0 был впервые введен на М.-Ка-

ГБ УЛУНТ (ДИТ)

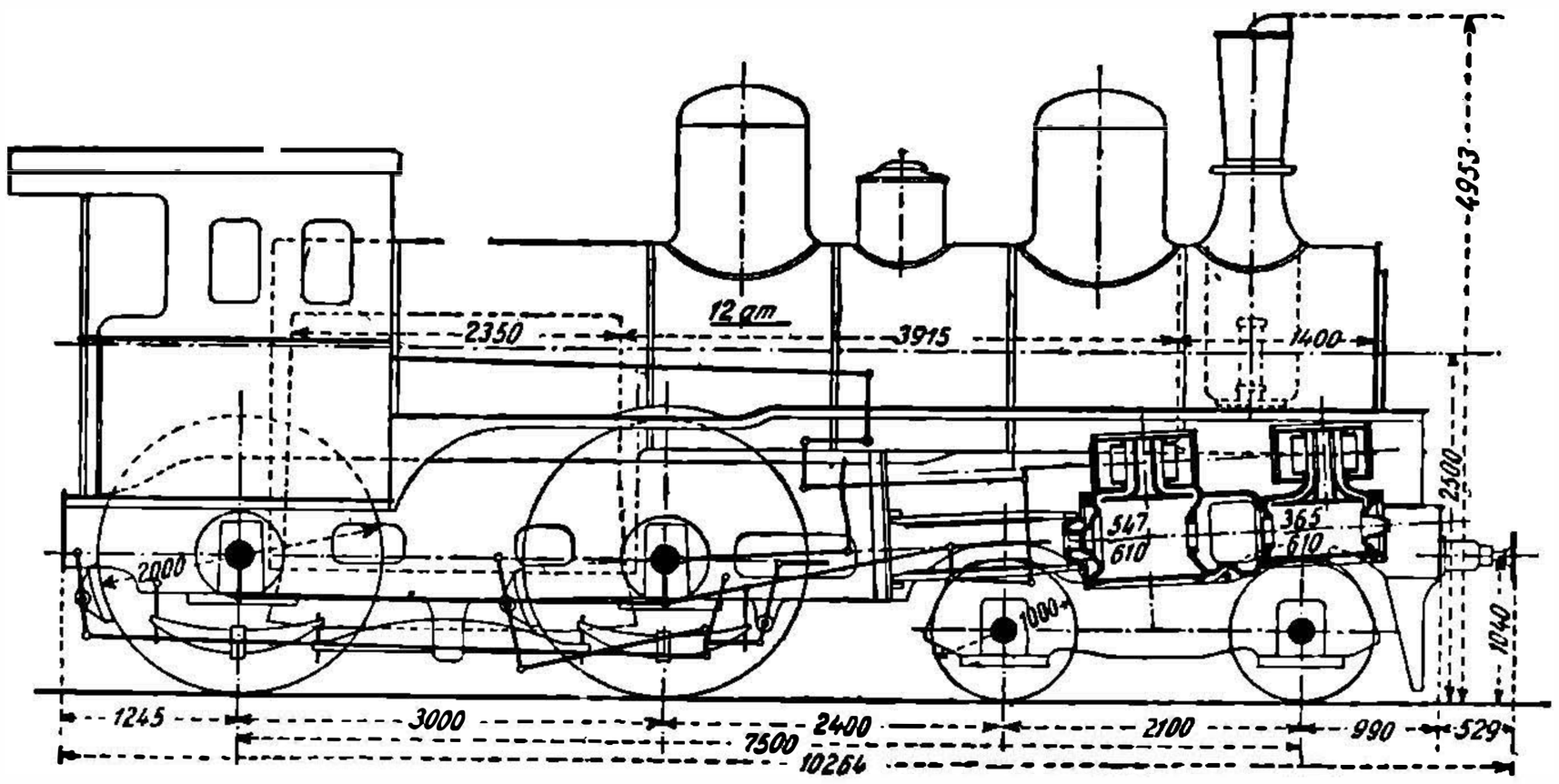
занской ж. д. в 1897 г.; спроектирован он был заводом Геншеля по указаниям Е. Е. Нольтейна и был вызван весьма усилившимся движением и легкими рельсами, не допускавшими давления от оси выше 13 *т*, почему и взяли шестиосный паровоз Малетта, давший значительную силу тяги при давлении от оси, не превышающем указанное. Их



Фиг. 264

применение позволило не сменять рельсов и мостов. Такие же паровозы были заказаны и для Сибирской ж. д., на которой сначала были уложены очень легкие рельсы (24 *кг/м*), в 1903 г.

Впоследствии (в 1910 г.) давление от оси довели (последовательно увеличивая) до 15 *т* и выше и снабдили перегревом (серии 6ч фиг. 169), но надо отметить, что при скоростях выше 25 *км/час* они



Фиг. 265

оказались крайне неэкономичными и не могущими конкурировать с паровозами обычного типа, поэтому их постройка была прекращена.

Заметим еще, что из мощных товарных паровозов были построены еще в 1872 г. Коломенским заводом для Сурамского участка Закавказских ж. д. паровозы системы Ферли в количестве 17 (с двойным котлом), которые работали до 1925 г. и ныне уже отставлены

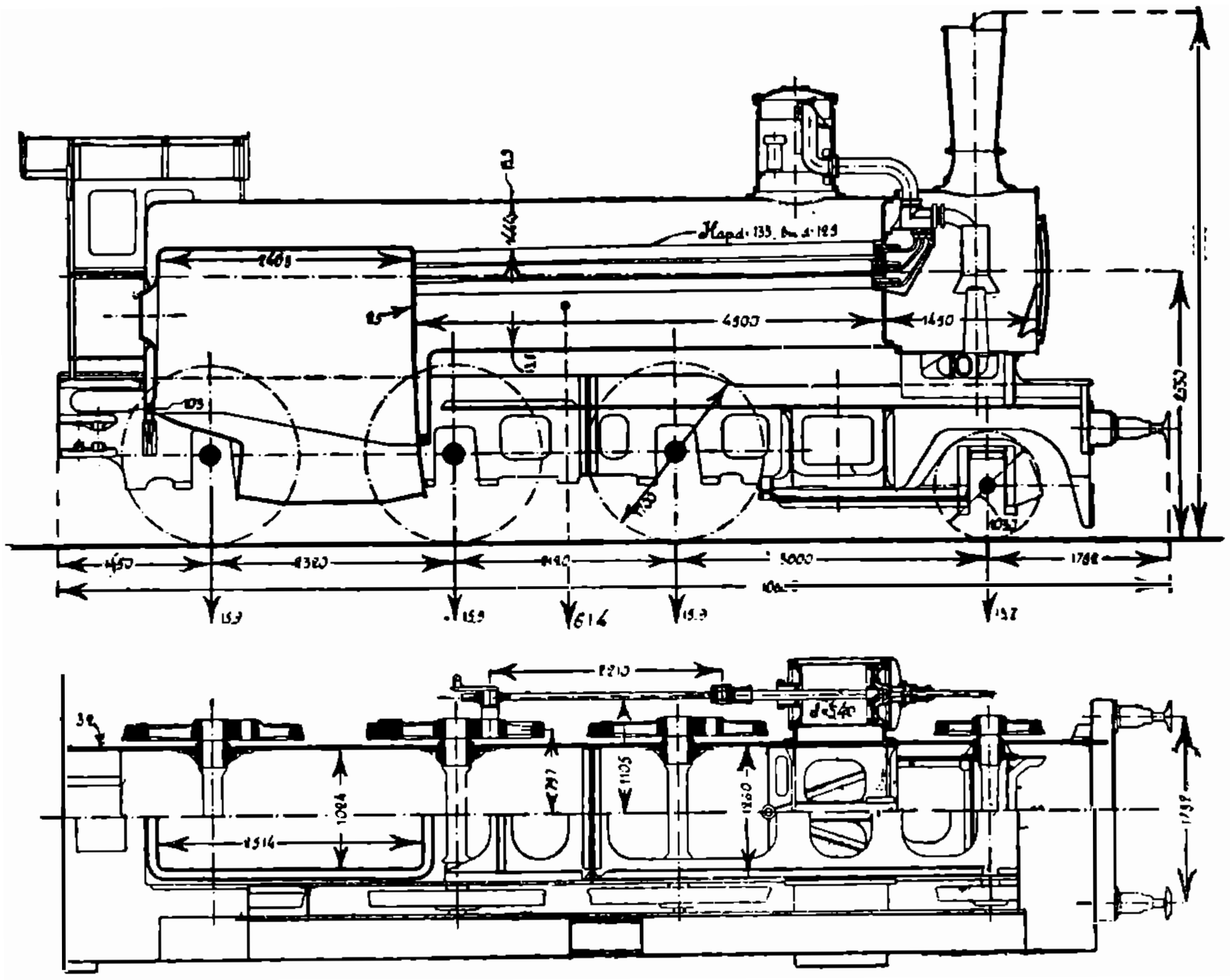
НВ УДУНТ (ДИТ)

от движения. Наконец надо отметить, что в 1898 г. тип 1—4—0 был снабжен по проекту инж. Л. М. Леви машиной тандем-компаунд (серия Р) и был распространен на некоторых частных ж. д. (М.-В.-Р., Ю.-В., Р.-У. и М.-К.-В.).

Пассажирские паровозы также подвергались эволюции.

Паровозы 1—2—0 и 2—2—0 с давлением от оси до 12,5 *т* оказались слабыми.

Надо отметить, что в 90-х годах все таки продолжалась постройка паровозов (быстроходных) типа 2—2—0, например в 1891 г. Коломенским заводом был построен паровоз компаунд для Петербурго-Варшавской ж. д. (с кулиссой Джоя) (фиг. 264); в 1895 г. в Одесских



Фиг. 266

мастерских был построен паровоз тандем-компаунд для Юго-Западных ж. д., и в 1898 г. того же типа паровоз построил Путиловский завод по проекту Управления Казенных ж. д. (с кулиссой Гейзингера) с колесами диаметром 2 000 *мм*, но затем их постройка была прекращена (фиг. 265). Ввиду слабости паровозов с двумя осями приходилось постоянно прибегать к двойной тяге. Министерство путей сообщения взяло поэтому за образец тип 1—3—0 Бельгийских ж. д. с бегунковой осью Адамса. Комиссия с участием проф. Н. Л. Щукина и приглашенного управляющего Бельгийскими ж. д. инж. Бельпера остановилась на двухцилиндровой машине компаунд и кулиссе Джоя и таким образом получился тип 1—3—0 серии $Н^{д}$ (1892 г.).

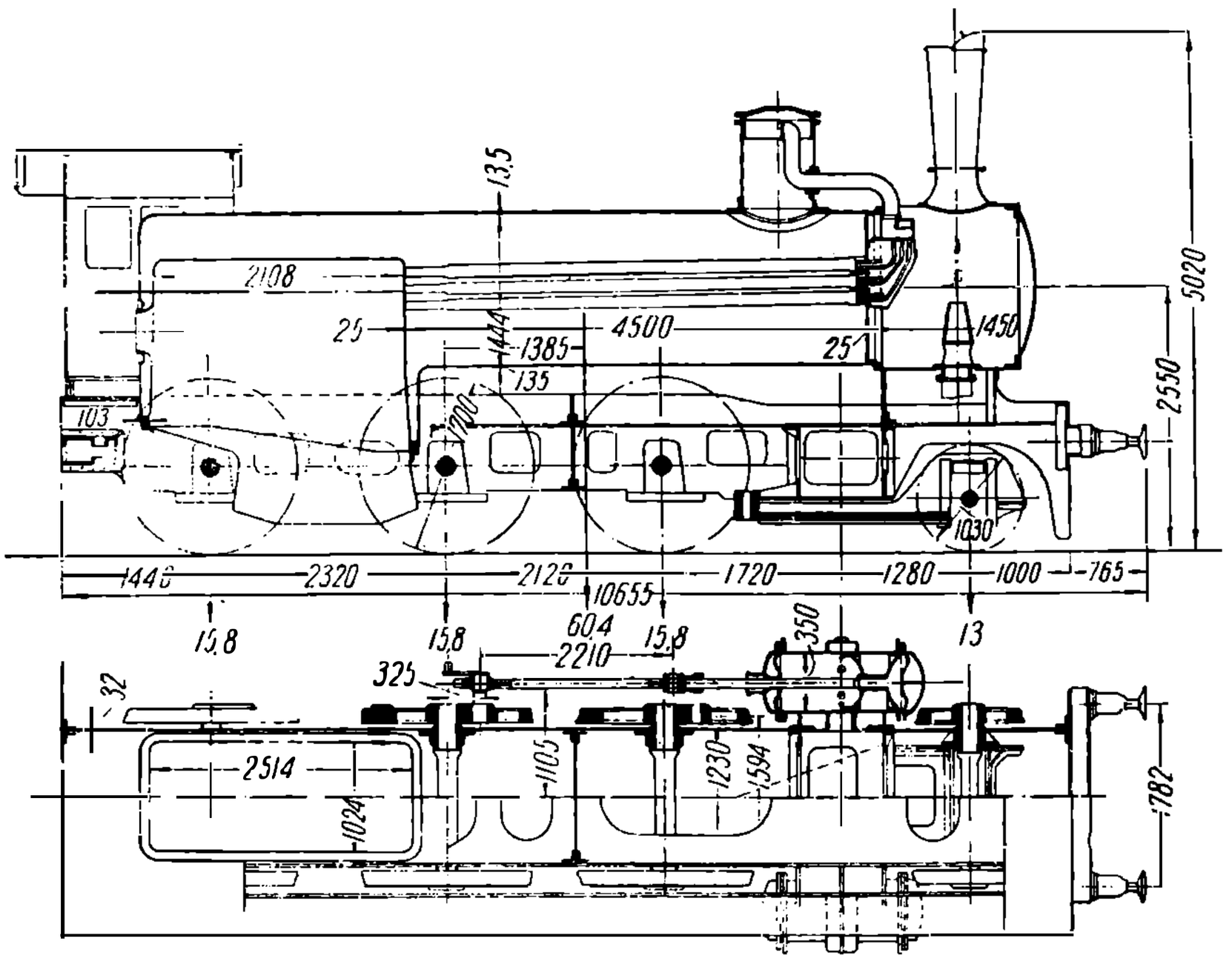
В 1901 г. этот тип изменили, поставив тележку Бисселя, цилиндрические золотники и кулиссу Гейзингера (серия $Н^{в}$). Диаметр колес был 1 900 и 1 700 *мм*. Скорость — до 100 *км/час*.

Эти паровозы получили широкое распространение и дали вполне удовлетворительные результаты.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Впоследствии (1909—1910 гг.) эти паровозы были снабжены перегревателем при однократном расширении (серия $Н^{п}$ фиг. 266). Бывш. Московско-Виндаво-Рыбинская (М.-В.-Р.) ж. д. построила несколько паровозов 1—3—0 с перегревом при машине компаунд (серия $Н^{1}$). Кроме того, были построены специально для опытов два паровоза 1—3—0 с машиной Штумпфа: один без перегрева (серии $Н^{ш}$), другой с перегревом (серия $Н^{шп}$, фиг. 267).

Паровозов 1—3—0 было всего построено более 1 000, и они являлись наиболее распространенным у нас типом (около 30% всего пассажирского парка), но они не строятся уже с 1912—1913 гг. как признанные слабосильными.



Фиг. 267

Одновременно с типом 1—3—0 на Рязано-Уральской и Владикавказской ж. д. в начале 90-х годов появились двухцилиндровые паравозы компаунд 2—3—0 серии $А^{п}$, построенные в 1896 г. заводом ГАНОМАГ в Германии, с кулиссой Джоя. Так как давление от оси было меньше 14 *т*, то они оказались слабосильными, и потому при заказе новых паровозов заводу Геншеля в 1897 г. давление от оси увеличили до 14 *т* и поставили кулиссу Гейзингера (серия $А^{в}$). Паровозы серии А строились и на русских заводах.

Паровозы 2—3—0 безусловно уступали паровозам 1—3—0 Н и по слабости уже не удовлетворяли потребностям движения. Ввиду этого в 1889 г. Владикавказская ж. д. принуждена была снова усилить эти паровозы, подняв давление в котле до 14 *ат* и увеличив площадь колосниковой решетки с 2,2 до 2,8 $м^2$. Машину оставили компаунд, без перегрева. В 1900—1901 гг. эту работу произвел Брянский завод под руководством инж. В. И. Лопушинского, и таким образом

НВ УДУНТ (ДИТ)

появились паровозы 2—3—0 серии Г, но эти паровозы имели ряд недостатков и особого распространения не получили.

Кроме того М.-Казанская ж. д. в 1895 г. заказала заводу Геншеля пассажирские паровозы 2—3—0 серии Ж, хорошо себя зарекомендовавшие: они отличались спокойным ходом при больших скоростях и экономичностью. В виде опыта Е. Е. Нольтейн один из паровозов Ж (№ 181) в 1902 г. на Коломенском заводе переконструировал на однократное расширение с перегревом (серия З).

Это был первый паровоз в России, работавший перегретым паром.

Этот период имеет еще некоторые характерные черты.

1. Резко выявилась инициатива частных ж. д.: все выдающиеся русские типы (за исключением 1—3—0 Н) возникли по инициативе и по проектам частных ж. д. и затем уже ими пользовались казенные дороги. Очень часто типы частных ж. д. вместо замены их новыми, более мощными, «усиливались», т. е. прибегали к компромиссу, задерживая прогресс. Вообще в области паровозостроения министерство путей сообщения было всегда тормозящим началом, не исключая и инженерного совета (под председательством Н. Л. Щукина). Вся история паровозостроения была историей непрекращающейся борьбы живых сил с министерством и его инженерным советом.

2. Резко выдвинулся вперед ряд частных ж. д., оказавших решающее влияние на русское паровозостроение благодаря энергии своих выдающихся ж.-д. деятелей. Таковы Юго-Западные ж. д. во время деятельности известного инж. А. П. Бородина, инициатора первой в мире паровозной лаборатории в Киеве и применения принципа компаунд в России; Владикавказская, где работал инж. В. И. Лопушинский, выдающийся конструктор и автор многих проектов наиболее мощных типов паровозов, и М.-Казанская во главе с известным инж. Е. Е. Нольтейном, инициатором введения в России перегрева пара, паровозов Маллета, крупным теоретиком и выдающимся знатоком ж.-д. дела.

3. В конце XIX в. началось систематическое обследование русских паровозов, сперва в скромных масштабах на Юго-Западных ж. д., а потом развернувшееся под руководством проф. В. Ломоносова в мощную организацию — «Контора опытов над типами паровозов» министерства путей сообщения — с целой школой, сделавшей ряд выдающихся вкладов в науку и являющейся теперь одной из первых в мире.

Заводское проектирование сначала стояло слабо, но оно развилось и поднялось на большую высоту в XX в. и в настоящее время вылилось в мощную организацию — Центральное локомотиво-проектное бюро (ЦЛПБ).

4. Наконец, нельзя не отметить крупнейшее явление в ж.-д. мире—организацию технических съездов. Первый по службе тяги был созван в 1879 г., по службе пути в 1891 г., по службе телеграфа в 1894 г. и по материальной в 1910 г. Съезды периодически повторялись раз или два в год и их труды (десятки томов) по богатству мыслей, по ценным практически данным и пр. являются незаменимым вкладом в технику. Эти съезды являются вообще и одними из первых в мире, так как мысль о таких съездах в Западной Европе явилась одновременно с нами, международные же съезды (конгрессы) были организованы позже и первый был в Брюсселе в 1885 г. (четвертый был в Петербурге в 1892 г.).

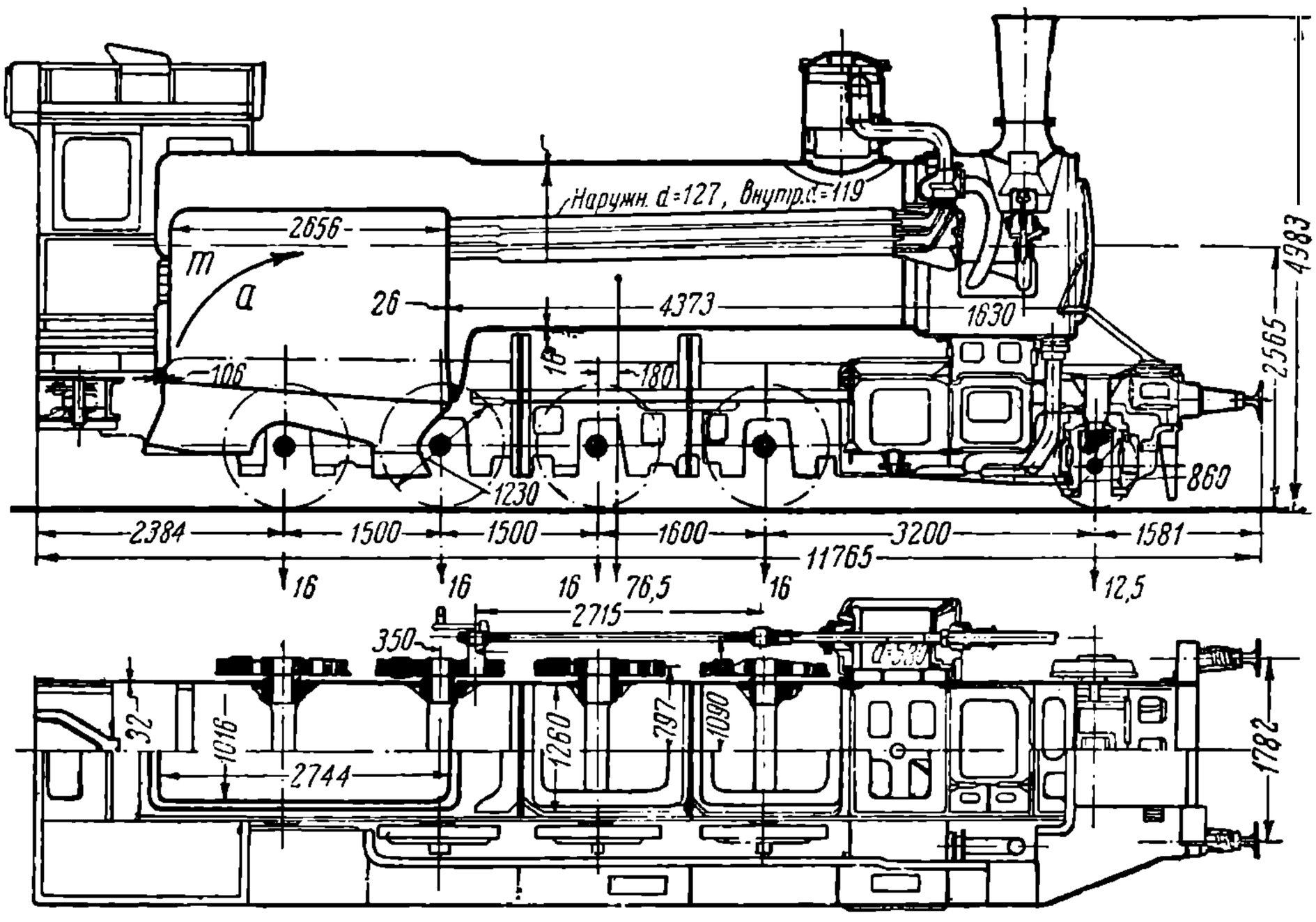
НБ УДИТ (ДИТ)

§ 33. 4-й ПЕРИОД — XX в.

Крупнейшее явление этого периода — введение перегрева пара и в связи с этим отказ от принципа компаунд (исключения единичны).

Первый паровоз, снабженный перегревателем Шмидта в дымовой коробке, был типа 2—3—0 М.-Казанской ж. д. Перегреватель был поставлен по инициативе Е. Е. Нольтейна Коломенским заводом в 1902 г. (серия З), раньше применения перегрева Англией, Францией и Америкой.

Наибольшее распространение получили жаротрубные перегреватели Шмидта, но со второго десятилетия текущего века появилось большое количество русских конструкций (Неймайера, Ноткина, Чусова, Шестакова и др.). Вообще в этой области русскими инженерами сделано очень много.



Фиг. 268

Товарные паровозы весьма значительно эволюционировали в этом периоде.

Паровозы 0—4—0 и 1—4—0 Щ уже не в состоянии были обслуживать растущее товарное движение.

Заметим, что последний тип, весьма у нас распространенный, был переконструирован проф. А. С. Раевским на Харьковском заводе в 1905 г. и затем снабжен перегревателями в 1910 г. (серия Щ" — фиг. 268).

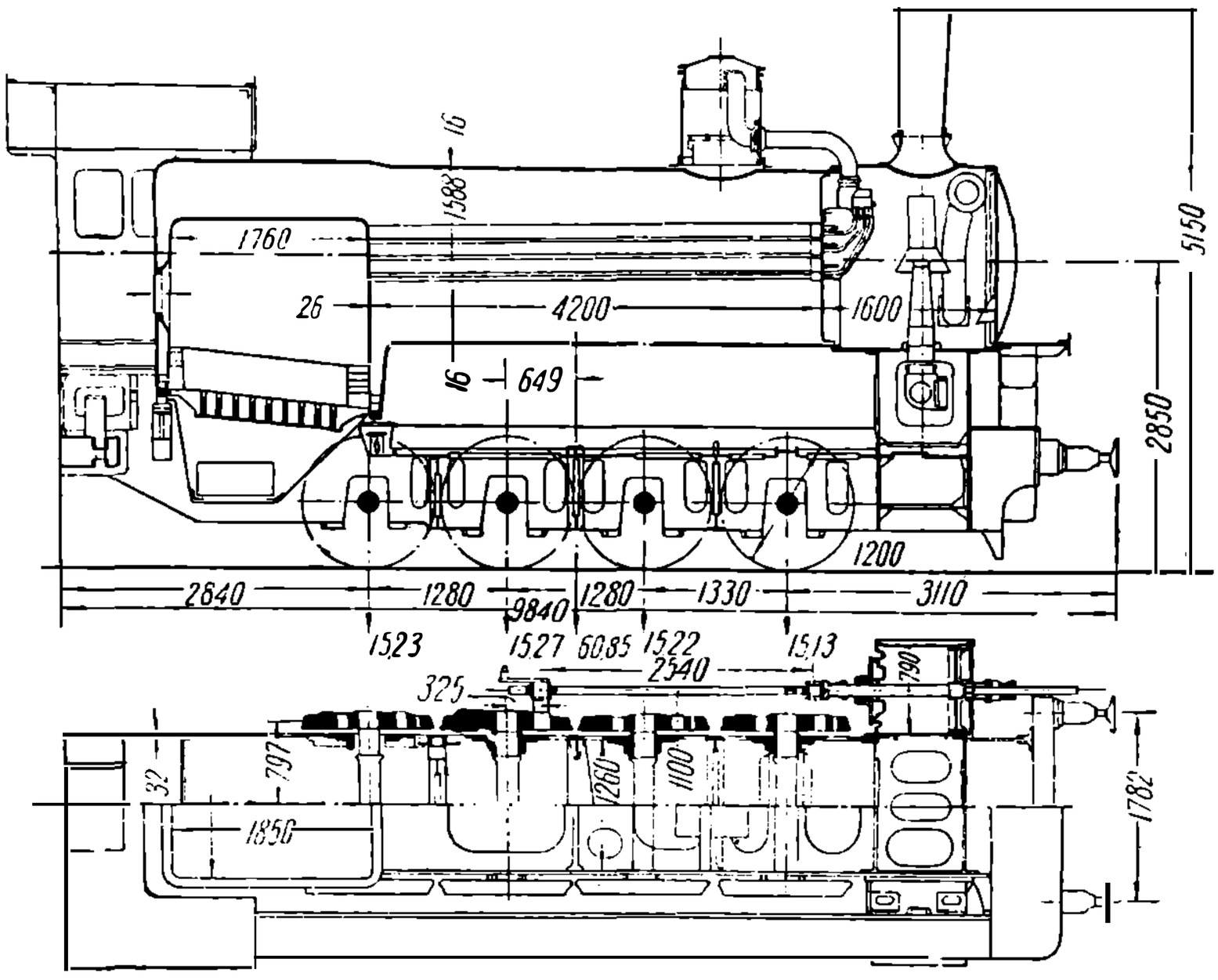
Сначала в виде протеста казенному типу 1—4—0 Щ появились типы 0—4—0 V М.-Казанской ж. д. (проект Е. Е. Нольтейна) с простой двухцилиндровой машиной с перегревом и потом 0—4—0 Ы Армавир-Туапсинской ж. д. (проект Н. П. Куськова в 1909 г.) — двухцилиндровые, компаунд, без перегрева, но в 1911 г. последние паровозы

НТБ УрГУПС (ДИТ)

по настоянию А. О. Чечотта при сохранении принципа компаунд были снабжены перегревателями — 1912 г. (серия Ыч (фиг. 269).

По опытам этот паровоз оказался одним из наилучших того времени с точки зрения экономичности.

Тем не менее для товарного движения на магистрали эти паровозы становились слабосильными, и в дальнейшем опять выступила Владикавказская ж. д. с предложением типа 0—5—0. Проект был сделан в 1909 г. В. И. Лопушинским и М. Е. Правосудовичем и разработан Луганским заводом (серия Э).



Фиг. 269

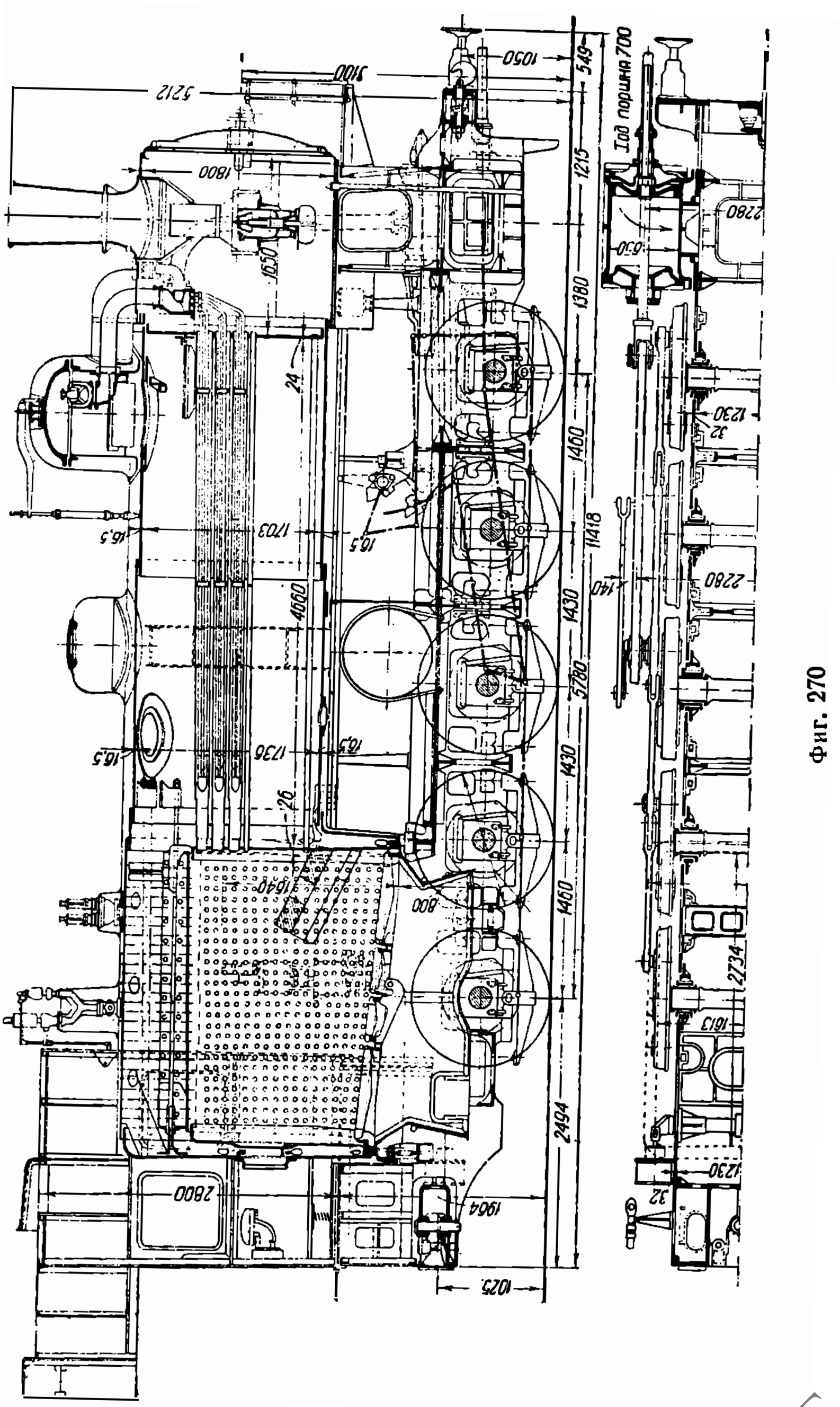
Тип этот встретил сильную опозицию со стороны комиссии проф. Н. Л. Щукина, и потребовалось два года борьбы, пока его утвердили в 1911 г., но только для частных дорог, и только война открыла ему дорогу на казенные ж. д. После некоторых изменений (увеличивания диаметров цилиндров и др.) с 1915 г. начали строить только этот тип, так как в общем его работой вполне были довольны.

К сожалению, во время гражданской войны почти совершенно прекратилось русское паровозостроение, и потому, когда в 1920 г. блокада СССР была снята и выявилась необходимость в значительном обновлении подвижного состава, разрушенного и запущенного, то пришлось обратиться к заграничным заводам, где и было заказано 1200 паровозов (700 в Германии — серия Эг и 500 в Швеции — серия Эш — фиг. 270).

«Российская ж.-д. миссия», ведающая заказами русских паровозов Эг и Эш за границей, провела в Германии единственный в мире опыт взаимозаменяемости частей паровозов 0—5—0 Э, изготовляемых на 20 заграничных заводах. По методам и по размерам организации этот опыт не имел прецедентов и послужил школой не только для наших, но и для заграничных заводов. Такой же школой была

РГБ УДУНТ (ДИТ)

и массовая перевозка этих паровозов в собранном виде в Россию (морским путем).



Фиг. 270

В настоящее время паровоз 0—5—0 Э (вместе с усиленным с 1926 г. Э^{у} и в 1931 г. Э^{м}) является у нас одним из наиболее распространенных товарных паровозов.

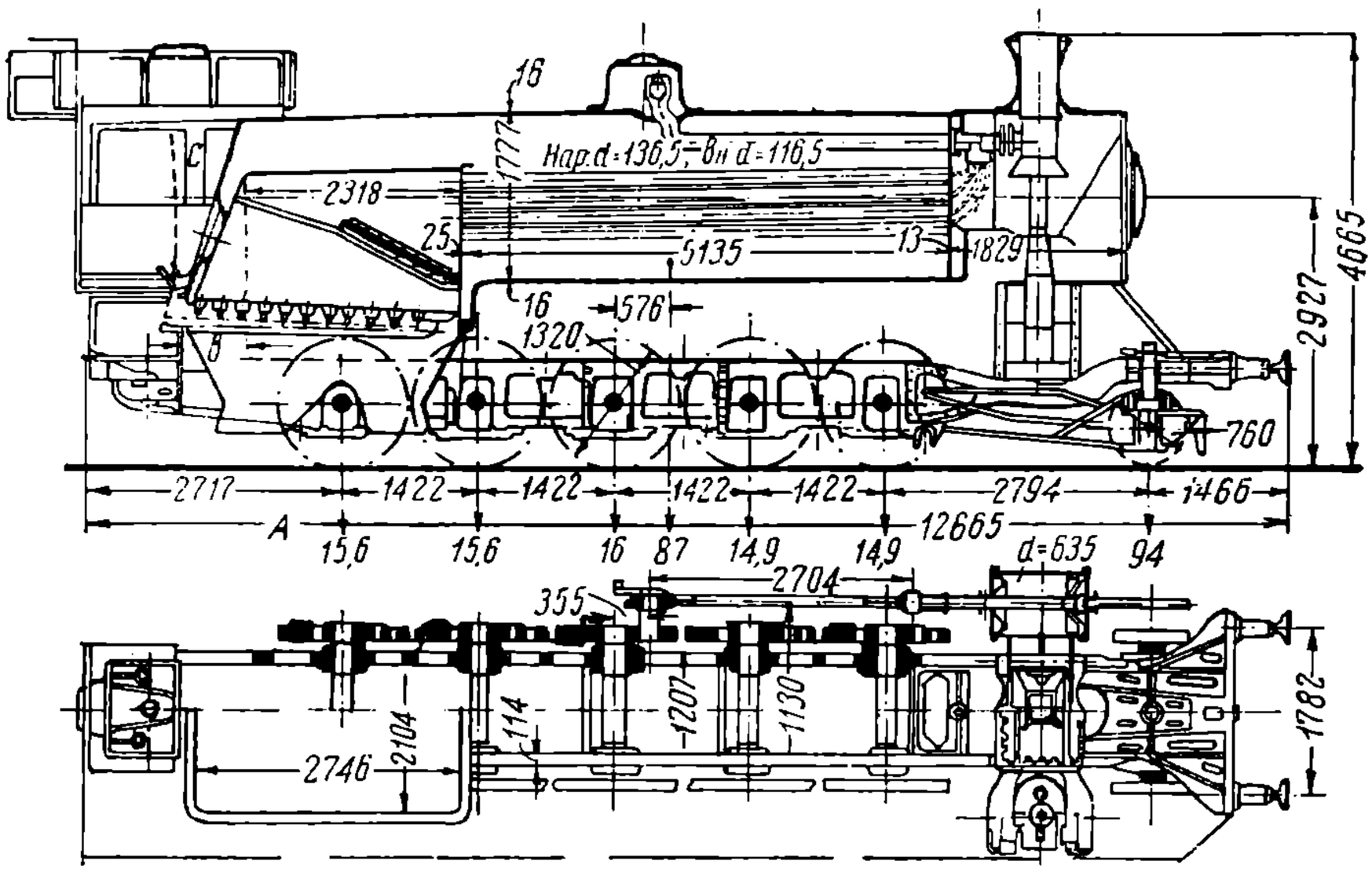
НБ УДУНТ (ДИТ)

По настоянию Н. Л. Щукина по обстоятельствам военного времени в 1915—1917 гг. были заказаны по специальным данным в С. Америке 800 паровозов типа 1—5—0, серия Е (фиг. 271).

Замечательна была быстрота исполнения этого заказа: заказ был сделан в июне, а в середине августа первые паровозы уже были готовы к отправке. Сюда же вошло и время исполнения проекта.

До последнего времени паровозы серии Е были единственными у нас с большими колосниковыми решетками (6 *м*²). В эксплоатации эти паровозы экономны, требуют мало ремонта и могут ходить с большими скоростями. Кроме того, многие детали этих паровозов оказались весьма целесообразными и нашли подражание при проектировании последующих наших типов.

Недостаток — слабый перегрев, почему в настоящее время предполагается паровозы Е модернизировать, усилив перегреватель.



Фиг. 271

Так как вновь строящиеся мощные паровозы типа 1—5—1, серия ФД (см. ниже), имеют нагрузки на спаренные оси 20 *т* и, следовательно, могут обслуживать сеть только с реконструированным надлежащим образом путем, то поднимается вопрос о построении более мощных паровозов, чем Э, но с нагрузкой на оси меньше чем ФД. Поэтому Институт реконструкции тяги НКПС (ИРТ) сконструировал паровоз типа 1—5—0 серии СО (Серго Орджоникидзе) или «Русский Декапод» с нагрузкой на ось 17 *т* и площадью колосниковой решетки 6 *м*². Паровоз имеет очень много деталей, взаимозаменяемых с паровозами Э^{м}. Так как паровоз имеет лишнюю поддерживающую ось, то сравнительно с паровозами Э^{м} возможно было значительно увеличить котел, что позволило повысить скорость на подъемах на 15% и вести на подъемах 0,009 поезда весом не менее 1 450 *т*. Сравнительно с Э^{м}, развивающим около 1 300 *л. с.* при скорости 40 *км/час* и нефтяном отоплении, СО развивает до 2 000 *л. с.* при угольных смесях.

Три первых опытных паровоза серии СО построены Харьковским заводом в 1934 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

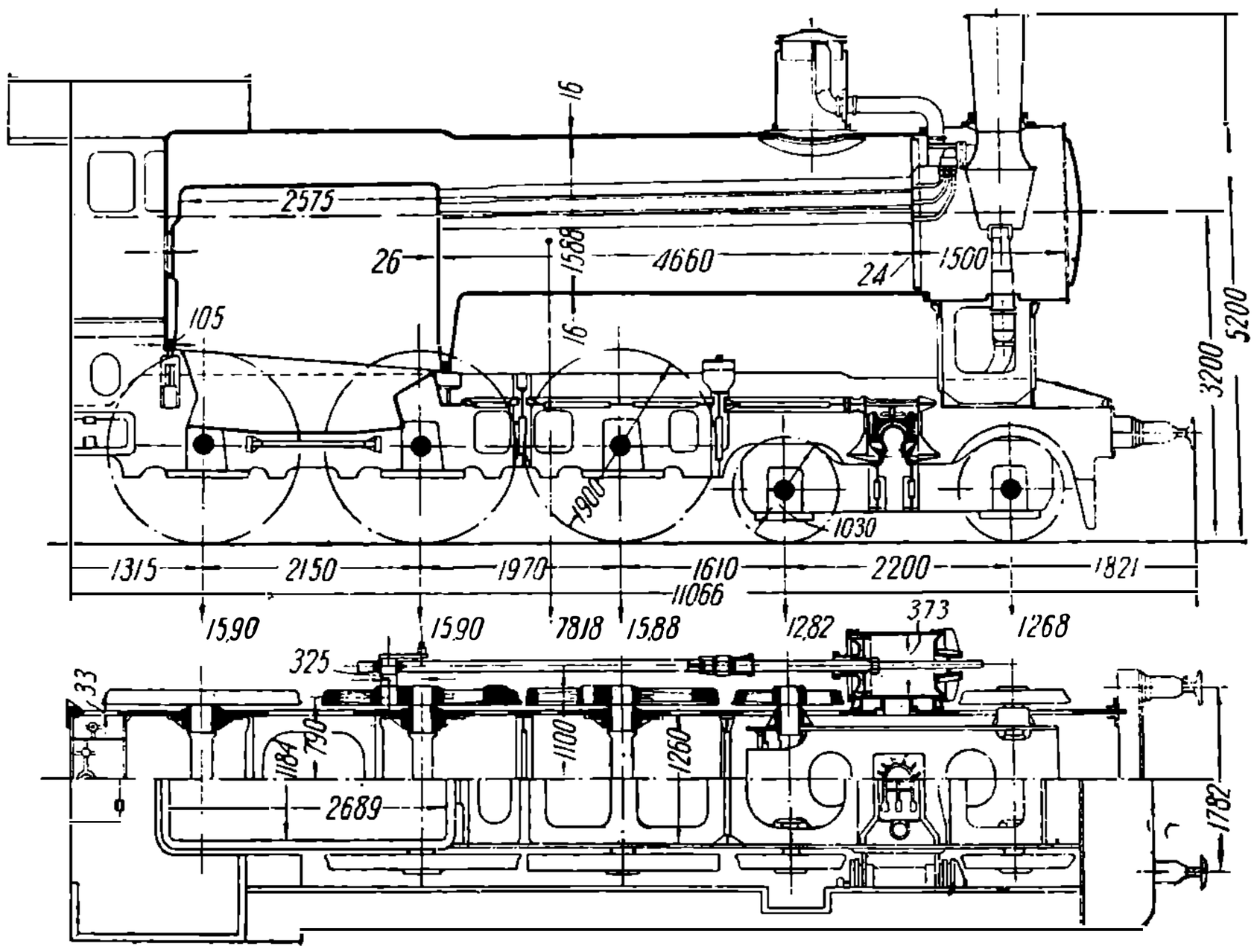
В 1936 г. предполагалось, что Харьковский и Брянский заводы полностью перейдут на выпуск только паровозов СО (около 500 шт. в год.).

Развитие пассажирских паровозов шло таким путем.

Вследствие большой протяженности наших дорог и возникающей в связи с этим острой необходимости в спальных вагонах — наши четырехосные вагоны имеют значительный вес, доходящий до 0,6—0,7 *т* и более на одно пассажирское место, т. е. они значительно (почти вдвое) тяжелее заграничных. Ввиду этого необходимость возить тяжелые пассажирские поезда (до 700 *т* и более) возникла у нас ранее, чем за границей. В связи с увеличением скорости необходимо было строить более мощные паровозы, причем шли двумя путями:

1) для увеличения быстроходности помещали большие котлы и потому увеличивали число поддерживающих осей;

2) для увеличения веса поезда увеличивали сцепной вес, и так как при нашем слабом в то время пути было невозможно давать нагрузку на ось свыше 16—18 *т* (а иногда даже ниже), то пришлось увеличивать число спаренных осей.



Фиг. 272

К 1900 г. наш пассажирский парк был значительно слабее заграничного: помимо старых паровозов типов 1—2—0 и 2—2—0 были налицо только типы 1—3—0 Н и 2—3—0 серий А, Г и Ж, поверхность нагрева которых не превосходила 160 *м²* и вес 50—62 *т*.

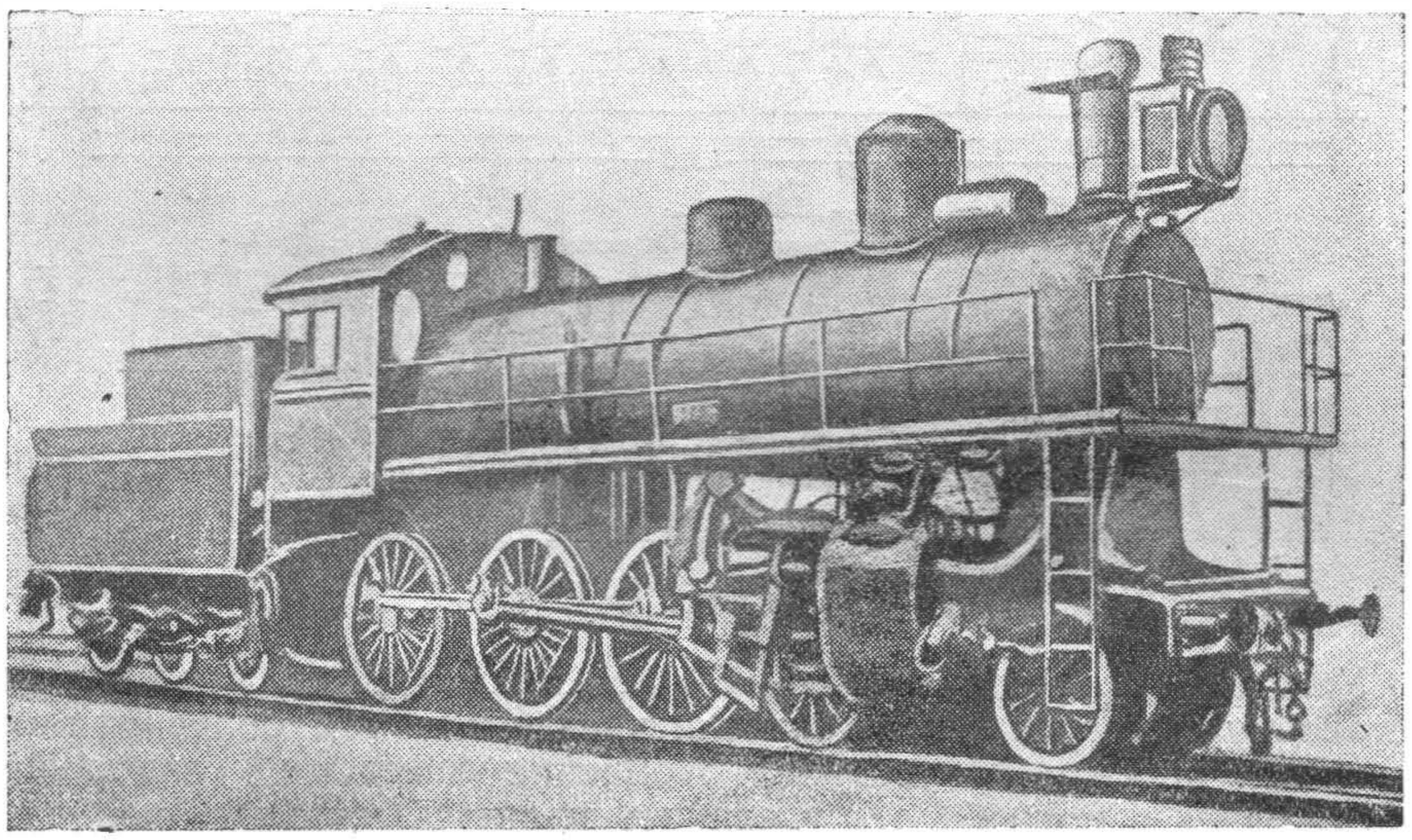
К 1905 г. явилась возможность увеличить давление от оси до 16 *т* и потому М.-К.-В. ж. д. заказала новые паровозы 2—3—0 Брянскому заводу значительно большего веса, причем было решено переработать тип 2—3—0 Г, снабдив его машиной однократного расширения и перегревом, что и было сделано Н. Ф. Денисовым (тип Г^{п}). Та-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ким образом появился тип 2—3—0 серии Б, значительно отличающийся от Г[11]

Первые паровозы серии Б были построены в 1908 г. (3 паровоза), которые после испытания и переработки начали строиться на ряде заводов с 1909 г. Паровозы развивали при пробных поездках до 123 *км/час* и оказались мало чувствительными к колебаниям скорости и отсечек, почему и были признаны вполне пригодными для скорой службы и получили значительное распространение.

Затем проект подобного же паровоза был исполнен Коломенским заводом для М.-Казанской ж. д., 2—3—0 серии К (фиг. 272). Так как эти паровозы с трудом развивали скорость до 100 *км/час*, то пришлось их усилить, что в 1911 г. было сделано инж. П. И. Красовским и Ф. Х. Мейнеке, причем усилили котел и взяли диаметр колес



Фиг. 273

1 900 *мм* с давлением от оси 17 *т* (паровоз серии К^{У}). При широкой топке, поднятой над рамами, этот тип имеет высокий центр тяжести, почему паровоз приобрел известную стройность, невиданную у нас до того времени (фиг. 273).

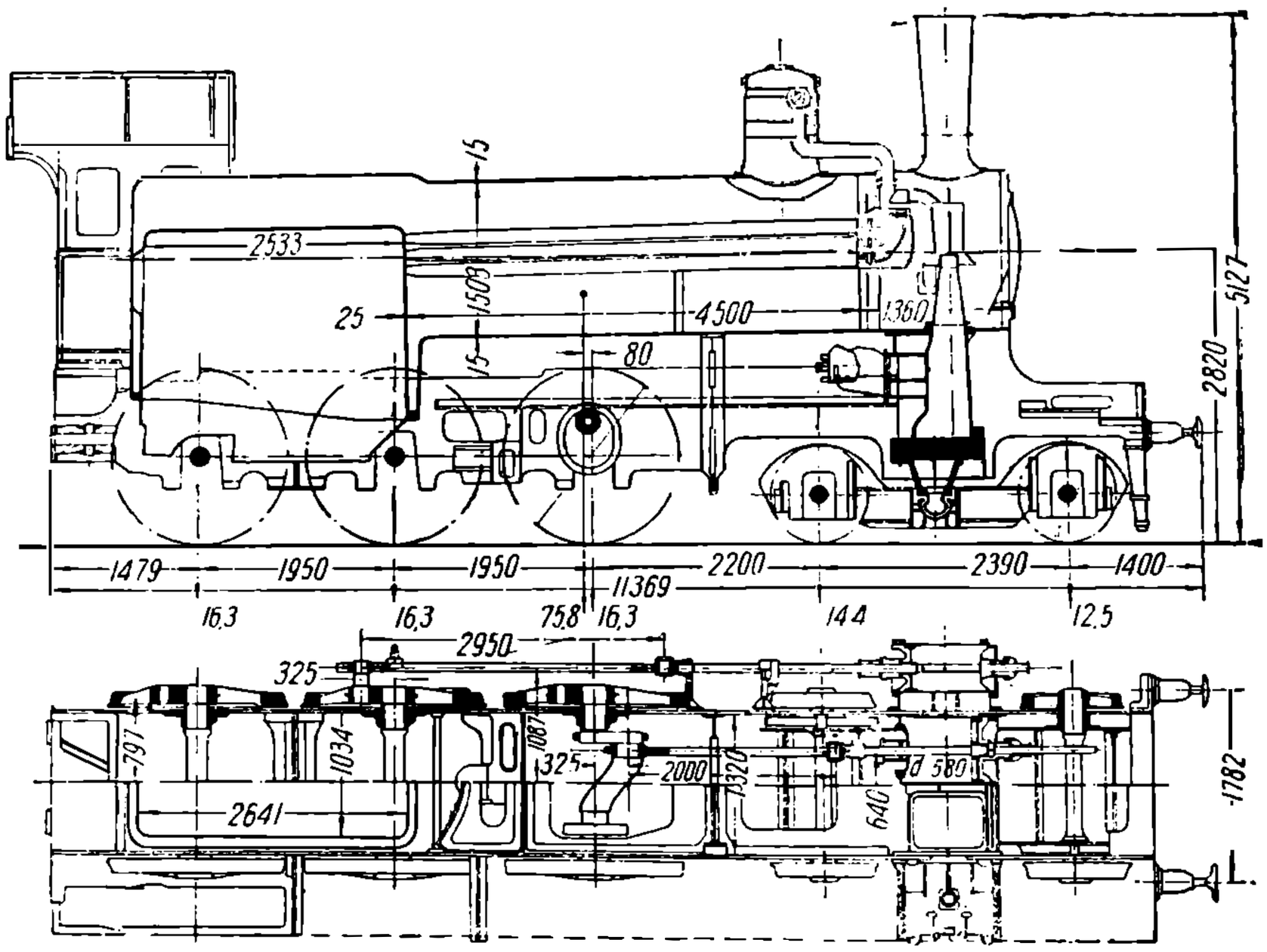
Паровозы К и Б, вполне удовлетворив потребность начала первого десятилетия 900-х годов, получили значительное распространение.

В это же время (1904 г.) для Рязано-Уральской ж. д., имевшей слабый путь и нуждавшейся в быстроходных паровозах, был спроектирован М. В. Гололобовым на Путиловском заводе уравновешенный паровоз системы де-Глэна тип 2—3—0 серии У, который на практике при скорости в 117 *км/час* имел весьма плавный ход. Он был весьма экономичен при отсечках в 35 %, но дальше пару уже нехватало. В 1913 г. эти паровозы снабдили перегревателями (фиг. 274), увеличили диаметр цилиндров и площадь колосниковой решетки (серия У^{У}), но паровоз утратил свои быстроходные качества и сделался более приспособленным для средних скоростей.

Это был единственный случай применения у нас системы де-Глэна, которая благодаря сложности не получила распространения.

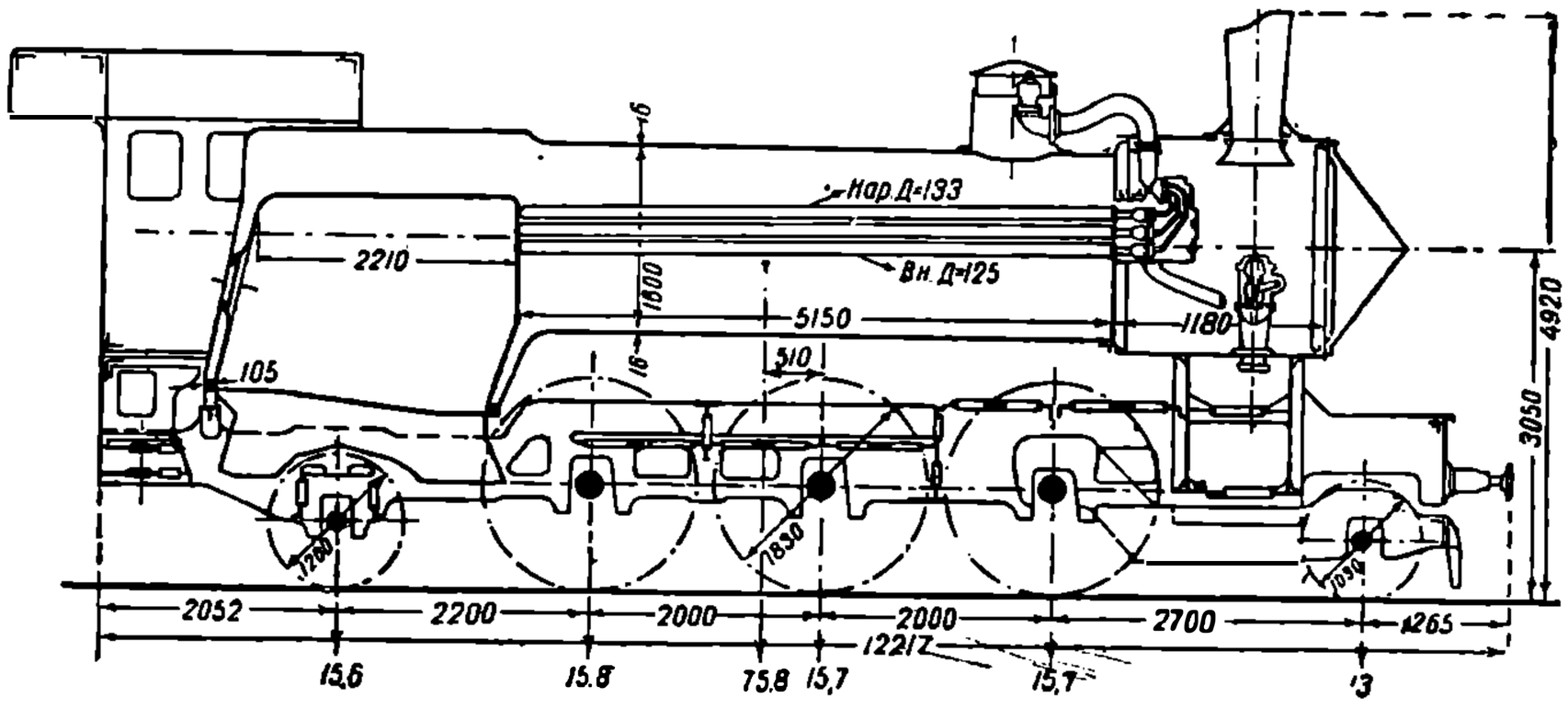
НБ УДУНТ (ДИТ)

Есть еще пример применения у нас четырехцилиндровых паровозов системы Воклена (серия В), построенных в США на заводе Болдвина. Паровозы эти оказались мало экономичными и с неспокойным ходом. В настоящее время все они списаны с инвентаря.



Фиг. 274

Уже к 1910 г. паровозы 1—3—0 Н, несмотря на усиление их и постановку перегревателей, оказались слабыми, тем более при необходимости перейти на угольное отопление вследствие вздорожания нефти. Явилась потребность увеличить площадь колосниковой решет-



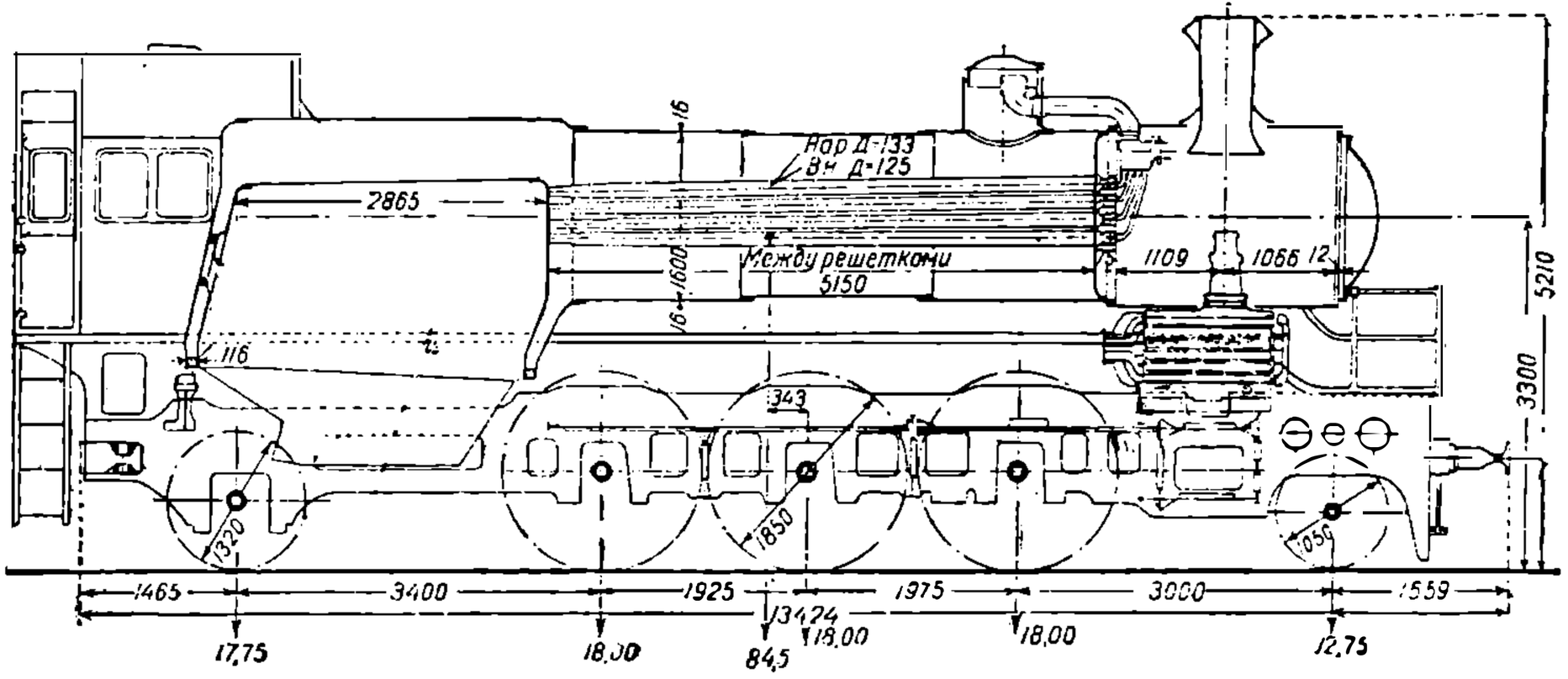
Фиг. 275

ки до 4 $м^3$, что вызвало необходимость в поддерживающей оси, т. е. надо было переходить к типам 1—3—1 или 2—3—1.

Последний не соответствовал размерам существующих поворотных кругов, поэтому остановились пока на типе 1—3—1 с тележкой Цара.

НБ УГЛНТ (ДГТ)

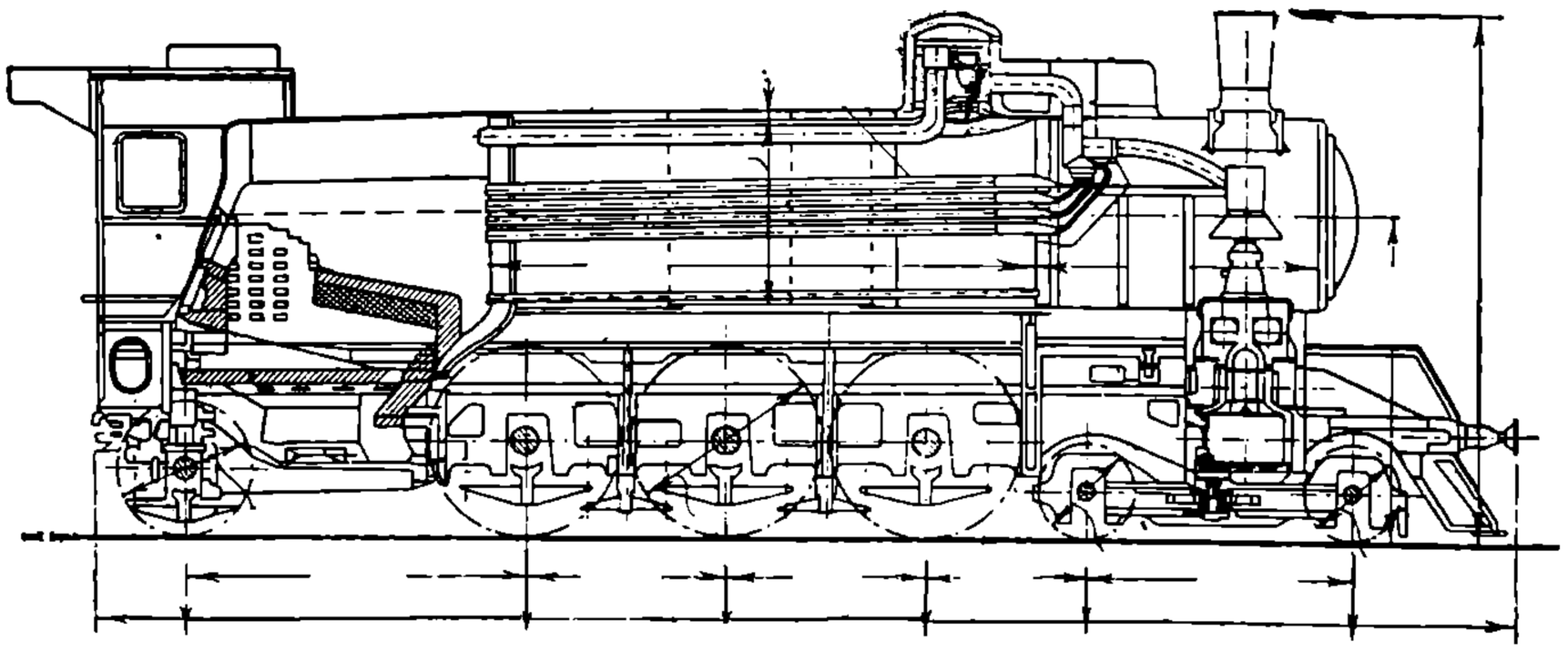
Проект был разработан в 1911 г. на Сормовском заводе инж. Б. С. Малаховским, причем первые паровозы были с перегревателями Ноткина, а с 1913 г. — с перегревателями Шмидта. На этих паровозах впервые были применены регулятор и буксы Цара. Эти паровозы, серии С (фиг. 275), имеющие простые и удобные для ремонта детали, представляют один из лучших наших пассажирских типов. Общий вес паровоза увеличился до 77 *т* и поверхность нагрева (с перегре-



Фиг. 276

вателем) до 256 *м*². Паровозы серии С получили широкое распространение в 1913—1917 гг.

В 1915 г. Коломенский завод построил паровоз 1—3—1, видоизмененный С, для Варшаво-Венской ж. д., причем вместо задней жесткой оси под топкой был поставлен биссель, почему получился паровоз, значительно лучше вписывающийся в кривые (серия $С^{в}$).



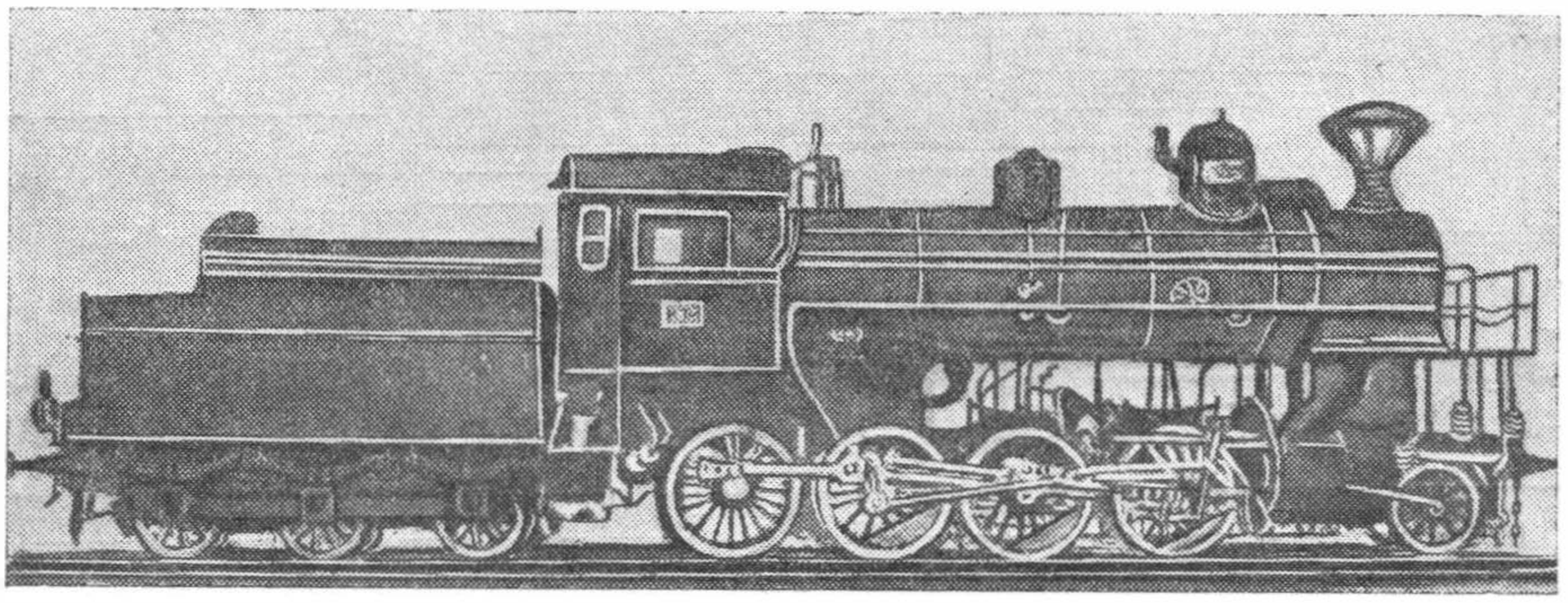
Фиг. 277

В 1925 г. НКПС должен был дать отечественным паровозостроительным заводам заказ на пассажирские паровозы, но при этом заводы поставили условие, что в целях ускорения выполнения заказа должен быть выбран тип, который не потребует особой разработки проекта и к постройке которого паровозостроительные заводы наиболее подготовлены. Решено было усилить тип 1—3—1 С, приспособив его для работы на низкосортном топливе и снабдив высоким перегревом, водоподогревом и задней осью бисселя.

НТБ УДИИТ (ДИТ)

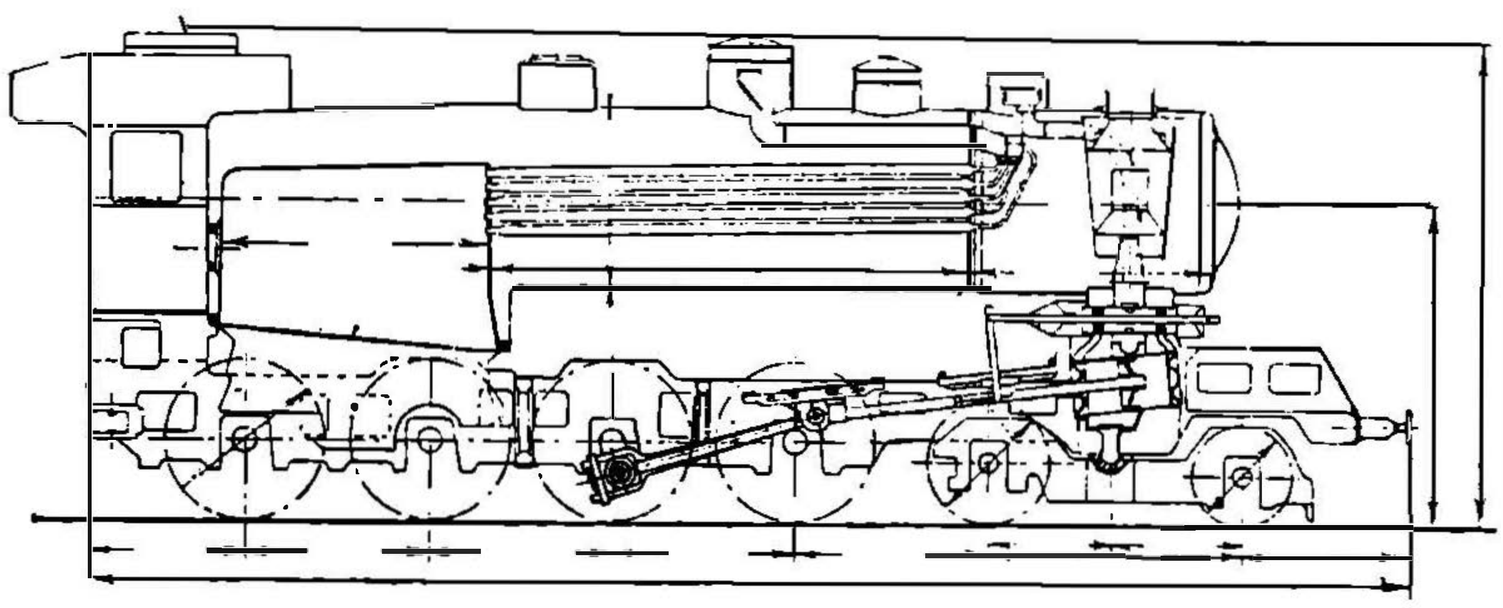
Получился паровоз 1—3—1 серии Су (фиг. 276) весьма хороших эксплоатационных качеств, особенно вариант 1926 г.

Резко усилившееся в 1912—1915 гг. пассажирское движение на Владикавказской ж. д. побудило ее перейти к типу 2—3—1 с давлением от оси в 17,5 *т* и с простой четырехцилиндровой машиной с перегревом. Паровоз 2—3—1 Л был спроектирован В. И. Лопушинским и в частично измененном проф. А. С. Раевским виде был впервые построен Путиловским заводом в 1915 г. (фиг. 277). Но паровозы серии



Фиг. 278

Л при большом котле (350 *м*²) имели сцепной вес только около 53 *т*, т. е. они не удовлетворили основному требованию повышения веса поездов на наших подъемах, доходящих до 8—10‰. Поэтому эти паровозы, будучи вполне пригодными для равнинных дорог, например Октябрьской, оказались слабыми по своему сцепному весу для дорог с более значительными подъемами; они не были в состоянии возить поезда большего веса, чем паровозы Б, К, У и С, будучи вмес-



Фиг. 279

те с тем значительно более сложными и дорогими, почему распространения не получили.

Естественно, пришлось увеличить число спаренных осей; почин еще в 1909 т. дала М.-Казанская ж. д., имевшая весьма слабый путь. Чтобы возить такие же поезда, как паровозы серий К, Б и С, с давлением от оси до 16 *т*, число осей увеличили до четырех и получили пассажирский паровоз 1—4—0 серии И с колесами диаметром 1 500 *мм*, сцепным весом 56 *т* (на 16% выше, чем у К и Б) и поверхностью нагрева 200 *м*² (фиг. 278). Этот паровоз имеет довольно удов-

НБ УГЛУНТ (ДИТ)

летворительные эксплоатационные качества как по экономичности, так и по воздействию на путь. Паровозы, построенные на Коломенском заводе, были сначала снабжены котлами Бротана, которые ввиду плохих эксплоатационных качеств были затем заменены обыкновенными. Эти паровозы открыли путь к пассажирским типам с четырьмя спаренными осями, доказавшими их рентабельность.

Поэтому, когда появилась необходимость строить паровозы для очень тяжелых поездов на ж. д. с подъемами выше 6‰, для чего паровозы серий К, Б и С оказывались уже слабыми, обратились к типам с четырьмя спаренными осями, выбрав тип 2—4—0. Паровозы 2—4—0 М были построены в 1927—1928 гг. по проекту Путиловского завода (фиг. 279). Паровоз 2—4—0 М имеет диаметр ведущих колес 1 720 *мм*, площадь колосниковой решетки 6 $м^2$ и испаряющую поверхность 261 $м^2$. Машина — трехцилиндровая, впервые введенная у нас; сцепной вес—72,5 *т*.

Так как наш габарит позволил поместить спаренные оси под топкой и таким образом избежать задних поддерживающих осей, то высота оси котла над рельсами получилась 3 450 *мм* (наибольшая в мире).

Эти паровозы получились неудачными вследствие недостаточно развитого зольника, глушащего горение, и вследствие плохого уравновешивания и пораспределения. Поэтому дальнейшая постройка паровозов 2—4—0 М была прекращена.

В настоящее время паровозы серии М ввиду указанных недостатков по проекту ИРТ (1931 г.) переделываются с трехцилиндровых на двухцилиндровые с повышением давления с 13 до 14,5 *ат*, давая новую серию $М^{1}$ («рационализированный»). Результаты благоприятны (см. «Паровозное хозяйство», 1934, № 2, стр. 8).

Этот период отличался большим прогрессом в области разработки и введения существующих нововведений (перегрев пара, подогрев воды, водоочистители и пр.).

Между прочим, Коломенский завод в 1909 г. по заказу М.-Казанской ж. д. впервые поставил на товарном паровозе 0—4—0 V прямоточную машину Штумпфа, и затем на этой же дороге впервые были произведены с нею опыты[1].

Первоначально машины Штумпфа строились исключительно с клапанным пораспределением, но потом стали применять и золотники, причем первый такой паровоз опять-таки впервые был построен на Коломенском заводе для Туринской выставки (с плоскими золотниками).

Сначала считали, что машина Штумпфа может быть применена только к товарным паровозам вследствие необходимости иметь тяжелые противовесы, но затем стали ее применять и к пассажирским. Например, в 1912 г. Штумпф спроектировал прямоточную машину для паровозов 1—3—1 Венгерских ж. д., ходящих со скоростью до 70 *км/час*, а затем для Прусских ж. д. для быстроходных паровозов 2—2—0 (скорость 100 *км/час)* и для Северо-Восточных ж. д. в Англии в 1912 г. для паровоза 2—3—0.

У нас в это же время были поставлены машины Штумпфа на паровозах без перегрева пара и с перегревом (серии Н и $Н^{шп}$

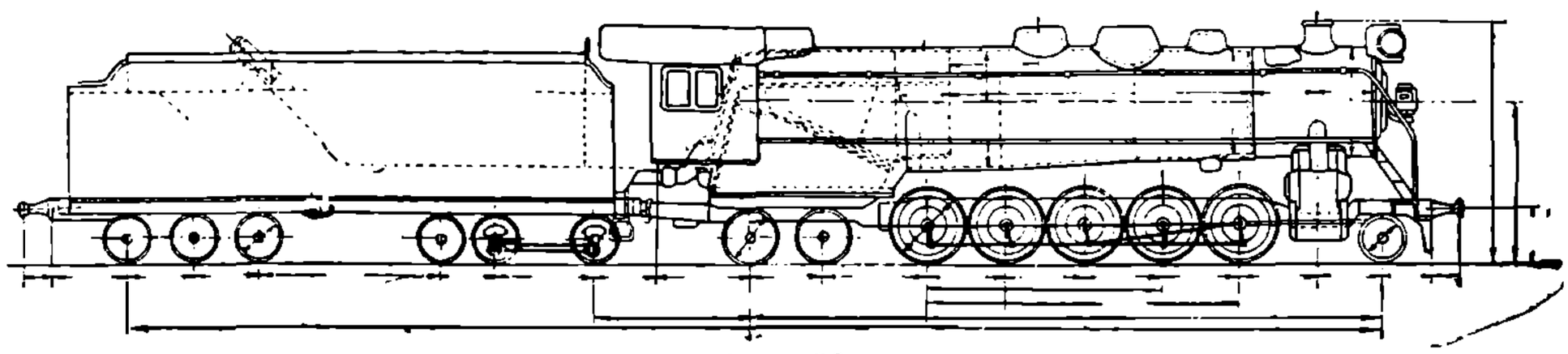
---

[1] Машины Штумпфа введены были на паровозах по предложению инж. Е. Е. Ноль-тейна, одного из лучших знатоков ж.-д. дела, впервые в мире. По его же инициативе у нас был введен перегрев пара раньше, чем во всех странах, кроме Германии, и построены паровозы Маллета, которые после нашего опыта были введены в Америке.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В условиях паровозной службы прямоточные машины пока не дали заметных преимуществ и применяются в единичных экземплярах, но их высокие термические качества бесспорны, особенно при высоком перегреве.

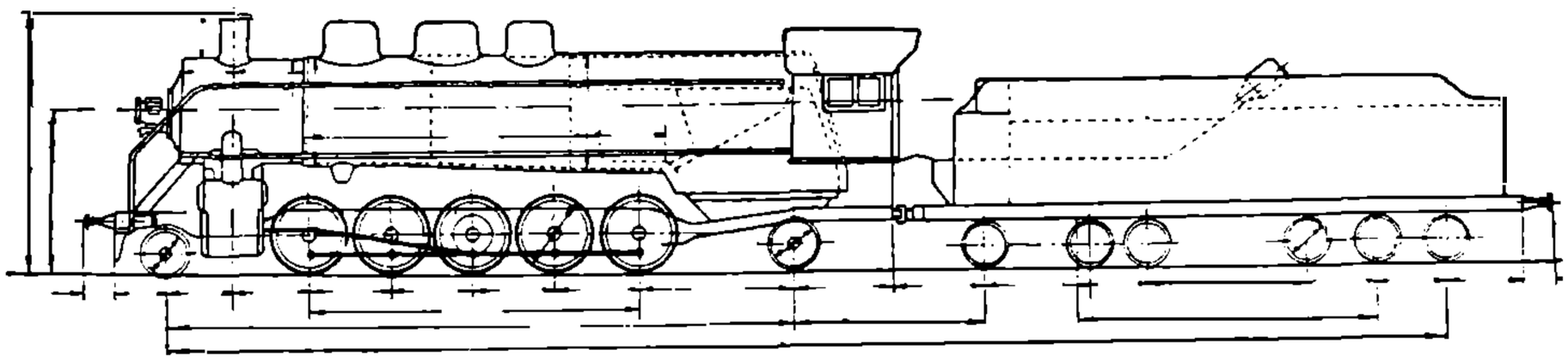
В связи с ростом грузооборота нашей сети, который уже в 1931 г. увеличился в 2,5 раза по сравнению с довоенными годами, и строительством новых ж. д., которых за годы после войны построено около 15 000 *км*, а тем более ввиду предстоящего строительства и увеличения грузооборота, а также пассажирского движения в будущем, вопрос об обновлении нашего паровозного парка и снабжении его более мощными паровозами стал для НКПС неотложным.



Фиг. 280

Так как увеличение мощности паровозов сопровождается соответственным увеличением их сцепного веса, то можно было итти двояким путем: увеличить нагрузку на спаренные оси (например до 23 *т*, в дальнейшем до 27 *т* и выше), не изменяя их числа, наоборот, оставить нагрузку ту же (или немного ее увеличить, например до 20—21 *т*), но увеличить количество спаренных осей.

Первоначально предполагалось, как сказано, итти первым путем и строить паровозы с нагрузкой 23 *т* на ось, считая, что их можно



Фиг. 281

эксплоатировать при незначительном изменении пути (путем увеличения некоторого числа шпал на 1 *км* пути и заменив песчаный балласт гравием или щебнем). Так как наши заводы еще не были приспособлены для постройки мощных паровозов, то было решено заказать их в США, причем сначала были заказаны 10 опытных паровозов с тем, чтобы, изучив их конструкцию, их работу в наших условиях, их достоинства, организовать затем постройку подобных паровозов в СССР.

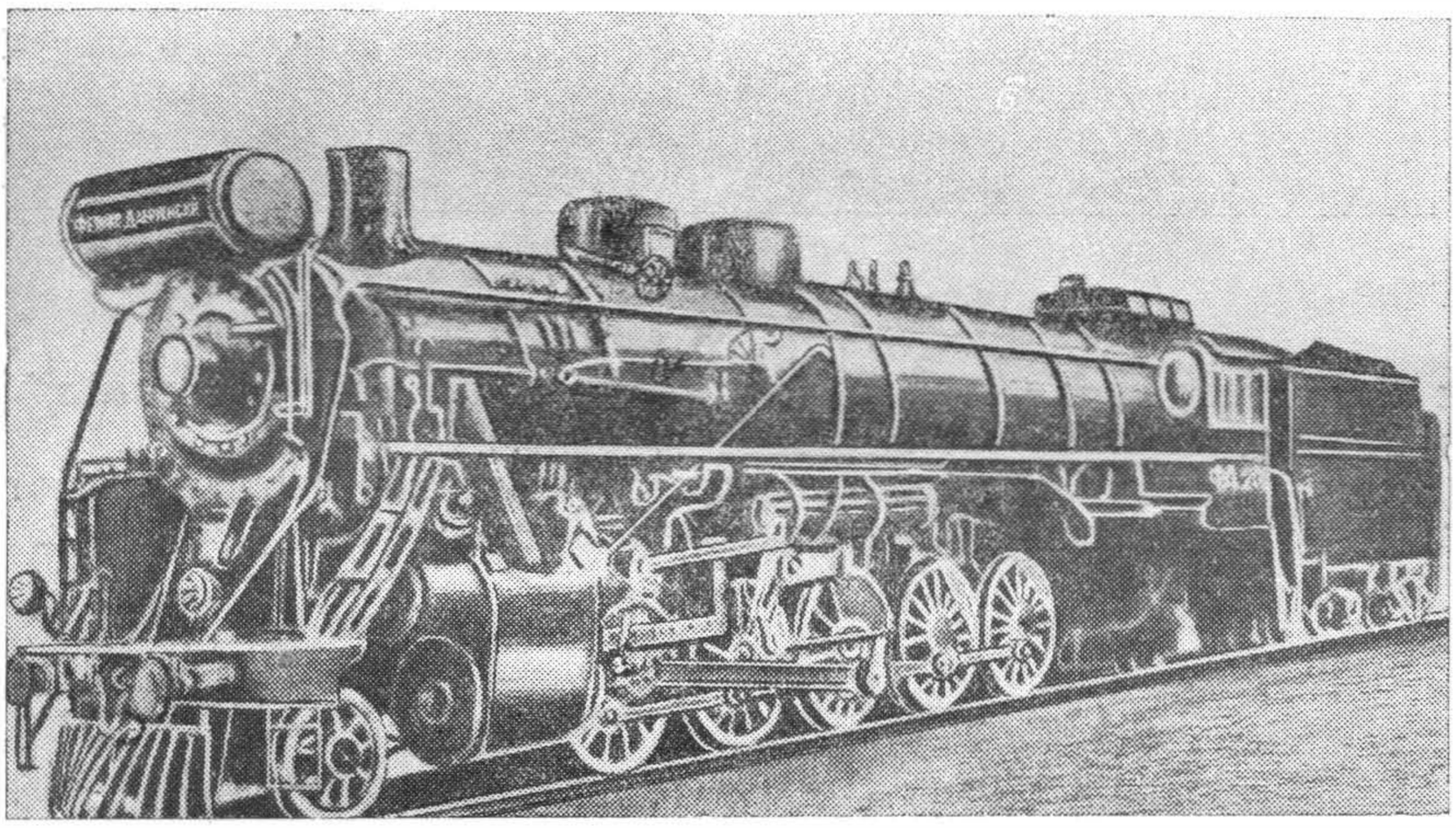
11 октября 1931 г. заказанные паровозы прибыли из США в Ленинград. Это были: 5 паровозов типа 1—5—2 серии Т, построенных Американской локомотивной компанией, и 5 паровозов типа 1—5—1 серии $Т^{б}$, построенных заводом Балдвина (фиг. 280 и 281). Их сила тяги — 27 000 и 25 000 *кг*, считая же и силу тяги бустеров —

ЦНБ УДУНТ (ДИТ)

34 000 и 31 000 *кг*. Нагрузка на спаренные оси 23 *т* и давление пара в котле 17 и 14 *ат*. Так как эксплоатация этих паровозов возможна только при наличии автосцепки, а наша винтовая сцепка может выдержать силу тяги не более 20 000 *кг*, то для производства опытов было оборудовано автосцепкою несколько опытных составов поездов.

Появление этих паровозов на нашей сети представляет для советского транспорта историческое событие, знаменующее резкий поворот в нашем ж.-д. деле, так как с ними впервые появились у нас такие нововведения, как стокер, бустер, пушер и другие необходимые принадлежности современных мощных паровозов.

Тем не менее опыты показали, что подобные паровозы вредно действуют на наш ж.-д. путь, следовательно, для возможности эксплоатировать подобные мощные (или, как их называют сверхмощные) паровозы необходима полная реконструкция ж. д.: смена рельсов и шпал, замена песчаного балласта щебнем или гравием, усиление мостов, введение автосцепки и автотормозов, реорганизация ремонта



Фиг. 282

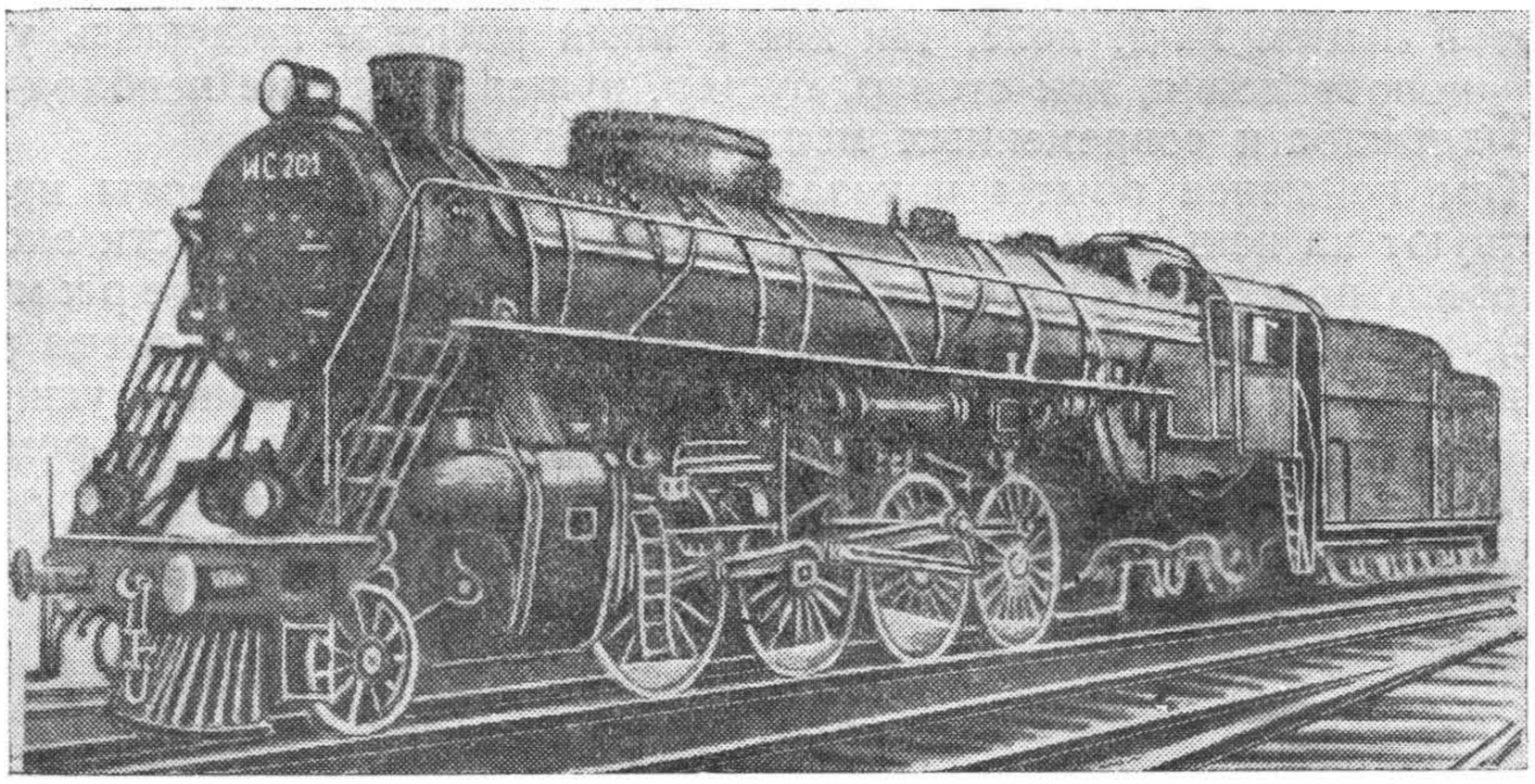
паровозов и соответствующее переоборудование ремонтных заводов и мастерских, перестройка депо и поворотных кругов, усиление водоснабжения и подготовка новых кадров. Сверх того необходимо реорганизовать и паровозостроительные заводы.

Все это требует колоссального капиталовложения, затраты огромного количества металла и известного времени, довольно значительного несмотря на наши исключительные темпы работы.

Очевидно должен быть известный переходный период, когда можно было бы использовать существующий ж.-д. путь возможно полнее, в случае необходимости с незначительным его усилением, и вместе с тем увеличить пропускную способность ж. д., введя типы паровозов более сильные, чем существующие. Наша винтовая стяжка может выдержать силу тяги не свыше 20 000 *кг*, а рельсы — давление от оси не выше 20 *т*. Эти данные и положены в основу современного переходного паровозного парка, которым будет обслуживаться наша сеть до ее реорганизации, после чего возможно будет ввести в эксплоатацию сверхмощные паровозы с давлением от спаренной оси 23 и 27 *т*.

НТБ УДИНТ (ДИТ)

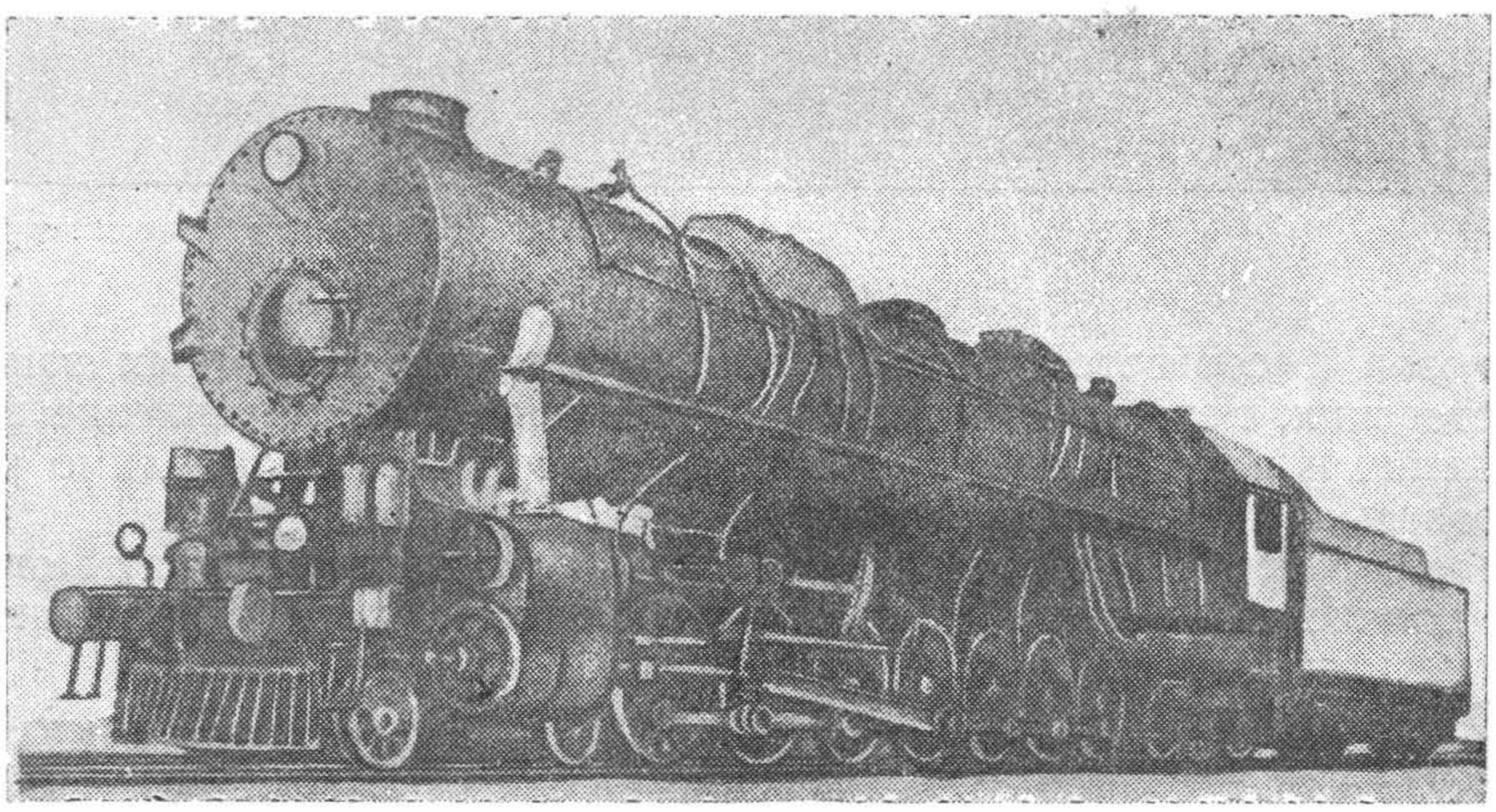
По этим заданиям у нас был спроектирован с невиданною раньше быстротою (в 100 дней) товарный паровоз 1—5—1, получивший серию ФД (Феликс Дзержинский) с нагрузкою на спаренную ось 20 *т* и давлением в котле 15 *ат*. Этот первенец нашего мощного паровозостроения был построен также в рекордно короткий



Фиг. 283

срок Луганским заводом и прибыл на своих парах с поездом в Москву к Октябрьским торжествам 1931 г. (фиг. 282).

Высокие эксплоатационные качества паровоза ФД выдвигают его как основной товарный тип нашего времени.



Фиг. 284

Дальнейшим шагом вперед было создание подобного же мощного пассажирского паровоза; он был спроектирован ЦЛПБ (Центральным локомотиво-проектным бюро) и построен Коломенским заводом к XV годовщине Октября. Этот паровоз типа 1—4—2 (фиг. 283) получил серию ИС (Иосиф Сталин) и имеет ту особенность, что у него котел, цилиндры, буксы, оси и арматура те же, что и у паро-

УГЛУНТ (ДИТ)

воза ФД, чем достигнуто объединение большого числа крупных деталей этих двух серий паровозов.

Паровозы ИС при давлении от оси 20 *т* в 1,5 раза сильнее паровозов 1—3—1 C^y Имея диаметр колес 1 850 *мм*, паровоз ИС может безопасно развить скорость до 100 *км* при значительно увеличенном весе поездов (до 18—20 четырехосных пассажирских вагонов).

Паровозы ФД и ИС являются основными типами второй пятилетки.

В 1934 г. построен на Луганском заводе опытный товарный паровоз типа 2—7—2, серия АА (А. Андреев) с давлением на рельсы от спаренных осей 20 *т;* это первый паровоз в мире с семью спаренными осями в жесткой раме. Его поверхность нагрева — 448 $м^2$, перегревателя Чусова — 174 $м^2$ и площадь колосниковой решетки — 12 $м^2$. При двух цилиндрах диаметром 740 *мм* и давлением пара 17 *ат* — сила тяги равна 28 000 *кг*. Диаметр ведущих колес — 1 600 *мм*, почему паровоз имеет рекордное возвышение оси котла над рельсами — 3 650 *мм*.

Этот паровоз (фиг. 284) не имеет будущности [1], так как с возможностью увеличить нагрузки на оси до 23 или 27 *т* необходимости в паровозах не только с семью, но даже и с шестью спаренными осями в течение весьма продолжительного времени не будет. Паровоз очень сложен, требует специальных приспособлений для ремонта и пр. и носит только рекордный характер.

Наконец, отметим, что в настоящее время разрабатывается проект курьерского паровоза типа 2—4—2 для скоростей до 130—140 *км/час*.

§ 34. УЗКОКОЛЕЙНЫЕ Ж. Д.

Кроме обыкновенных ширококолейных ж. д., обыкновенно со «стефенсоновской» колеей, шириной 4′8½″ (1 435 *мм*), которая в некоторых странах была взята других размеров (в СССР — в 5′— 1 524 *мм*), с самого начала построения ж. д. строились и узкоколейные ж. д. с самой разнообразной шириной колеи, оказывающей, понятно, резкое влияние на мощность и тип паровозов.

К 1922 г. узкоколейные ж. д. распределялись таким образом (табл. 4):

Таблица 4

Страны	Полная длина всех ж. д. в *км*	Из них узкоколейных ж. д. в *км*	Процент узкоколейных ж. д. по отношению ко всей сети
Европа	371 607	58 303	15,7
Северная и Центральная Америка	509 368	9 595	1,8
Южная Америка .	83 642	52 431	59,0
Африка	54 087	46 410	85,6
Азия	119 671	60 955	51,0
Австралия	47 616	28 265	59,5
Всего .	1 190 992	255 960	21,5

[1] Спроектирован этот паровоз на основе забракованных в настоящее время так называемых „предельных норм".

НБ УДУНТ (ДШТ)

Самая распространенная колея в 1000 *мм* (129 000 *км*), затем в 1067 *мм* (т. е. 3½′) — 79 000 *км*.

Так как размеры колеи узкоколейных дорог меняются в самых широких размерах (до 50 различных размеров), что крайне неудобно при эксплоатации, то в настоящее время стремятся их стандартизировать и предполагается остановиться на следующих размерах:

1) в государствах и колониях, где введена метрическая система, — 1000, 750 и 600 *мм* («Декавилевская»);

2) там, где придерживаются английских мер — 3½′ (1 067 *мм*), 2½′ (762 *мм*) и 2′ (610 *мм*).

На дорогах в 1000 *мм* допускается скорость до 80 *км/час* и в 750 *мм* — до 56 *км/час*.

Узкая колея непрерывно развивается и для целого ряда стран уже колея в 1000 *мм* является нормальной, с успехом выполняющей все функции магистралей, будучи, вместе с тем, значительно дешевле. В Европе узкоколейные дороги обыкновенно играют роль дорог местного значения и во многих случаях узкая колея значительно выгоднее, чем широкая. Примером может служить Бельгия, где, несмотря на густую нормальную сеть, построено 39% узкоколейных ж. д., оказавших громадную помощь промышленности и народному хозяйству. Заметим, что во Франции узкоколейных ж. д. 17 800 *км* из 53 560 *км* (33%), в Германии — 6 850 *км* (12%), в Швеции 3 590 *км* (23,5%) и в Швейцарии — 1 550 *км* (29%), т. е. они весьма распространены в Европе.

В СССР первые узкоколейные ж. д. (Новгородская, Обоянская и Ливенская с колеей 1067 *мм*) были построены в 1876 г. с паровозным парком заграничного происхождения, но в коммерческом отношении себя не оправдали.

По данным «Технического справочника транспортника», т. IV, в 1892 г. были изданы облегченные правила сооружения узкоколейных ж. д., которые дали толчок к их развитию. В 1894 г. началась постройка узкоколейных путей колеи 750 *мм* «Первым обществом подъездных ж. д. в России», а вслед за ним «Московским обществом подъездных путей». Единственным строителем узкоколейных паровозов в СССР и в бывшей России является Коломенский паровозостроительный завод, который приступил к этому строительству в 1885 г. и выпустил первые четыре узкоколейные танк-паровоза типа 0—2—0 своеобразной конструкции с длинной опускающейся дымовой трубой для Сурамского перевала Закавказских ж. д. колеи 900 *мм*.

В настоящее время по постановлению СТО строится Новочеркасский паровозостроительный завод для специальной постройки узкоколейных паровозов и мотовозов.

В 1895 г. по докладу указанных Первого и Московского обществ подъездных путей департаментом ж. д. министерства путей сообщения были утверждены чертежи узкоколейных паровозов и с этого времени началось систематическое их строительство, главным образом колеи 750 *мм*. Наибольшее применение в то время имел товаро-пассажирский паровоз типа 0—4—0 с трехосным тендером, с нагрузкой на ось 5 *т* и силою тяги 3 270 *кг*. Эти паровозы могли вести по горизонтали поезда весом 300 *т* со скоростью 25 *км/час*.

До 1 января 1932 г. Коломенский завод построил около 1000 узкоколейных паровозов для различных размеров колеи, весь же паровозный парк на то же время составлял около 1500 паровозов разных типов и размеров колеи.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Так как узкоколейные железные дороги находились в хаотическом состоянии, СТО издал 21 июня 1927 г. постановление «Об упорядочении узкоколейного ж.-д. транспорта СССР», и затем был разработан общесоюзный стандарт (ОСТ 335), утвержденный 20 июня 1928 г., согласно которому для узкоколейных наземных дорог установлена ширина колеи 750 и 1000 *мм* и только на заводской территории разрешается 600 *мм*.

Комиссия по стандартизации узкоколейных ж. д., учитывая практику ж. д. широкой колеи, наметила деление каждой из стандартизированных колей на три категории: категория У — усиленный тип, категория Н — нормальный тип и категория О — облегченный тип узкоколейных ж. д. Сообразно с этим и проводится стандартизация узкоколейных паровозов.

На усиленных ж. д. могут использоваться наиболее мощные паровозы с тендерами из числа применяемых у нас и за границей на узкоколейных ж. д. колеи 1000 и 750 *мм* и по мощности своей близко стоящих к существующим паровозам широкой колеи, например, паровозы с тендером типа 1—5—1 или 1—5—0 с нагрузкой на ось в 12,5 *т* или же типа 0—5—0 с нагрузкой 9 *т*. На дорогах нормальной категории (преимущественно колеи 750 *мм*) могут применяться паровозы с тендерами типа 0—4—0 с нагрузкой на ось в 6,5 *т* или же типа 0—5—0 с нагрузкой на ось 9 *т*. На дорогах облегченной категории (подъездные пути местного значения, полевые ж.-д. колеи 750 *мм* и внутризаводские пути колеи 750 и 600 *мм*) рекомендуется применение легких паровозов, преимущественно танковых, с нагрузкой на ось не свыше 4 *т*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

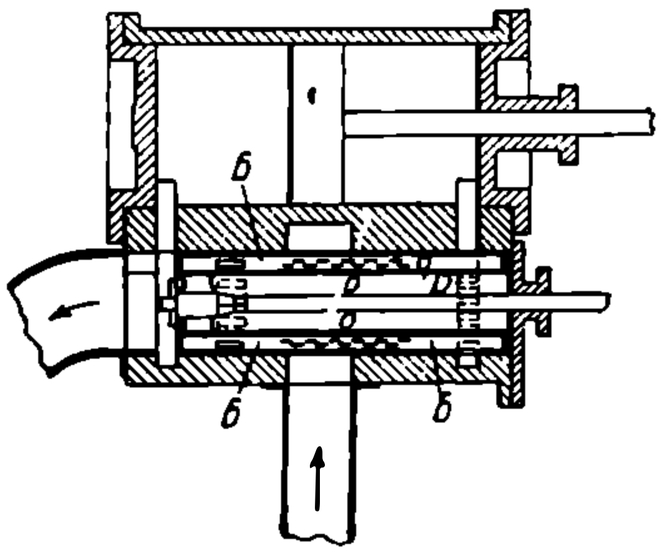
II. РАЗВИТИЕ ПАРОВОЗА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА

Глава первая

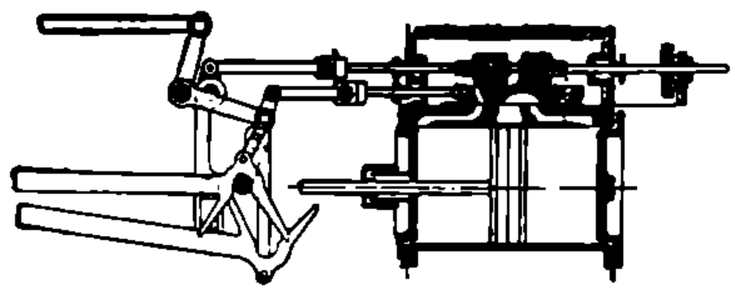
ПРОБЛЕМА УЛУЧШЕНИЯ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ И УМЕНЬШЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

§ 35. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Вопрос о парораспределении останавливал на себе всегда особое внимание ж.-д. инженеров, так как оно могло быть легко изучено при помощи индикатора и снимаемых им индикаторных диаграмм. Поэтому конструкций внутренних парораспределительных органов (золотников, клапанов, кранов) и внешних (кулиссных и других механизмов) были предложены многие десятки и непрерывно предлагаются



Фиг. 285



Фиг. 286

и теперь. Изучению их посвящены отдельные работы [1], здесь же можно указать только главные этапы.

Первые паровозы работали без расширения, и их плоские золотники не имели перекрыш. В 1833 г. фирма Scharp, Robert & C⁰ у паровоза «Experiment» поставила «трубчатые золотники» (без перекрыш) — предвестники современных цилиндрических (фиг. 285). Только в 1839 г. знаменитый Клапейрон (Clapeyron) во Франции ввел перекрыши золотника и угол опережения и Мейер (Meyer) в Германии в 1842 г. двойные золотники, состоящие из так называемых основного и расширительного (фиг. 286). Двойные золотники нашли себе в то время значительное распространение в стационарных установках и употреблялись даже в паровозах, но с изобретением усовершенствованных кулиссных механизмов вышли из употребления. Все последую-

---

[1] См. Н. И. Карташов, Паровозные парораспределительные механизмы, СПБ, 1914 г. и Е. Г. Кестнер и И. И. Николаев, Динамика и парораспределение паровозов, Москва, 1931 г.

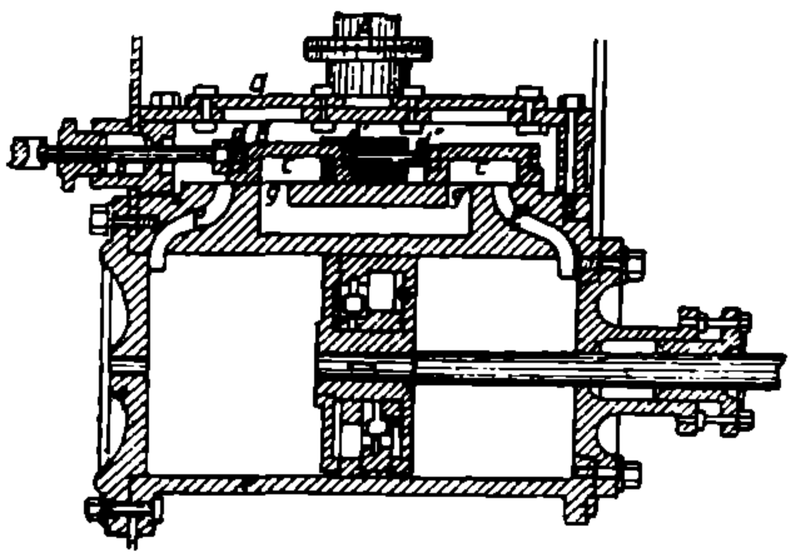
НБ УДИНТ (ДИТ)

щие попытки их усовершенствовать и заменить двойными цилиндрическими золотниками успеха не имели [1].

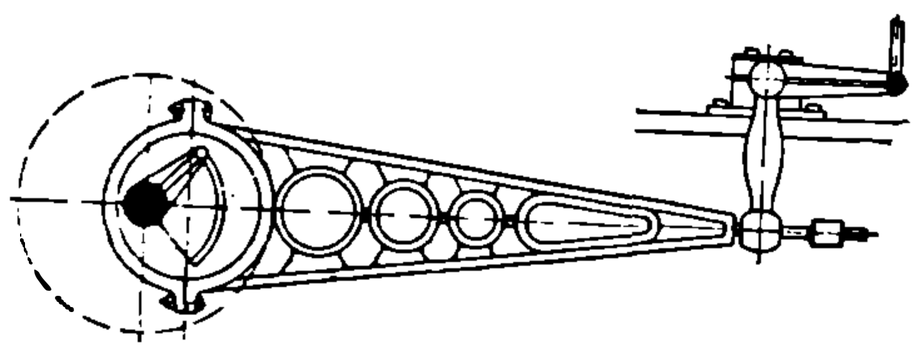
На паровозах прошлого века (например «Samson» Ливерпуль-Манчестерской ж. д.) были поставлены золотники р а з д е л ь н ы е, т. е. обыкновенный коробчатый золотник был разделен на две части для получения более коротких паровых каналов, обслуживающих раздельно переднюю и заднюю части цилиндра (фиг. 287) — прототип нашедшего теперь у нас исключительное распространение «раздельного парораспределения» (цилиндрическими золотниками и клапанами).

Наконец в 1855 г. Трик (Trick), инженер паровозостроительного завода Кесслера в Эсслингене, изобрел известный золотник с в н у т р е н н и м к а н а л о м (и с д в о й н ы м в п у с к о м п а р а), названным его именем и широко употребляемым в настоящее время в применении не только к плоским, но и к цилиндрическим золотникам.

Очень продолжительную эволюцию пережили внешние парораспределительные органы, прежде чем вылились в современную относительно простую форму.



Фиг. 287



Фиг. 288

Первые паровозы имели парораспределение со с в о б о д н ы м э к с ц е н т р и к о м, которое еще раньше применялось на рудоподъемных и морских машинах. На фиг. 288 представлен такой механизм паровозов Стефенсона, построенных в 1825 г. На ведущей оси возле свободно посаженного эксцентрика, снабженного дугообразным прорезом, заклинен рычаг, цапфа которого может двигаться в указанном прорезе. В зависимости от того, занимает ли цапфа то или другое крайнее положение,— парораспределение работает на прямой или обратный ход, который при помощи двухплечего рычага передается к золотникам вертикальных цилиндров.

Затем применяли п е р е с т а н а в л и в а ю щ и е с я э к с ц е н т р и к и, причем можно было получить прямой или обратный ход, но нельзя было получить переменную отсечку. Но насколько сложно было управление ими в первых паровозах, видно по следующему описанию К. Марока (K. Maroca «Die Etwicklung der Dampfmaschine»): «Золотники приводились в движение от коленчатого вала посредством эксцентриков, которые могли свободно перемещаться на валу; на валу же неподвижно были прикреплены шайбы, соединяемые с золотниковыми штоками. Когда эксцентрик находился между шайбами, — паровоз стоял; при помощи педали машинист передвигал эксцентрик вдоль вала и соединял его с шайбой. При впуске пара машинист разъединял золотниковый шток от эксцентриковой тяги и двигал золотники от

[1] См. проф. Н. И. К а р т а ш о в, Паровозные парораспределительные механизмы, § 87, стр. 270.

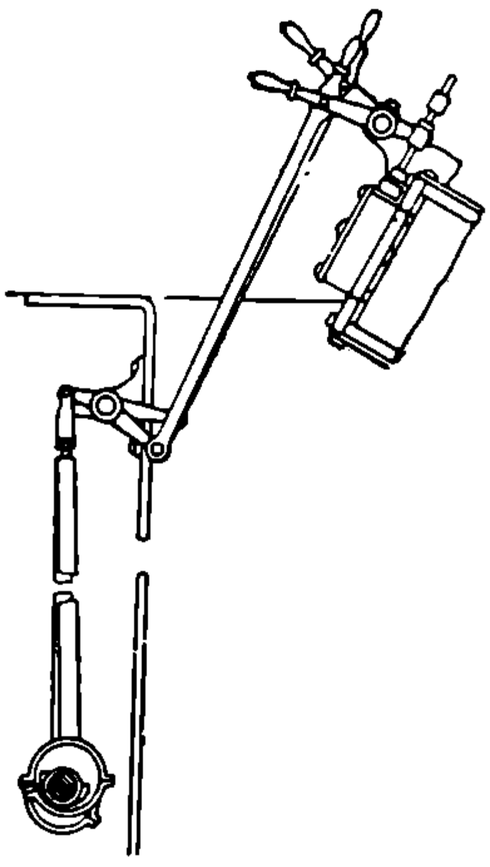
НТБ УДУНТ (ДИТ)

руки до тех пор, пока паровоз начинал двигаться по известному направлению, а затем производил соединение. Для производства этих манипуляций у машиниста было 5 или более рукояток и рычаг».

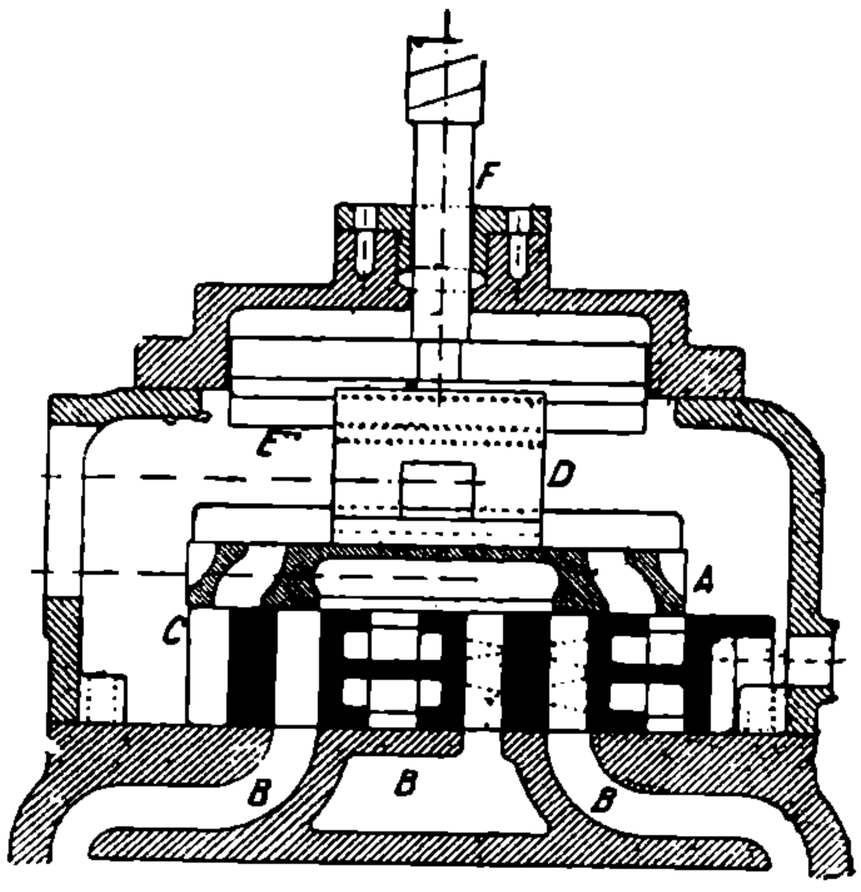
На фиг. 289 показано подобное парораспределение паровоза «Ракета».

В 1832 г. Вильямс Джемс в Нью-Йорке (William James) изобрел кулиссный механизм, соединив концы эксцентриковых тяг криволинейной кулиссой с кулиссным камнем, который в свою очередь соединялся с золотниковым штоком [т. е. в данном случае мы имеем кулиссный механизм первой группы («старой»)]. Этот кулиссный механизм был поставлен на паровозе 0—2—0 с вертикальным котлом, который был вскоре уничтожен при взрыве котла и исчез из обращения.

В 1837 г. было запатентовано в Америке и Англии парораспределение Eastwick и в 1838 г. — завод Braithwaite, но они были сложны и неудовлетворительны.



Фиг. 289



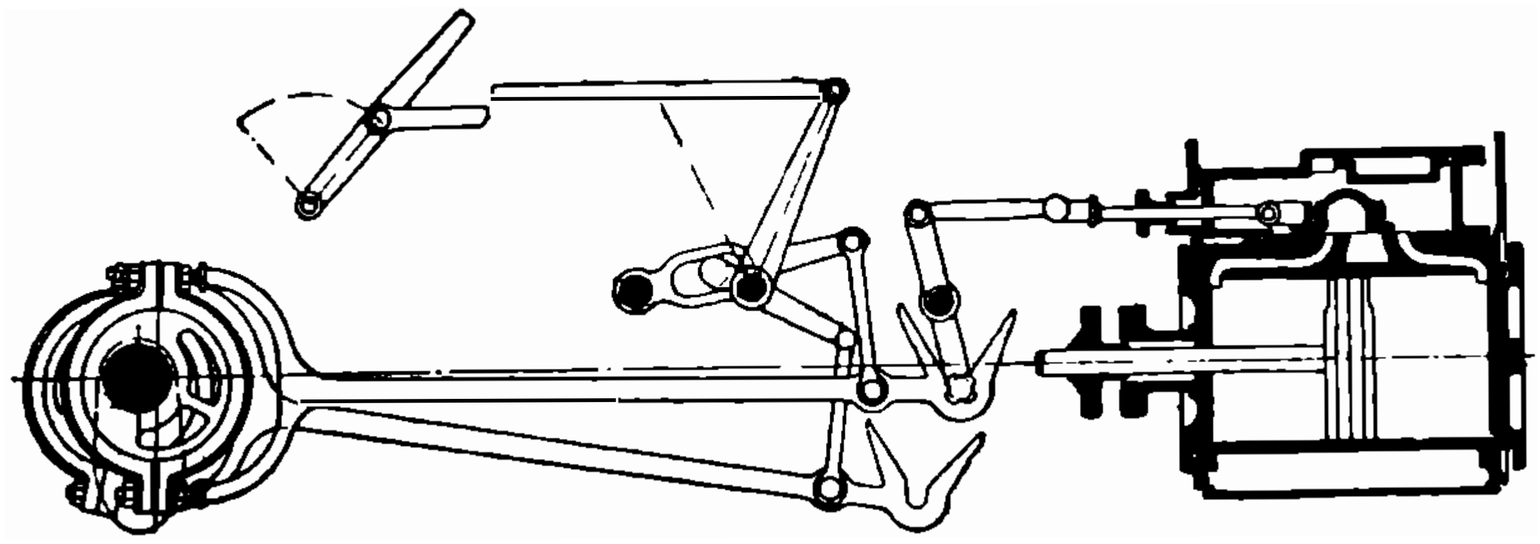
Фиг. 290

Парораспределение Eastwick (Истуйка) тем не менее заслуживает внимания, так как оно было поставлено на первых паровозах, построенных в России на Александровском заводе в 40-х годах прошлого века. Золотник *A* (фиг. 290) приводился в движение одним эксцентриком. Между золотником и паровыми окнами *B* помещался брусок *C*, снабженный 4 каналами, из которых два прямых для переднего и два косых для заднего хода. Первые сообщались прямо с цилиндром, а вторые проходили через брусок только до половины его толщины и затем поворачивали и пересекали друг друга до входа в цилиндр. Брусок соединялся с помощью тяги с рычагом в будке машиниста. Для получения заднего хода брусок *C* помощью тяги передвигался так, чтобы косые каналы пришли в соприкосновение с каналами *B*. Таким образом, когда золотник впускал пар в передний канал бруска, этот пар косым каналом направлялся в заднюю часть цилиндра, и наоборот.

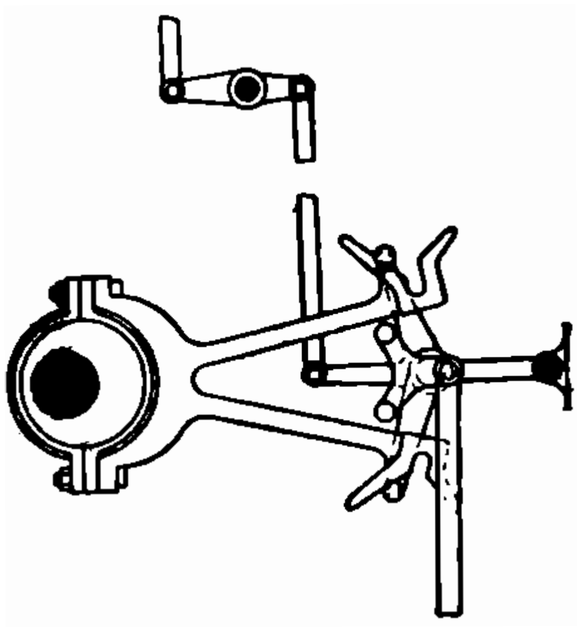
Еще в 1818 г. Кермичел (Carmichael) изобрел так называемый вильчатый механизм, но впервые на паровозах он был поставлен Ферстером в 1834 г. (фиг. 291); затем этот механизм подвергался многократным конструктивным видоизменениям, из которых на фиг. 292 приводим вид вильчатого механизма системы Гаутзорна

ВВ УГУНТ (ДІТ)

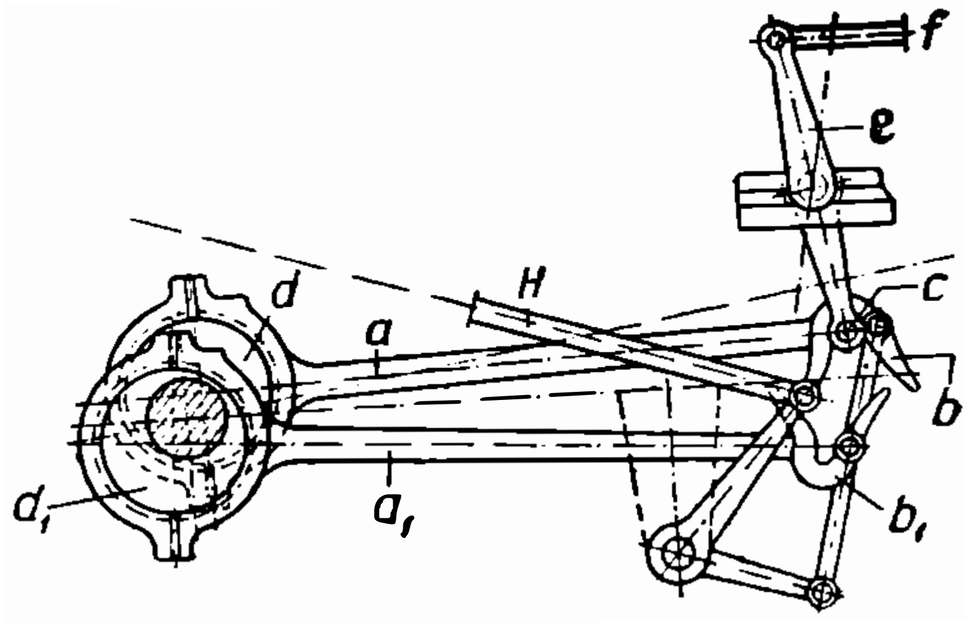
(Hawthorn) (1837 г.) и конструкцию, которую применял Р. Стефенсон на некоторых своих паровозах (фиг. 293): на ведущей оси насаживались два эксцентрика d и d_1, тяги которых a и a_1, снабжались вилками b и b_1. Машинист, действуя на переводную тягу H, одновременно опуская одну эксцентриковую тягу и поднимая другую, вводил в сцепление с ведущей цапфой C двухколенчатого рычага или вилку b или b_1, чем и приводили в движение рычаг e и соединенный с ним золотниковый шток f, по желанию, с эксцентриком переднего или заднего хода. Золотник при этом имел только один вполне определенный ход.



Фиг. 292



Фиг. 291



Фиг. 293

Около 1840 г. Роджерс применил двойную вилку (фиг. 294), откуда уже был прямой переход к криволинейной кулиссе, соединяющей концы эксцентриковых тяг. Это изобретение и было сделано сборным мастером завода Стефенсона Вилльямсом Гау (Howe) в 1842 г., который таким образом изобрел первый кулиссный механизм первой, или «старой» группы[1]. С незначительными изменениями Р. Стефенсон применил этот механизм в том же году к паровозам, где он под названием «кулиссы Стефенсона» получил самое широкое распространение (фиг. 295).

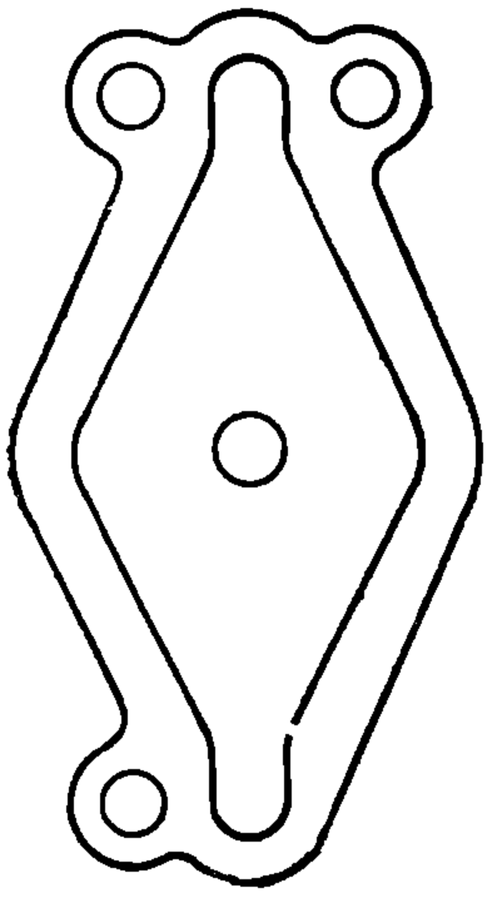
На этом примере мы видим, что часто какой-нибудь механизм, прежде чем вылиться в окончательную, «закрепленную» форму, шаг

[1] Независимо от Джемса, изобревшего его в 1832 г.

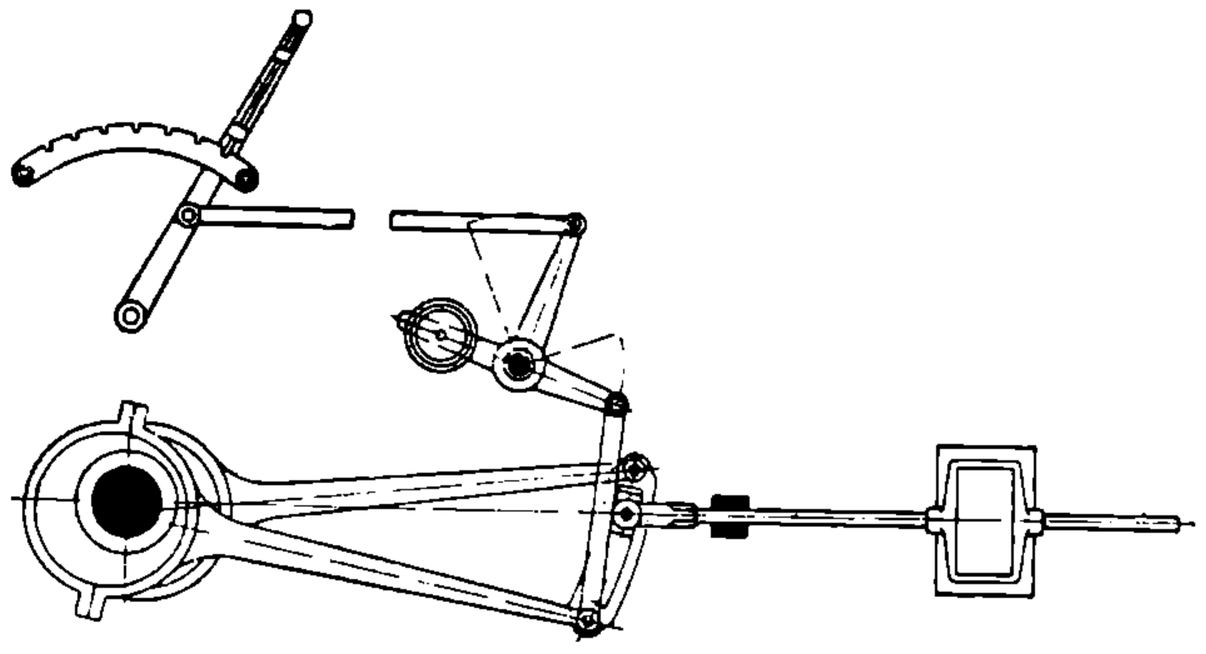
НБ УДУНТ (ДИТ)

за шагом совершенствуется, проходя через десятки рук в течение многих лет. Кулиссный механизм Стефенсона совершенствовался указанным образом 24 года.

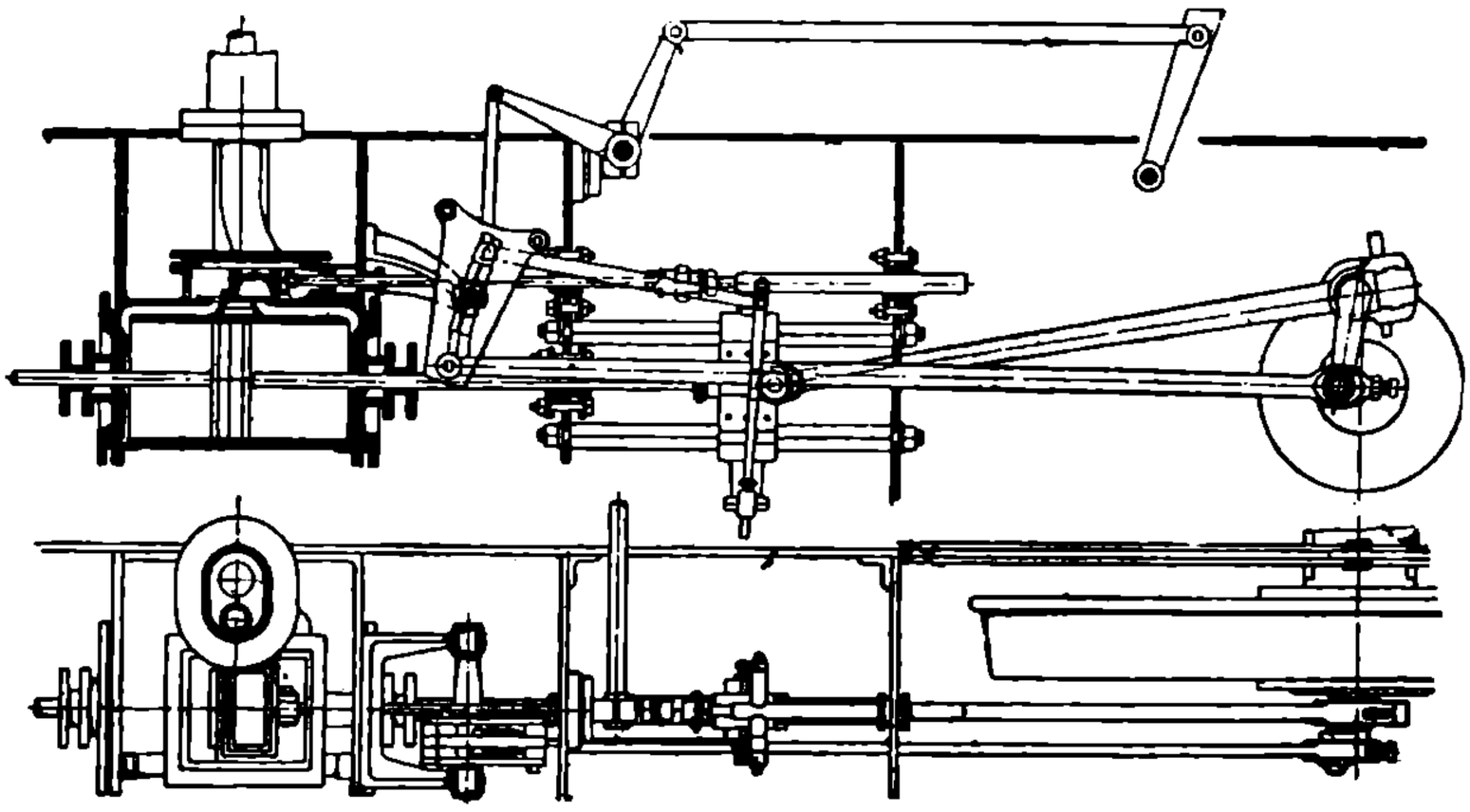
Интересно отметить, что первое время на кулиссный механизм смотрели только с точки зрения удобства перемены хода, но не имели в виду воспользоваться возможностью переменного расширения. Последнее выявилось только в процессе работы: машинисты, получающие топливную премию, заметили, что топлива расходуется меньше, когда переводной рычаг стоит ближе к центру. Теоретики долгое время в этом сомневались, пока проф. Цейнер не создал



Фиг. 294



Фиг. 295



Фиг. 296

в 1857 г. теорию золотниковых парораспределений, в которой обосновал справедливость практических наблюдений, указав на возможность изменять при помощи кулиссных механизмов величину отсечки и сопряженную с этим степень расширения пара.

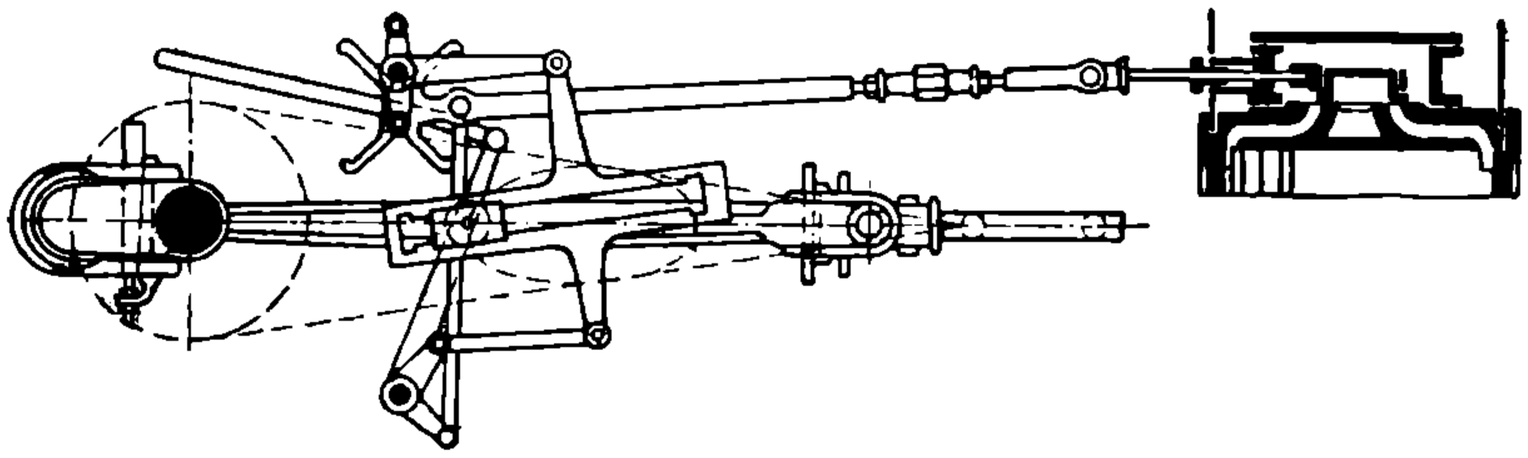
В 1843 г. Гуч видоизменил указанный кулиссный механизм, закрепив кулиссу на шарнирной опоре, чтобы он занимал меньше ме-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ста в вертикальном положении (обстоятельство, важное для товарных паровозов).

В 1856 г. Аллан сконструировал кулиссный механизм с прямолинейной кулиссой, которая при тогдашнем состоянии машиностроения легче могла быть выполнена.

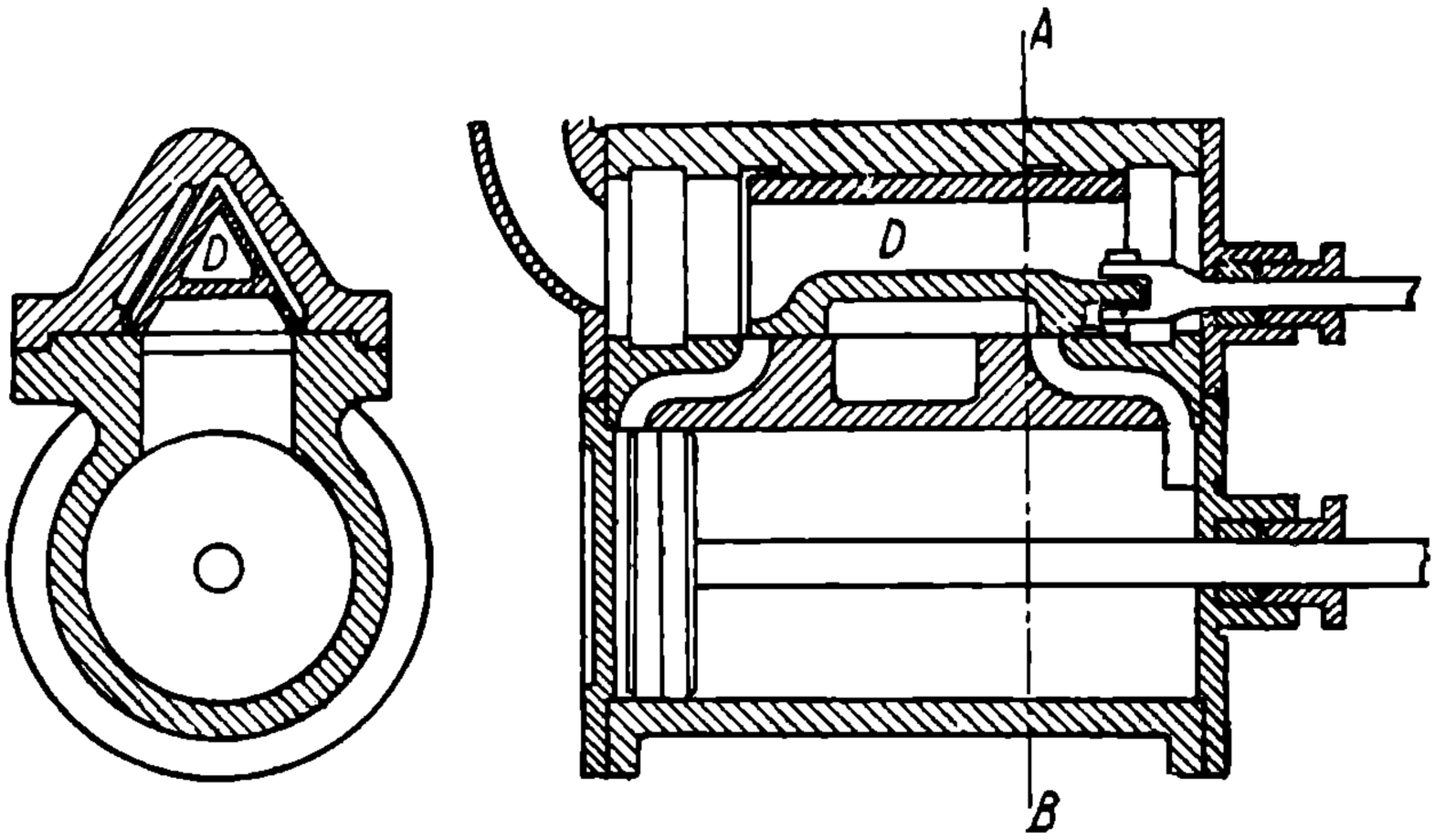
В то время, когда почти не было технических журналов и был еще очень слабый обмен технических мыслей, мы сталкиваемся весь-



Фиг. 297

ма часто с одновременным и независимым изобретением одних и тех же механизмов разными лицами в разных местах, например, кулисса Аллана была изобретена одновременно упомянутым выше инж. Трик.

Наконец, в 1844 г. Вальсхартом (Walschart) в Бельгии был изобретен кулиссный механизм, относящийся ко второй группе («новой»), где он и известен под его именем. В 1849 г. этот же механизм с самым незначительным отличием от механизма Вальсхарта был



Фиг. 298

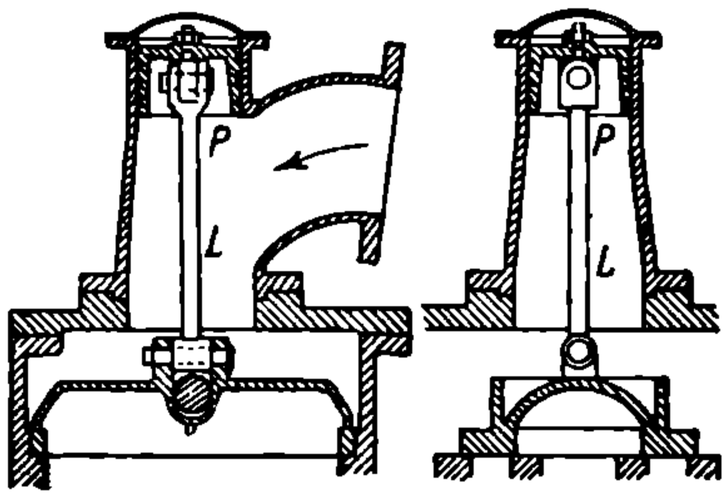
вполне самостоятельно исследован и опубликован Гейзингером (Heusinger, von Waldegg) в Германии и теперь известен у нас под названием кулиссы Гейзингера.

Вид кулиссы Гейзингера 1850 г. дан на фиг. 296.

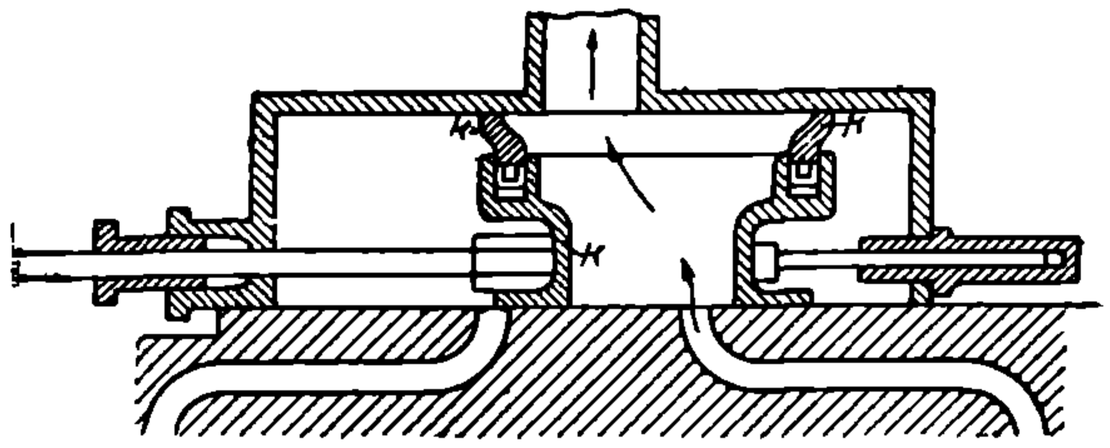
Все эти кулиссы дают почти одинаковое парораспределение, но в смысле удобства надзора и ремонта и независимости от колебания паровоза кулисса Гейзингера оказалась наилучшей, почему она в настоящее время является наиболее распространенной в мире.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Из других механизмов заслуживает внимания эллиптический (радиальный) парораспределительный механизм, изобретенный в 1837 г. Меллином (Melling) в Ливерпуле и затем в улучшенном Гаутзорном (Hawthorn) виде 1839 г. поставленный на многих паровозах. Из фиг. 297 видны его устройство и действие. Передача



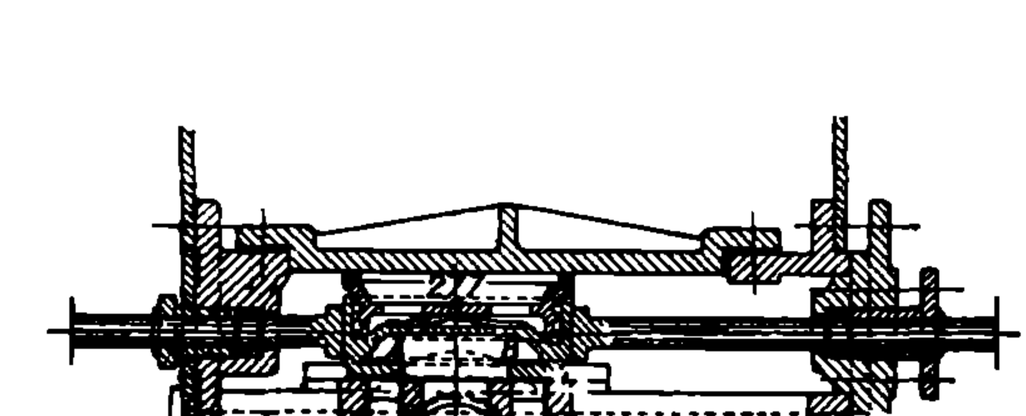
Фиг. 299



Фиг. 300

движения золотнику осуществлялась еще при помощи вилки перемены хода, т. е. с постоянной отсечкой.

Этот механизм является предвестником целой группы соответствующих механизмов, из которых впоследствии особенно выделился механизм Джоя.



Фиг. 301

Фиг. 302

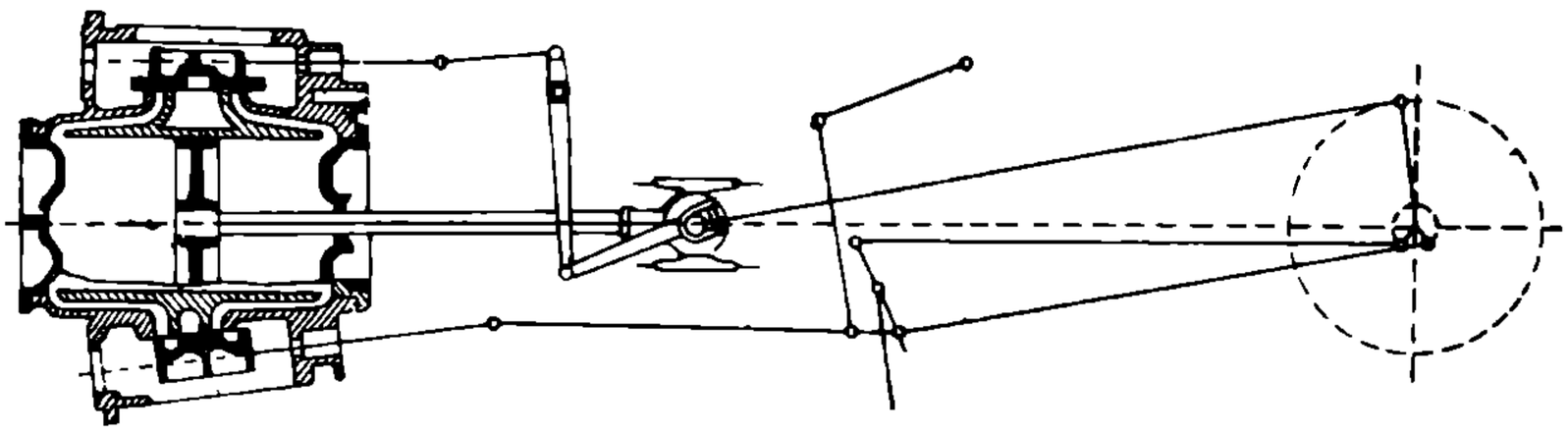
Таким образом к середине 50-х годов парораспределение при помощи кулисс и плоских золотников приняло не только законченный современный вид, но было вполне изучено научно.

Вторая половина XIX в. и XX в. богаты таким обилием предложенных конструкций внешних и внутренних парораспределительных

НБ УИНТ (ДИТ)

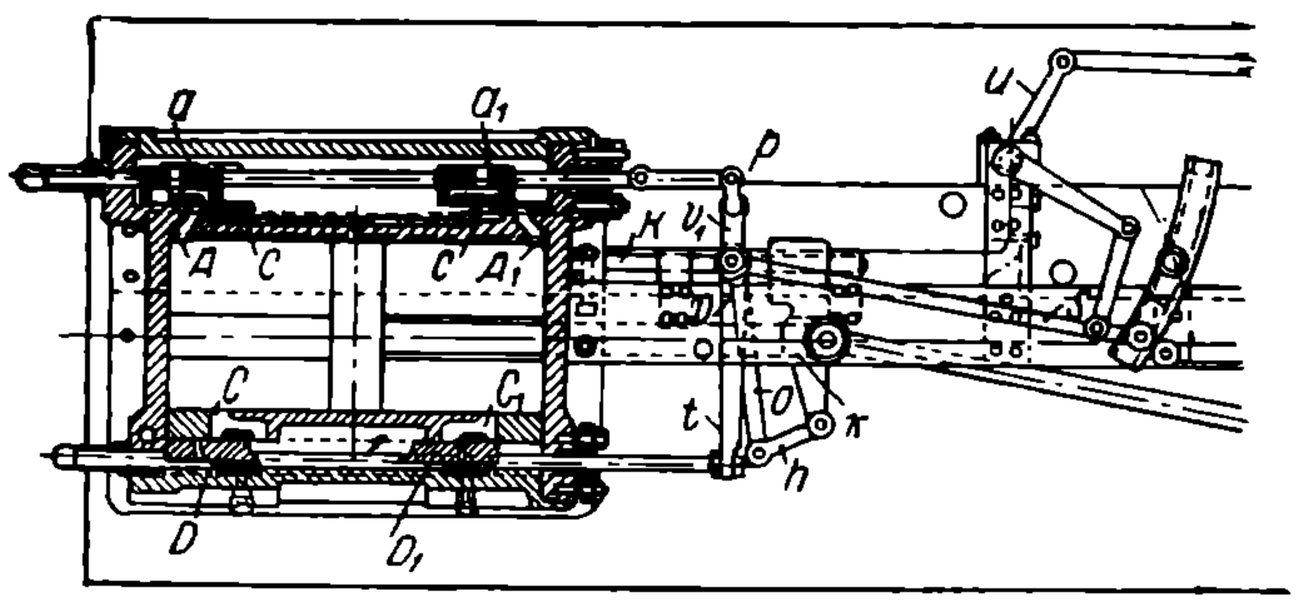
механизмов, что описание их должно составить отдельную монографию [1]; здесь же приведены только главные этапы.

Увеличивающееся давление пара вызвало не только значительное усилие для движения золотников, но и износ их золотниковых зеркал. Поэтому появилась идея у р а в н о в е ш и в а н и я золотников.



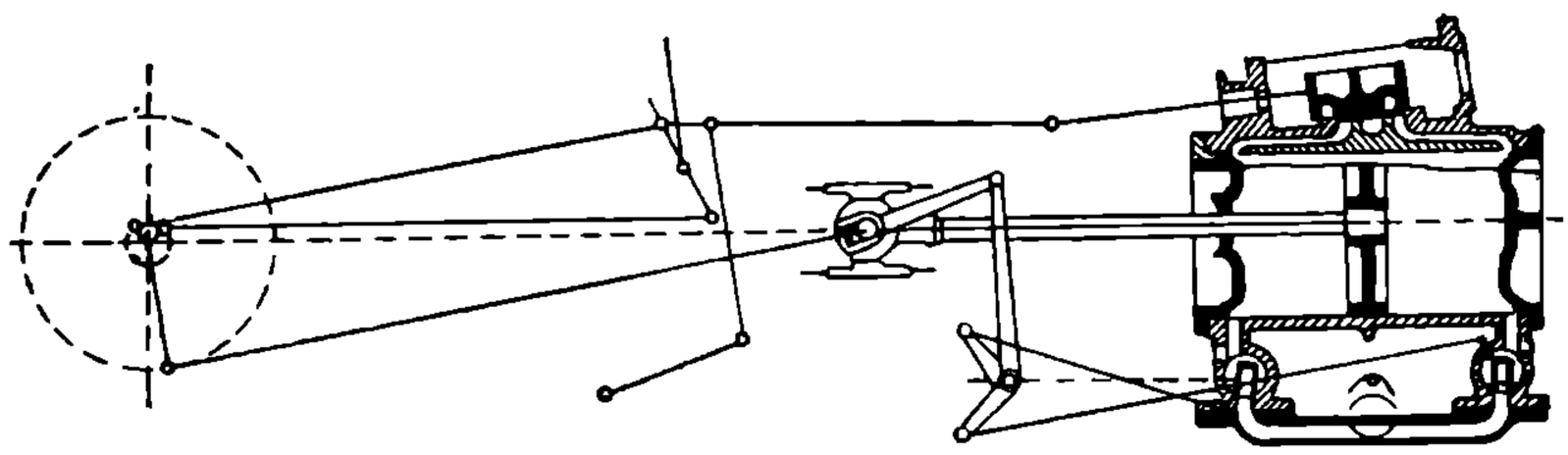
Фиг. 303

Еще в 1858 г. на французской Восточной ж. д. был применен уравновешенный золотник системы Ж ю б э н а (Jubin) (фиг. 298).



Фиг. 304

Затем появилась идея уравновешивания золотников путем их п о д в е ш и в а н и я, что часто применялось в морских судах и в 50-х годах на многих паровозах Бринсвика (Brinswick). В конце 70-х годов подвешенный золотник был поставлен на паровозах Грязе-Царицынской ж. д. Уркгартом (фиг. 299).



Фиг. 305

Подобное уравновешивание оказалось неудачным и вскоре было вытеснено принципом р а з г р у з к и золотников при помощи к о м п е н с а т о р о в.

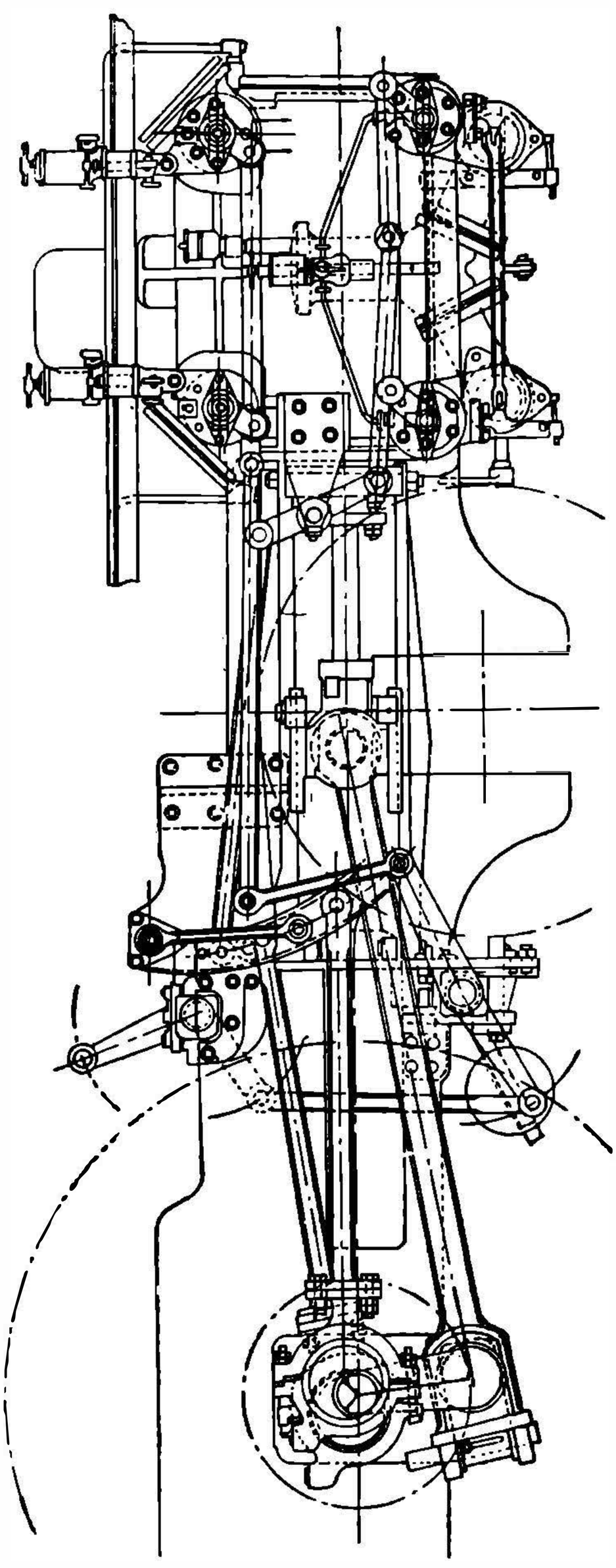
---

[1] См. Н. И. К а р т а ш о в, Паровозные парораспределительные механизмы СПБ, 1914 г. и Е. Г. К е с т н е р и И. И. Н и к о л а е в, Динамика и парораспределение паровозов, Москва, 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Эта идея также не нова и была применена еще в 1831 г. на ж. д. Amiens — Boulogne (Desgranges) (фиг. 300), причем золотник k был без спины, и компенсатор k' придавливался к золотниковой крышке пружиной (назывался — tiroir a dos perce).

Эта конструкция, слегка видоизмененная, была применена на французской Восточной ж. д. Адамсом в 1868 г. (фиг. 301), где уже были все элементы: круглый компенсатор, поршневые пружины для «боковой плотности».



Фиг. 306

Эти золотники удержались с некоторыми изменениями до 1900 г.

Вопрос об уравновешивании быстро подвинулся вперед после опытов проф. Робинзона (Robinson) в 1881 г., Аспиналля в 1888 г., Гиддинга (Giddings) в 1887 г., Адамса в 1886 г. и др.

Дальнейшим шагом было применение второго зеркала, параллельного цилиндровому, между которыми и скользил золотник со своим компенсатором. Одной из первых конструкций был золотник Ричардсона, впервые примененный в 1885 г. на ж. д. Western R. Club (фиг. 302) со вторым зеркалом *BB* и прямоугольным компенсатором *AA*. Этот золотник был широко распространен в Америке и Европе и в 1893 г. поставлен на нашем нормальном типе 0—4—0 О^{д}.

Прямоугольная форма компенсатора оказалась очень неудобной и вскоре была вытеснена круглыми компенсаторами упомянутой конструкции Адамса, а также фон-Борриса и др.

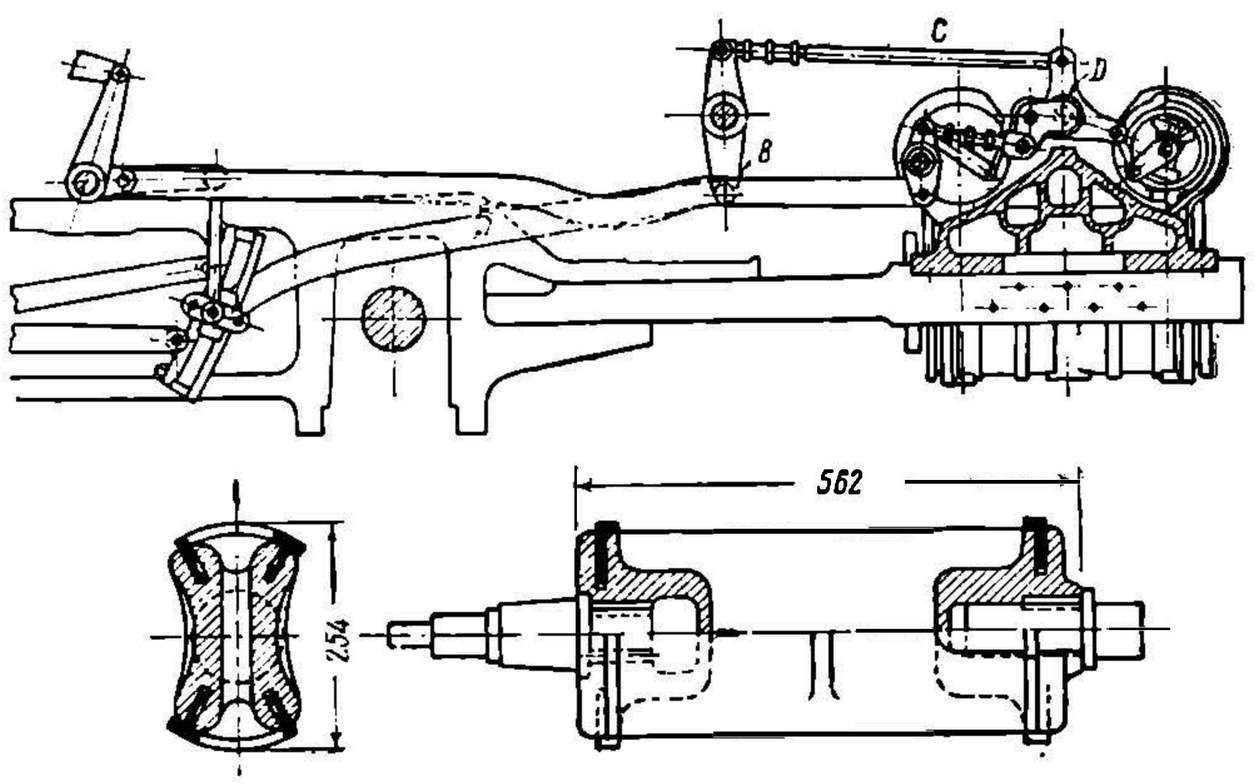
В Америке на многих дорогах пользовался исключительным применением «уравновешенный золотник» (Balance valve) завода Роджерса, где компенсирующее кольцо одновременно представляет и скользящий орган и непроницаемое для пара соединение.

В конце XIX в. все паровозы снабжались подобными золотниками.

НБ УДУНТ (ДИТ)

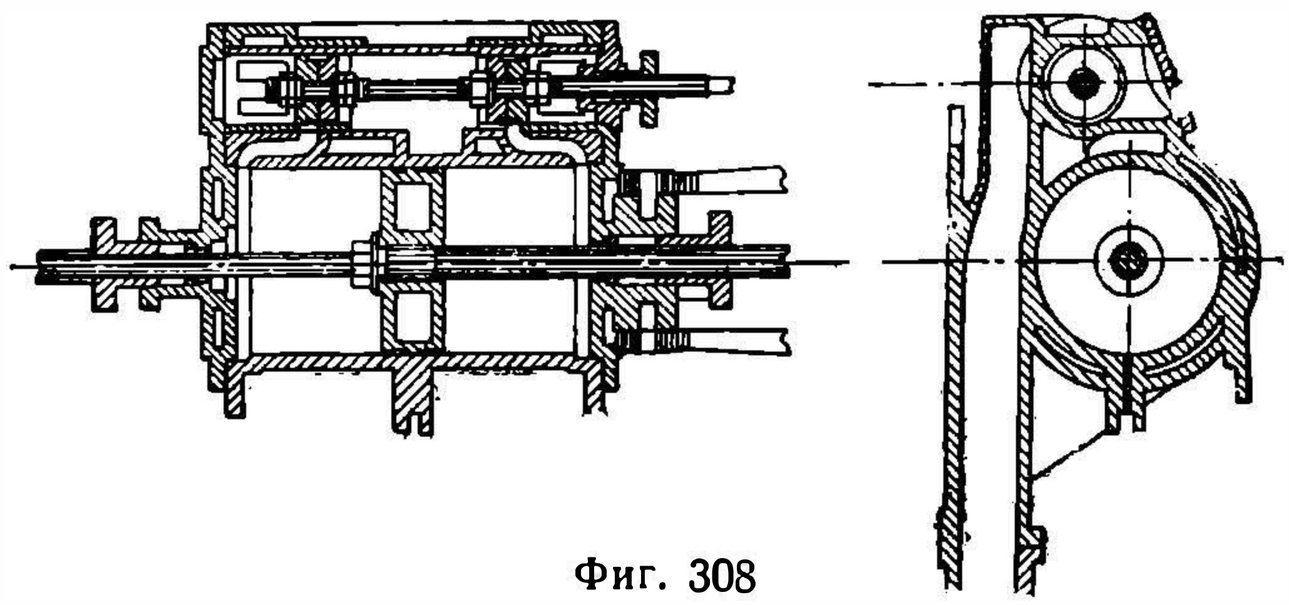
Вместе с тем уже давно выяснилась связь между различными фазами парораспределения обыкновенными золотниками, и появилась идея производить впуск и выпуск разными органами (двухкамерное распределение пара).

В простейшем виде оно было применено в конце 80-х годов на ж. д. Париж — Орлеан инж. Дюран и Ланкоше (Durant et Lencauchez) при помощи двух золотников (фиг. 303), причем выпускной золотник получал всегда одинаковое перемещение (что гарантировало постоянную величину сжатия) от крейцкопфа. Неудобство заключалось в большом вредном пространстве и кроме того в необходимости употреблять специально нажимающие приспособления, чтобы воспрепятствовать отходу выпускного золотника от зеркала во время сжатия.



Фиг. 307

Первый недостаток устранен был Роем (Roy), который поставил на паровезе 1—3—0 французской Западной ж. д. в 1892 г. четыре золотника (впускные Трика, выпускные по принципу Вортингтона, т. е. с отсечкой выпуска пара поршнем через отверстия C и C_1 на известном расстоянии от крышек) (фиг. 304), но второй недостаток остался. Основанные на том же принципе вер-



Фиг. 308

тикальные решетчатые золотники Стронга (Strong), поставленные, например, в 1887 г. на паровозе 2—3—1 ж. д. Lenigh Valley RR, хотя и дали благоприятные результаты (особенно на паровозах бельгийских ж. д. в 1898 г.), но не решили вопроса.

Но уже в 70-х годах на стационарных машинах применялись краны, например Корлиса, представляющие золотники выпуклой формы, вращающиеся относительно своих осей, а потому разгруженные. В 1887 г. Дюран и Ланкоше заменили выпускные плоские золотники кранами (фиг. 305), а затем и впускные (фиг. 306).

На ж. д. Париж — Орлеан этот механизм был поставлен на одиннадцати курьерских паровозах и трех товарных в 1892 г. и дал эко-

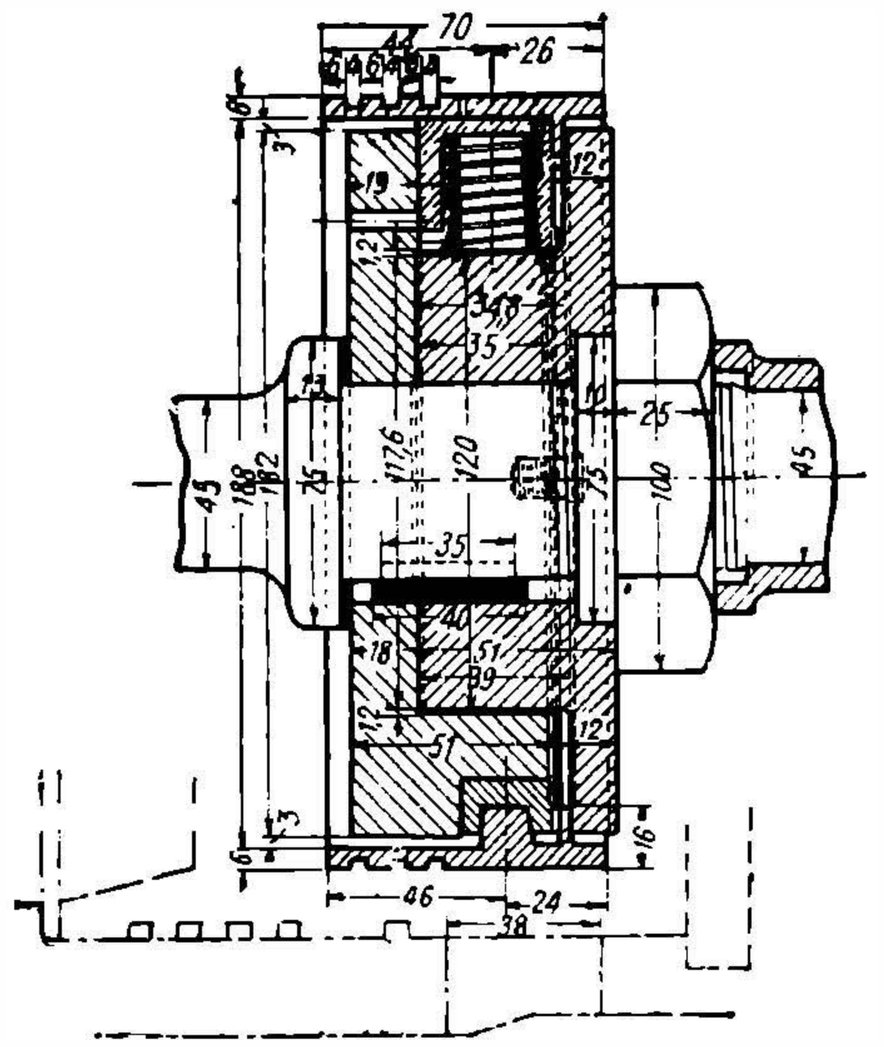
НБ УДУНТ (ДІТ)

номию угля 10%. Был поставлен на бельгийских ж. д. на курьерских паровозах 1—3—0.

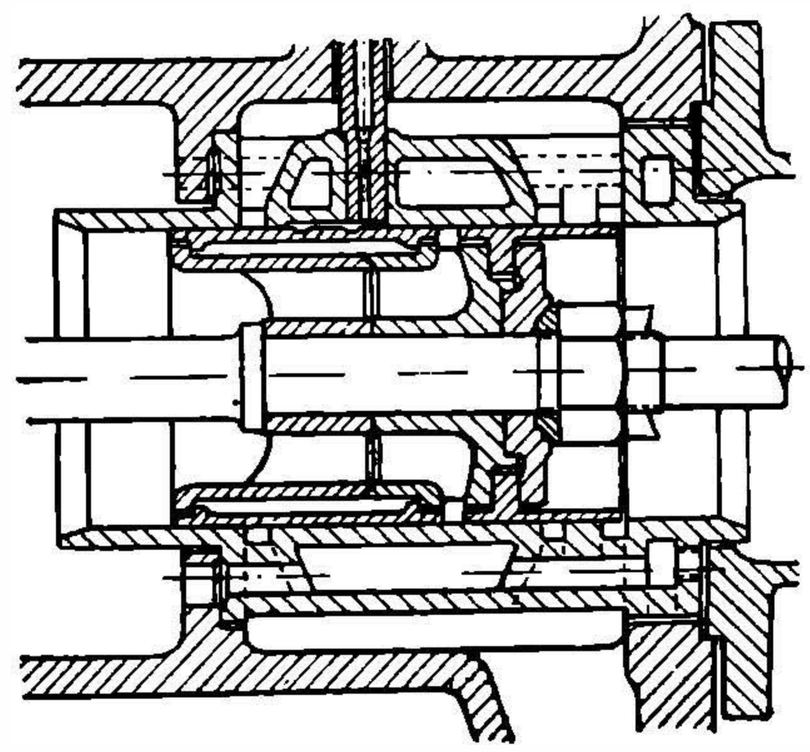
Дальнейшее усовершенствование было внесено в парораспределение кранами Дэнлопом (Dunlop) в 1900 г.

В 1901 г. в С. Америке на паровозах 2—2—1 ж. д. Чикаго — Сев. Западная (Chicago and Nort-Western) были поставлены два крана, впускающие и выпускающие пар (система Юнга) (Joung) (фиг. 307), и в 1905 г. на товарном паровозе; результаты были удовлетворительные.

Но с введением перегретого пара роль плоских золотников и кранов сразу кончилась, так как они резко коробились и давали недопустимый пропуск пара; поэтому был необходим переход к круглым, или цилиндрическим золотникам, вполне уравно-



Фиг. 309



Фиг. 310

вешенным, которые и получили теперь исключительное применение. В настоящее время плоские золотники встречаются только на устаревших паровозах, еще не исключенных пока из инвентаря.

Цилиндрические золотники появились еще очень давно (фиг. 285) — в 1833 г., и первый паровоз нормальной службы с круглыми золотниками 0—3—0 венгерского завода в Будапеште был построен в 1878 г. и выставлен в Париже (фиг. 308).

Несмотря на полную уравновешенность круглых золотников, они распространялись медленно; так как опасались утечки пара овализации втулок и пр., поэтому применяли целый ряд особых пружин и других приспособлений для добавочного нажатия золотниковых колец. Таков, например, золотник системы Рикура (Ricour) (фиг. 309), поставленный в 1884 г. на французской Восточной ж. д. одновременно с клапанами Рикура.

Подобного рода сложные поршневые кольца еще долго применялись на паровозах, пока в настоящее время окончательно не перешли к пружинам небольшого поперечного сечения, как очень эластичным.

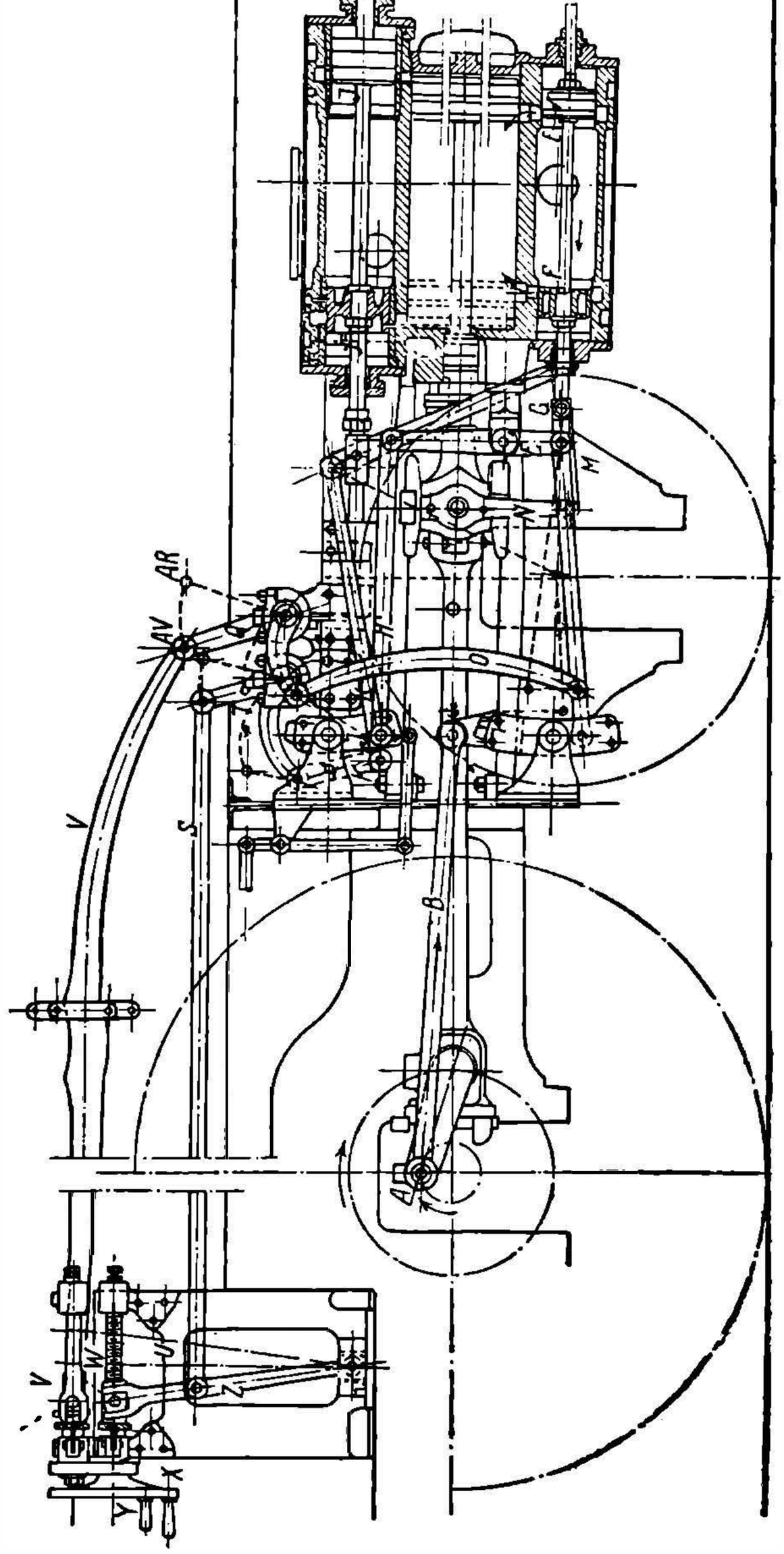
НБ УДУНТ (ДИТ)

С введением перегретого пара, отличающегося текучестью и сухостью, золотники стали пропускать столько пара, что отпали выгоды его перегрева. Поэтому сначала (1898—1900 гг.) склонялись к очень широким неразрезным кольцам, таковы, например, золотники Шмидта. Так как они не пружинили, то требовалась точная пришлифовка по калибрам и втулкам на специальных станках и втулки во избежание заедания пришлось обогревать через особые каналы, для чего втулки делались полыми, что видно на фиг. 310.

Несмотря на благоприятные результаты, на прусских ж. д. от этих золотников отказались, так как малейшая неточность пригонки и износ давали недопустимую утечку пара.

Затем перешли к обыкновенным золотникам с пружинящими кольцами, конструкций которых было предложено весьма много.

Имеется несколько примеров — иногда очень удачных — двукамерного парораспределения с круглыми золотниками; из них можно отметить механизм Берта (Bert) (фиг. 311); это парораспределение было поставлено на паровозах французских государственных ж. д. и было показано на выставке в 1900 г. Здесь два золотника: *J* для впуска и два *F* для выпуска. В распоряжении машиниста два реверса: *X* — для перемены хода и *У* — для изменения степени отсечки. При перемене хода кулиссный камень *D* передвигается посредством двуплечего рычага *QQ* и тяги *O* с одного края на другой кулиссы *C*, качающейся относительно своей середины. Следовательно, камень *D* занимает в сушке *C* только верхнее или нижнее постоянное положение, а потому движение золотников *F*, управ-

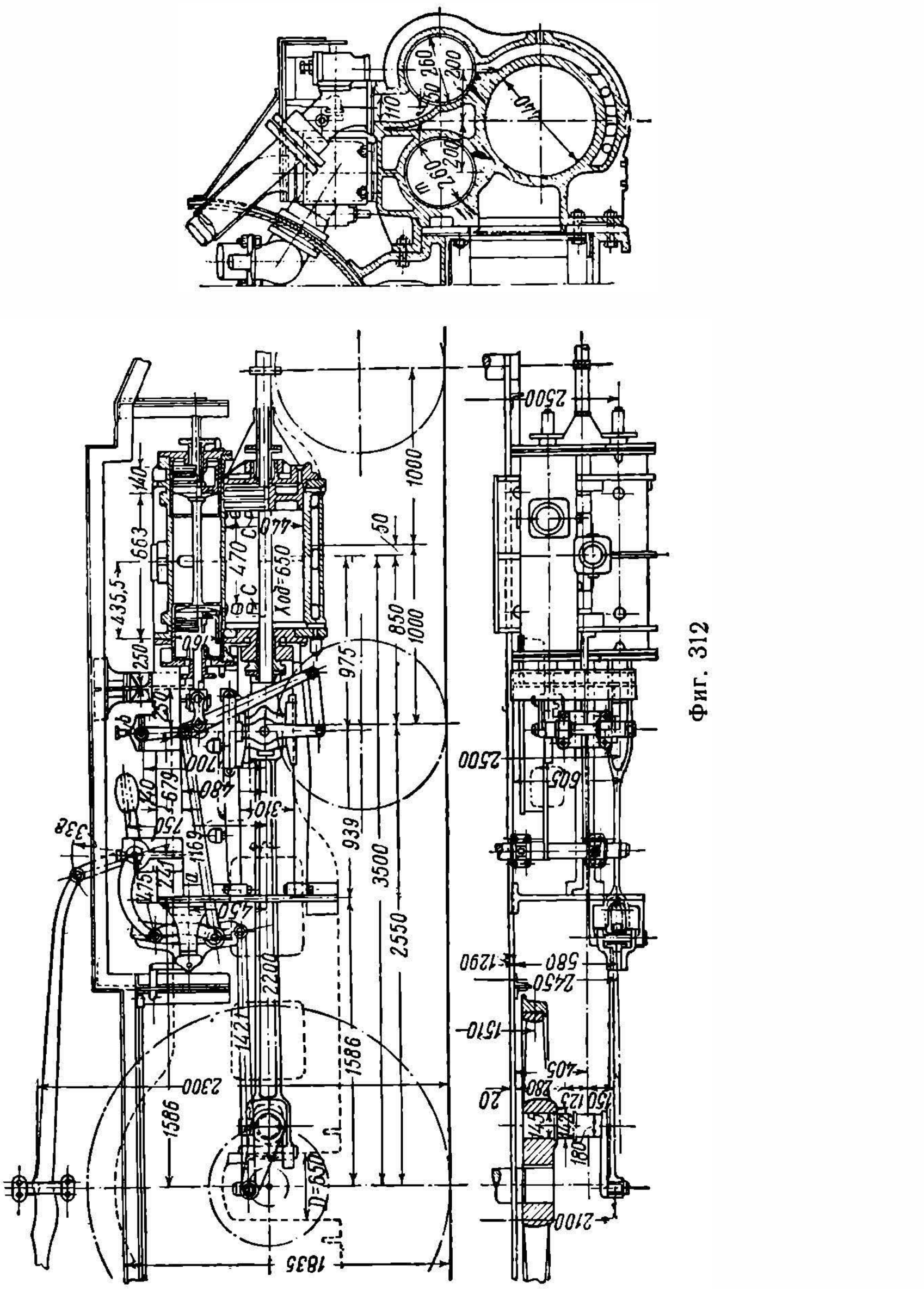


Фиг. 311

НВ УДУНТ (ДІТ)

ляющих выпуском и сжатием, не зависит от отсечки. Отсечкой же управляет вторая полукулисса *l*, которая вращается относительно верхнего конца. Золотники *J* приводятся в движение обыкновенным кулисным механизмом Гейзингера.

Недостаток — сложность.



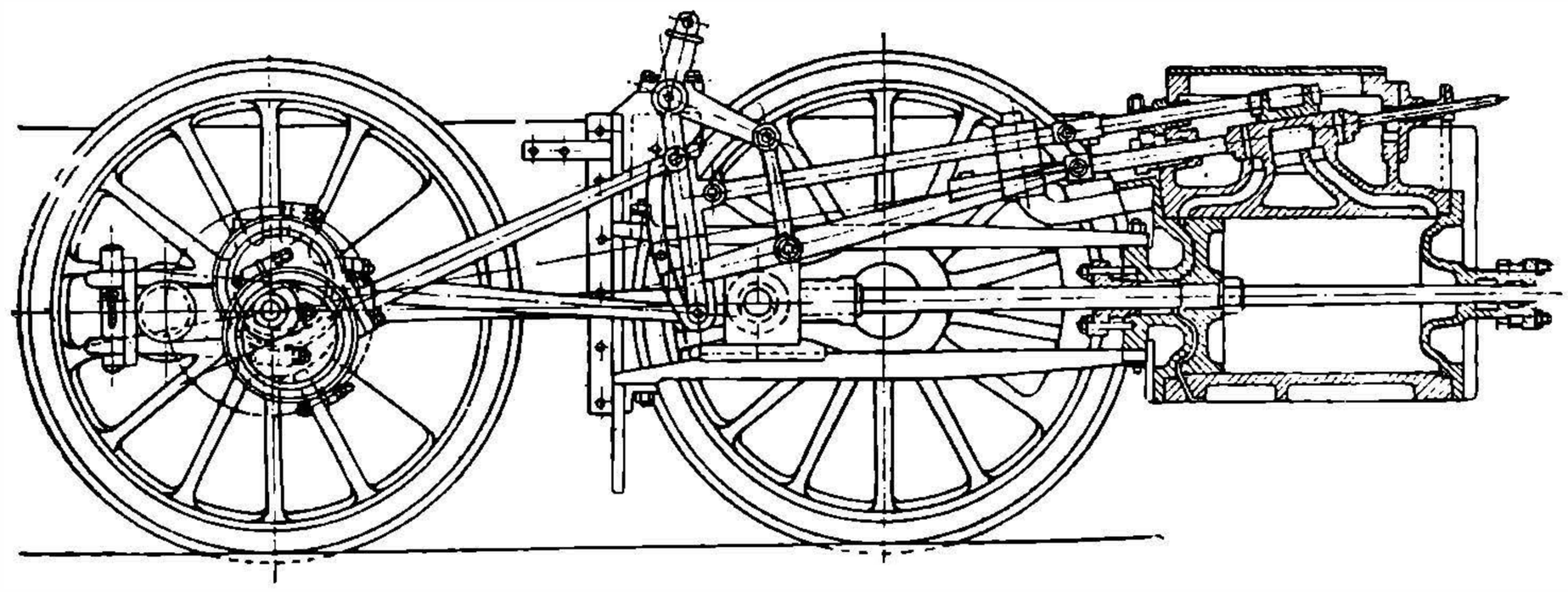
Фиг. 312

Значительно лучше был механизм Надаля (Nadal), поставленный на паровозе 2—2—0 компаунд, французских государственных ж. д. (выставка в Льеже в 1905 г.). Выпускной золотник *n* (фиг. 312) приводится в движение от кулиссы Гейзингера, а впускной *m* — через поперечный валик от оси *b*, причем для выпуска применен принцип Вортингтона.

РГБ УДМНТ (ДШТ)

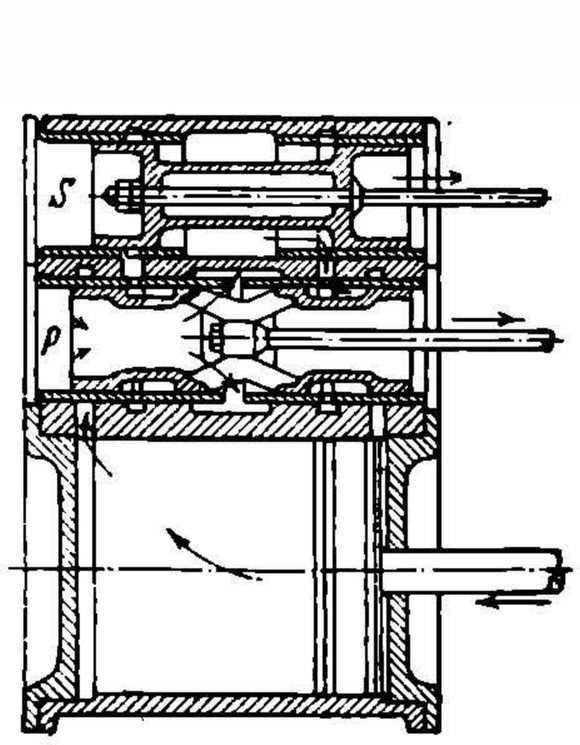
Механизм на практике дал превосходные результаты, но также был найден сложным.

Из новейших систем отметим раздвижные золотники, заменяющие байпассы; из них наилучшими оказались золотники Трофимова.

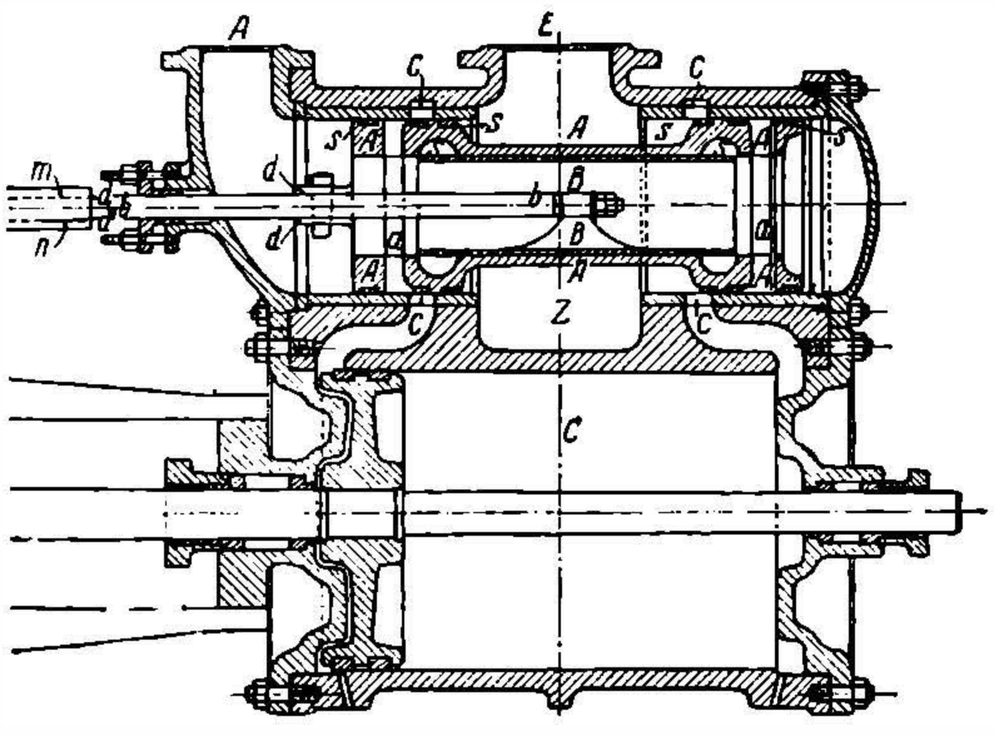


Фиг. 313

С переходом к цилиндрическим золотникам вопрос о двойных золотниках вообще отпал. Отметим, что они применялись неоднократно: Эдуард (Edward) — 1840 г.; Полансо на ж. д. Париж—Орлеан в 1857 г.; Гюйнотт (Guinotte) на бельгийских государственных ж. д. в 1873—1877 гг.; Краусс в 1887 г. и т. д. Одно время двойные золотники системы Мейера были распространены на баварских ж. д. и в Бельгии [1], но опыты Баушингера дали с ними неудовлетворительные результаты, и они были оставлены.



Фиг. 314



Фиг. 315

На испанской Северной ж. д. в 1900 г. были поставлены двойные плоские золотники инж. Пану (Panoux) при кулиссе Гуча (фиг. 313).

Неоднократны были предложения двойных круглых золотников, например системы Хеберкорна (Haberkorn) (1904 г.), где расширительный золотник *S* расположен над основным *P* (фиг. 314), или

[1] На выставке в Вене в 1873 г. был курьерский паровоз бельгийской ж.-д. завода Борзига с двухзолотниковым парораспределением.

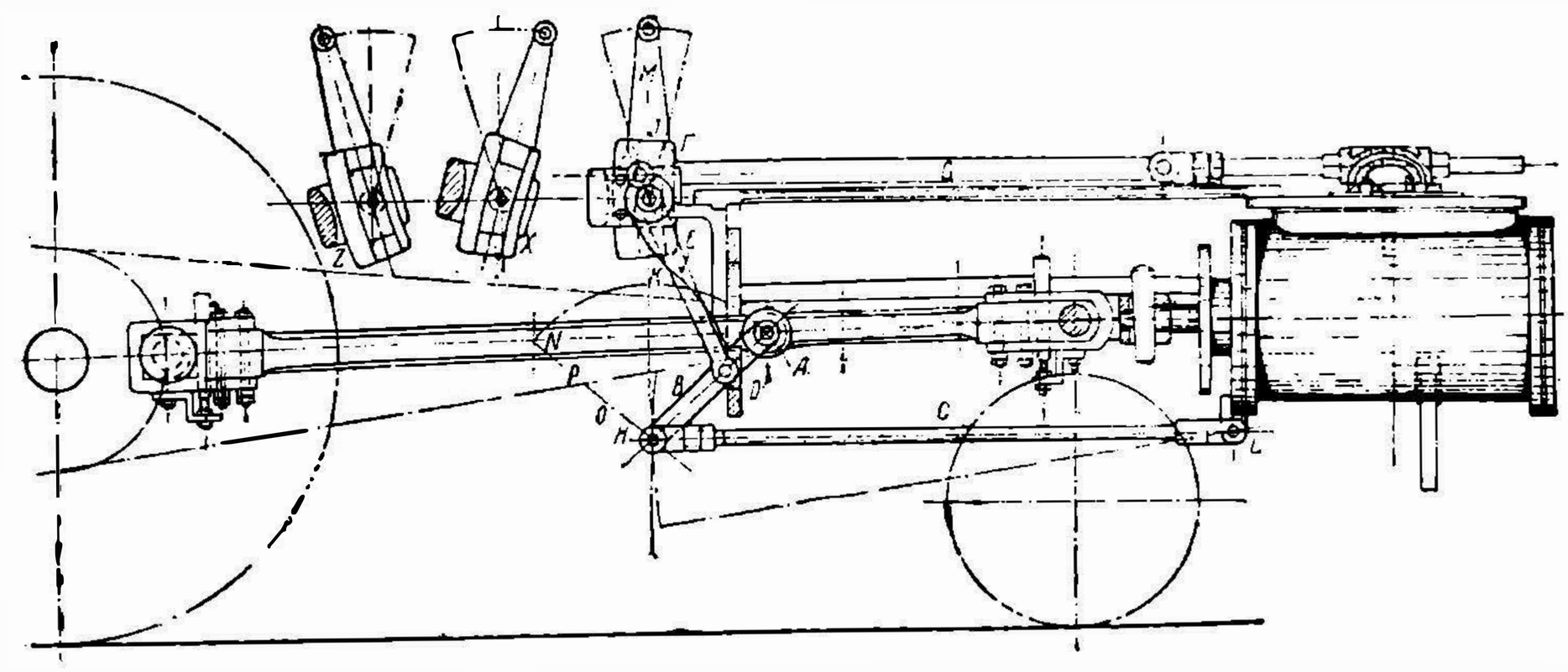
НБ УДУНТ (ДИТ)

системы Пану (1900 г.), где расширительный золотник *B* двигается внутри основного *A* (фиг. 315), и другие, подобные (Стевена — 1900 г., Соважа—1886 г. и др.), но все они отличались значительною сложностью, требовали часто двойных реверсов, усложняли работу машиниста и удорожали ремонт, почему в настоящее время совершенно оставлены.

Из новейших течений в области парораспределения отметим два нововведения, имеющие большое значение.

1. Принцип принудительного ограничения отсечки, в интересах экономии, повышением давления пара компенсирует могущее быть уменьшение силы тяги.

Ограничения вводятся разные: до 65, 60 и даже 50%. Например, в 1922—1923 гг. Пенсильванская ж. д. в заказанных 475 декаподах ввела максимальные отсечки только в 50%, но зато повысила давление пара с 14 до 17,6 *ат;* завод Лайма в США, введя ограниченную отсечку в 60%, также повысил давление до 16,7 *ат.*



Фиг. 316

2. Увеличение хода золотника как средство значительно улучшить индикаторные диаграммы путем уменьшения мятия пара в окнах.

Систем кулиссных механизмов было предложено очень большое количество; из них одно время был очень распространен эллиптический кулиссный механизм Джоя (Joy), изобретенный в 1879 г. Его первоначальная конструкция (с отводной тягой) представлена на фиг. 316. Вследствие сильного износа во время работы самой кулиссы и камня, он из обращения изъят, и в настоящее время его на паровозы не ставят.

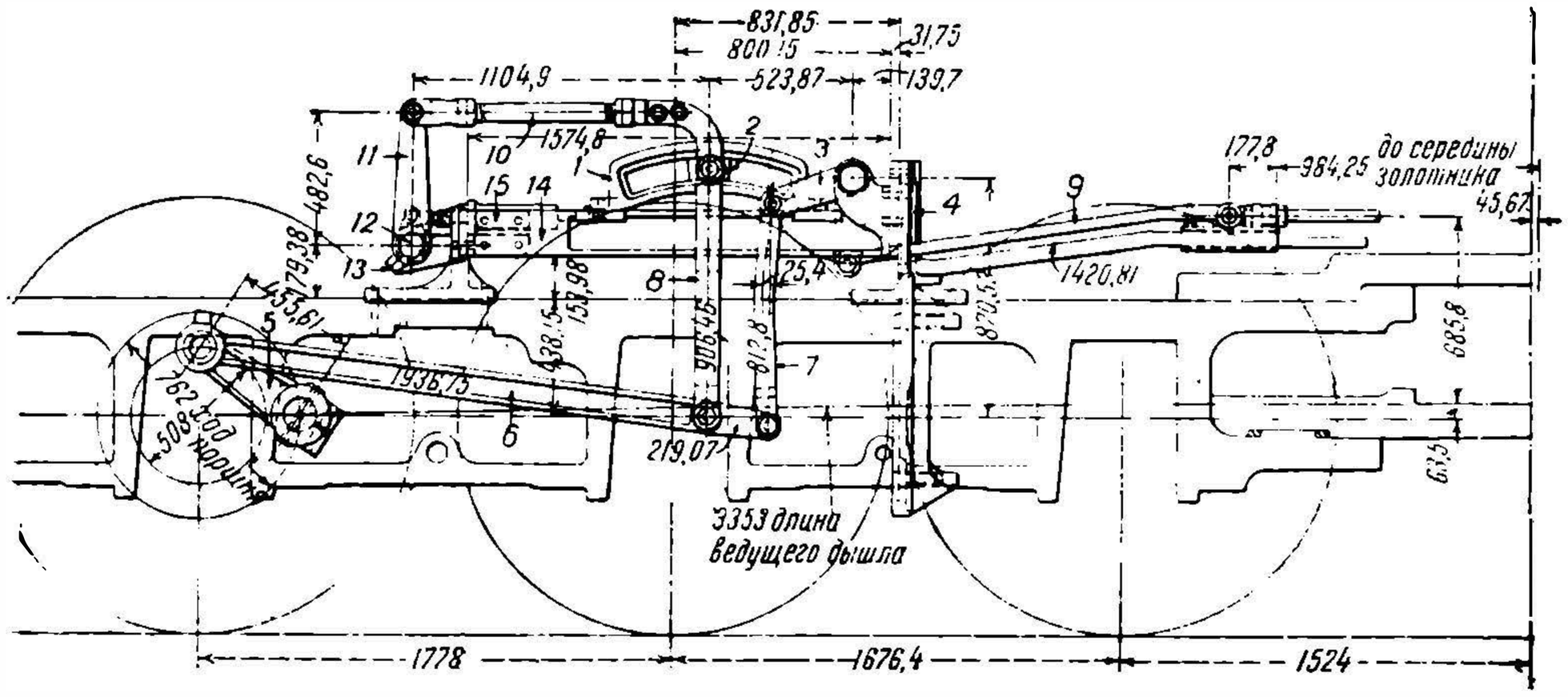
Вообще эллиптических (радиальных) кулиссных механизмов было изобретено много систем (Клозе — 1896 г., Броуна, Маршалля — 1905 г. и др.).

В С. Америке получил распространение однокривошипный тип Хэкуорта, изобретенный еще в 1859 г. Первоначальный его тип имел крупный конструктивный недостаток: направляющую и ползун. Маршалль и др. этот недостаток устранили, заменив их маятником и шарниром, и в таком виде свыше 50 лет кулиса с успехом применялась на судовых вертикальных машинах.

Кулиса Хэкуорта была применена и к паровозам в 1917 г. под названием Southern (Южная). На фиг. 317 представлена кулиса Southern для паровоза 1—4—0 ж. д. Missouri — Pacific.

НБ УДУНТ (ДИТ)

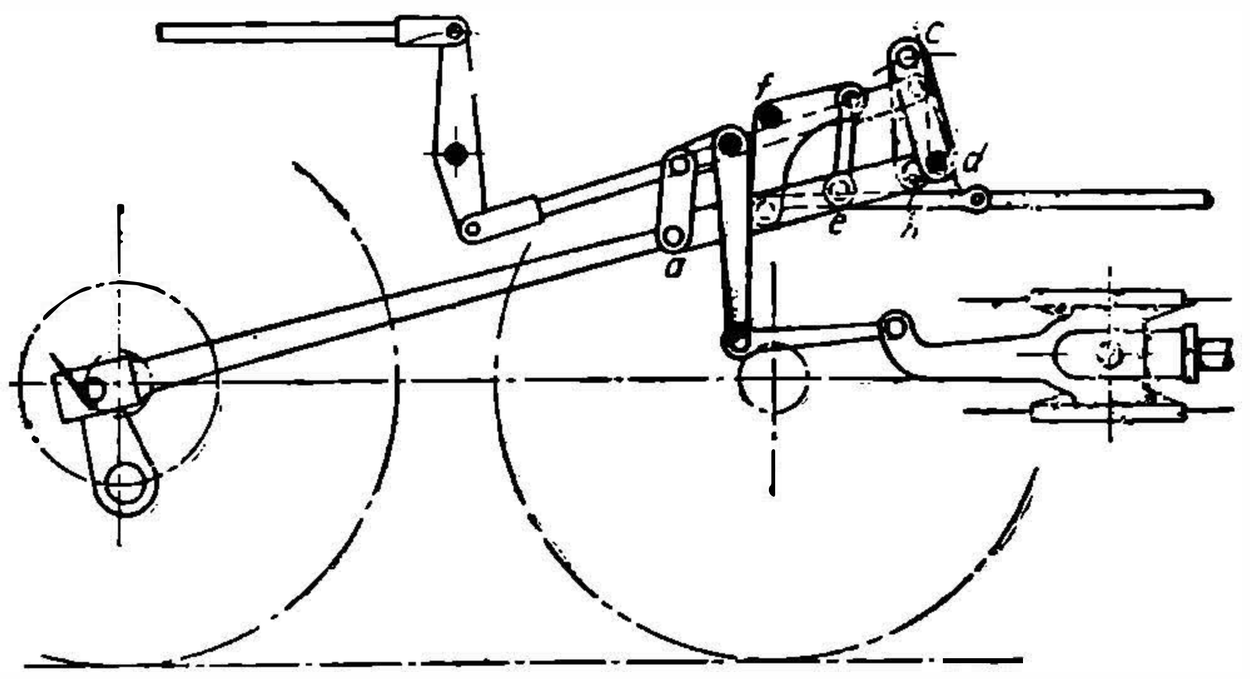
В С. Америке на некоторых паровозах поставлен шарнирный парораспределительный механизм Бекера (Baker) (фиг. 318), дающий быстрое открытие и закрытие клапанов и без затруднений отсечку 85—90%; он имеет 16 шарниров и является сложным. Так как мятие пара здесь мало, то он особенно пригоден при большом числе оборотов и сравнительно с механизмом Гейзингера дает сбережение пара до 5%.



Фиг. 317

Штанга *ab* на конце *a* описывает эллипс с одной стороны от эксцентриковой штанги контркривошипа, а с другой стороны от крейцкопфа через указанную на фигуре связь посредством двуплечего рычага. Точка *b* движется по дуге круга около точки *c* рычага *dc*, имеющего неподвижную ось вращения в *d*.

Точка *c* может посредством тяги от реверса быть повернутой относительно *d*. От точки *e* штанги *ab* получается движение золотника посредством двуплечего рычага, вращающегося относительно неподвижной оси *f* (черные точки на фиг. 318 означают неподвижные оси вращения).



Фиг. 318

Впервые этот механизм был применен в 1908 г.

Остальные кулиссы (Гакворта, Клюга, Ангштрема, Депре, Пиус — Финка, Фидлера и многих других) применялись только в единичных экземплярах.

Из нововведений последнего времени отметим:

Клапанное парораспределение получило исключительное распространение в стационарных машинах при перегретом паре, а потому была естественна задача применить его и к паровозам. Выгоды его исключительны, но применение задерживалось из-за

НБ УДУНТ (ДНТ)

сложности механизма, пока не был изобретен механизм Ленца, отличающийся большой простотой и позволяющий приводить в движение клапаны от обыкновенного внешнего кулиссного механизма, например Гейзингера.

Клапанное парораспределение в виде опыта впервые было применено Ганноверским заводом к двухцилиндровому танк-паровозу 1—2—0 одновременно с пароперегревателем Пилокка. После полугодичной успешной работы в 1905 г. клапанное парораспределение поставили на паровозе 2—3—0 прусских ж. д. (выставка в Милане). Несмотря на большое число оборотов, клапаны работали безукоризненно, давая экономию угля 6—8%.

Затем был предложен ряд других конструкций клапанов Ленца, например с горизонтальными шпинделями. Этот механизм поставлен на нескольких десятках паровозов.

Есть еще недавно появившаяся система клапанов Капроти, которую фирма Ганомаг предполагает в виду благоприятных результатов поставить на ряде выпускаемых ею паровозов.

В настоящее время в связи с увеличением скорости движения стали снова энергично разрабатывать клапанные парораспределения, — появился ряд систем, в том числе двухкамерных (например-Рено).

Глава вторая

БОРЬБА С КОНДЕНСАЦИЕЙ

§ 36. ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ РУБАШКИ

Значение паровых рубашек было ясно уже Уатту, который взял патент на рубашки еще в 1769 г., и затем их польза была доказана многочисленными опытами, например Донкина, Гутермута, Двельгауверс — Дери, Шрётера и многих других, а также специальной комиссией Общества английских инженеров в 1886 г. Были неоднократные примеры применения их и в паровозах. Первый патент был взят Кохлином (Andre Koechlin & C°), знаменитым конструктором в Мюльгаузене в 1852 г. Затем их применяли: в 1856—1857 гг. Полонсо на пассажирских паровозах Орлеанской ж. д., в неполном виде, Рикур и Боннефонд в 1882 г. на французских государственных ж. д., Урбан на 27 паровозах ж. д. Grand Central Belge, Ланкоше на паровозах 1—2—1 Орлеанской ж. д. и др., но в общем все эти попытки были неудачными.

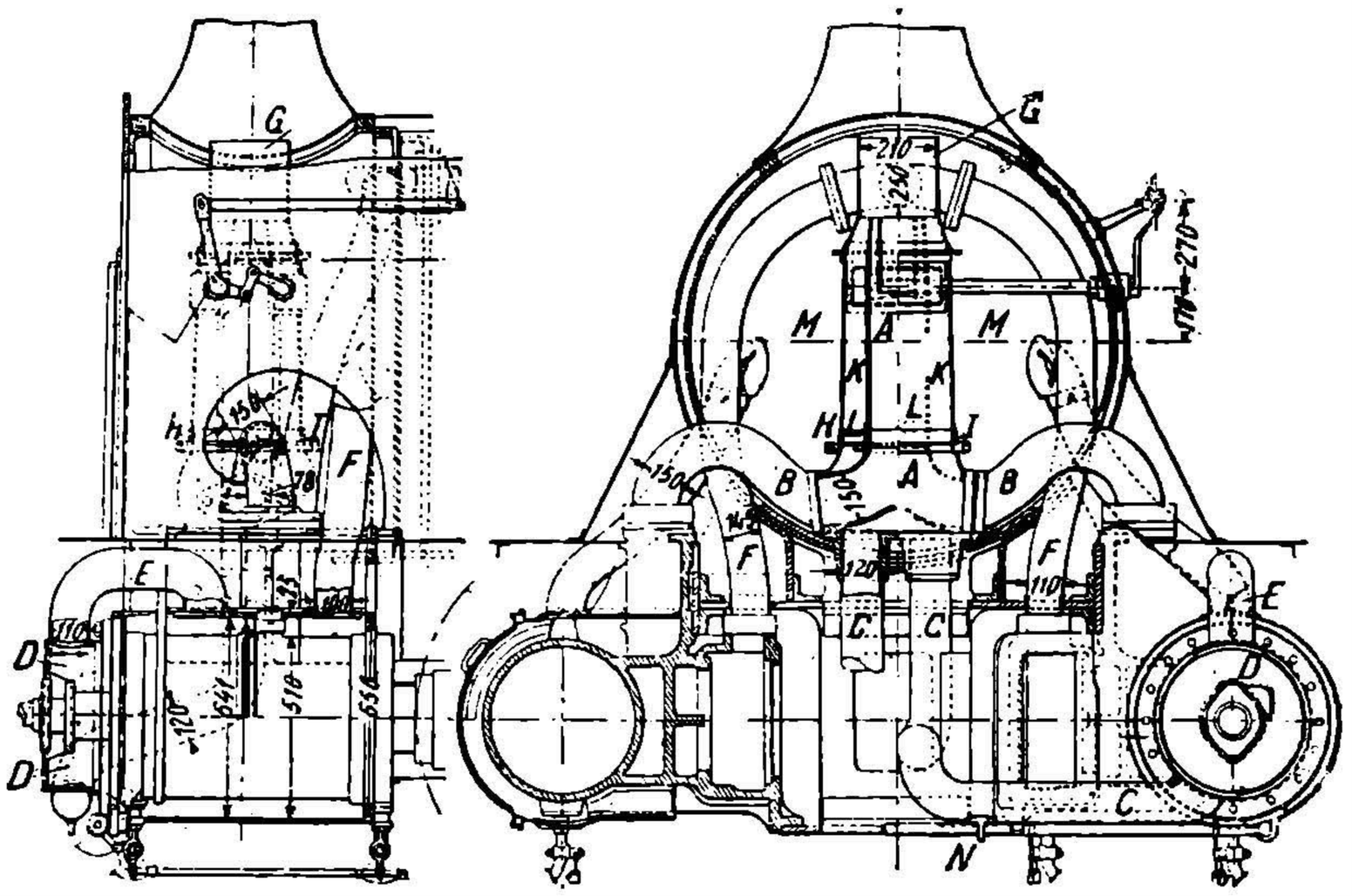
Обширные сравнительные опыты были произведены у нас инж. А. П. Бородиным и Л. М. Леви в 1882—1883 гг. над паровозами однократного расширения и компаунд, с рубашками и без них, в паровозной лаборатории в Киеве и в поездах. При работе в лаборатории были получены весьма благоприятные результаты (паровоз 1—2—0); при отсечках 20 и 30% экономия была 18,4 и 13,8%. Но при опытных поездках результаты были неудовлетворительными, так как при периодичности работы машины и внешнем охлаждении рубашек наружным воздухом происходит настолько значительная конденсация пара в самых рубашках, что они скорее обращаются в холодильники, не только не давая экономии, но даже вызывая перерасход. При опытах Бородина при отсечке в 20% была получена экономия в 12%, при отсечке в 30% экономии не было, при отсечке в 40% был уже перерасход.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Были произведены опыты Донкином вместе с проф. Биром (Bear) в 1894 г. в Англии. Устройство было весьма примитивное: после ремонта цилиндры были расточены и в них вставлены втулки с большими промежутками; к задним крышкам приставили обогреваемые паром железные ящики и т. д. Получена была экономия угля в 5—10%.

Неоднократно применялись частичные рубашки, обогревавшие только часть цилиндров (например, наружную часть мятым паром, в паровозе 2—2—0, рубашка поставлена Надалем, — выставка в Льеже 1905 г.), или обогревался один малый цилиндр паровоза компаунд (например в трехцилиндровом паровозе 1—3—0 французской Северной ж. д. — конструкция Соважа).

Вообще попытки применения паровых рубашек делались много раз, но без заметного успеха или даже с явным убытком; во всяком случае получаемая прибыль была ничтожна и не окупала усложне-



Фиг. 319

ния паровоза, особенно при переменном профиле, требующем частого закрытия регулятора, при частых остановках и холодном климате. Теперь вопрос о применении паровых рубашек совершенно оставлен, тем более при применении перегретого пара.

Указанные обстоятельства заставили обратиться к идее обогревания цилиндров горячими продуктами сгорания (газовые рубашки), при которых исключается потеря от конденсации. Для этого часть газов, уходящих в трубу, отводили в рубашки и затем высасывали через конус, т. е. здесь получался через рубашку небольшой газовый поток. Таковы были газовые рубашки Роя, поставленные на паровозе 1—2—0 французской Западной ж. д. в 1892 г.; Коссю (Kossuth) на товарном паровозе 0—3—0 итальянских ж. д. (участок Mediterannee); Кэссес в 1894 г.; из них опишем последние (фиг. 319). Газы проводятся трубами *D* в рубашку крышек, оттуда по трубе *E* газы проходят в цилиндровую рубашку и затем по трубе *C* и внешней кольцевой трубе *K* высасываются через конус.

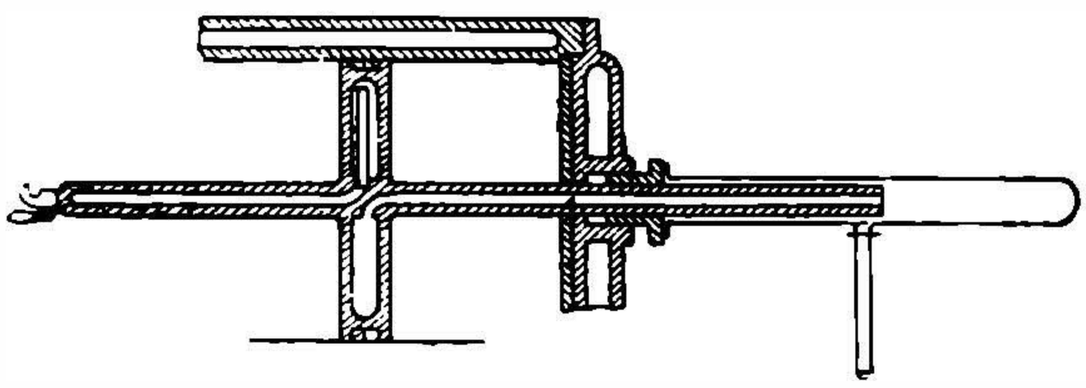
Несмотря на простоту и первоначально удовлетворительные результаты, подобные газовые рубашки, хотя и рекламируемые, рас-

НВ УДУНТ (ДИТ)

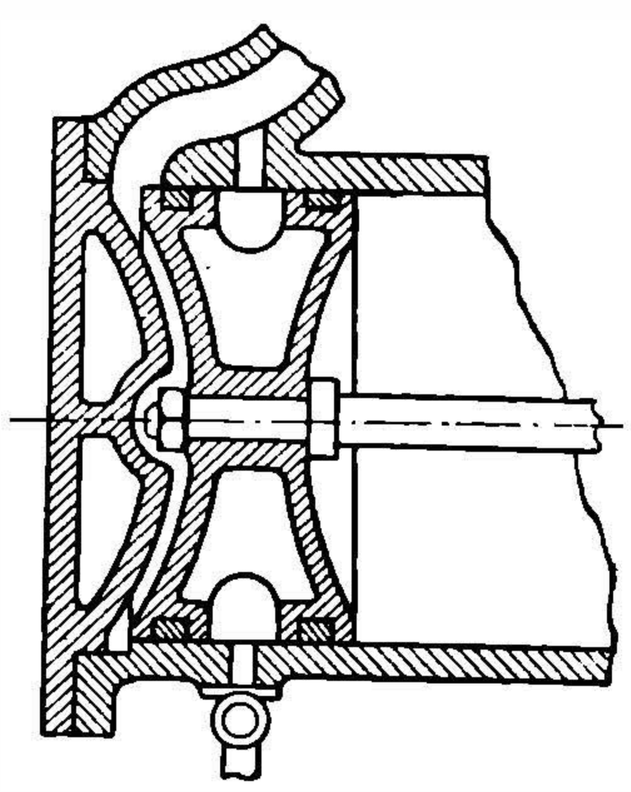
пространения не получили; вследствие малой теплопроводности газов они действуют значительно слабее паровых, быстро забиваются золой и перестают действовать.

Добавим, что были попытки обогревания поршней:

1) система Норманда фиг. 320, при которой обогреваются поршень и шток (1856 г.);



Фиг. 320



Фиг. 321

2) обогреваемый поршень Джоггеган и Штюргер (Geoghegant et Sturger) (1882 г.): внутренняя его пустота получает свежий пар из паровпускного канала в конце хода (фиг. 321).

§ 37. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА КОМПАУНД

Принцип последовательного расширения пара возник в самом начале построения паровых машин: в 1781 г. Горнблоур (Jonathan Hornblower) взял патент и построил первую машину компаунд с двумя рядом стоящими цилиндрами разных размеров. Затем взял патент Уатт, по истечении срока которого в 1800 г. идею воскресил снова Вульф (Woolf), в 1804 г. построивший машину компаунд для накачивания воды в Корнваллийских рудниках. Отметим, что на этот принцип сначала смотрели только с точки зрения увеличения степени расширения пара, но не была еще известна польза разделения расширения на части, благодаря которому температура цилиндров подвержена меньшему колебанию, чем уменьшается конденсация.

В 1857 г. Каупер (Cowper) ввел впервые ресивер. Но прошло очень много времени, прежде чем эта идея была применена к паровозам: хотя патенты брались неоднократно, но они не осуществлялись.

Первым, взявшим патент, но еще без чертежа, на применение двукратного расширения к паровозам, был немецкий инж. Рентген (Gerhard Roentgen) из Эссена в 1834 г.

Первый чертеж находился в патенте Крэддока (Thomas Craddock), взятом в Англии в 1846 г. Потом брали патенты — Камп (курьерские паровозы с четырьмя цилиндрами системы Вульфа) в 1860 г., Морандье (четырехосный танк с тремя цилиндрами) в 1866 г., Лей (Lay) в Америке в 1867 г. и др.

Первая привилегия, в которой изобретатель точно высказывается о проекте, о сбережениях в топливе, о применении паровых руба-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

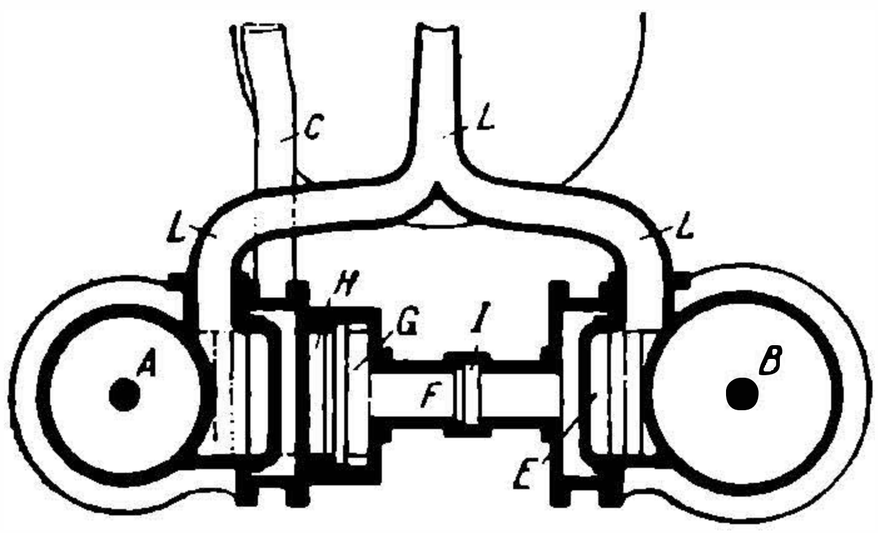
шек, а также приборе трогания с места[1], принадлежит английскому инж. Дэви (William Dawes) из Кенгстон-Грев от 20 июня 1872 г.

В 1873 г. Хацен (William Hudson), главный инженер завода Роджерса в Америке, взял привилегию на паровоз компаунд с краном, облегчающим трогание с места.

Хотя все указанные привилегии осуществлены не были, но за истекшее полстолетие идея была разработана вполне, вплоть до прибора отправления.

Единственный известный случай эпизодического применения принципа компаунд к паровозам был в 1850 г. в Англии, когда Джон Никольсон, машинист Большой Восточной ж. д., представил проект паровоза компаунд Самуелю (James Samuel), главному инженеру подвижного состава этой дороги.

В 1852 г. Самуель применил систему Никольсона к товарному и пассажирскому паровозу (фиг. 322), причем результаты были вполне удовлетворительны[2]. Эти паровозы **компаунд** — первые, к которым был применен принцип двукратного расширения, — имели цилиндры с отношением площадей 1 : 2. Но здесь была крупная особенность: из малого цилиндра в большой пар переходил не после окончания расширения в первом, а у определенной точки хода поршня малого цилиндра — при помощи особого золотника пар переходил из малого цилиндра в большой, и расширение пара происходило в обоих цилиндрах одновременно. При этом в большой цилиндр пар впускался со стороны рабочей части поршня малого цилиндра, а не со стороны нерабочей его части, как у современных паровозов компаунд.



Фиг. 322

Несмотря на удовлетворительные результаты, принцип компаунд распространения не получил, и паровозы компаунд регулярно начали строиться только с середины 70-х годов по почину швейцарского инженера Маллета (Anatole Mallet) из Женевы. Маллет изучал в 1867 г. в Гавре пароходную машину компаунд, и в 1874 г. он взял патент на паровозы компаунд с 2 и 4 цилиндрами и на прибор отправления, показанный на фиг. 323. Прибор состоит из особого

---

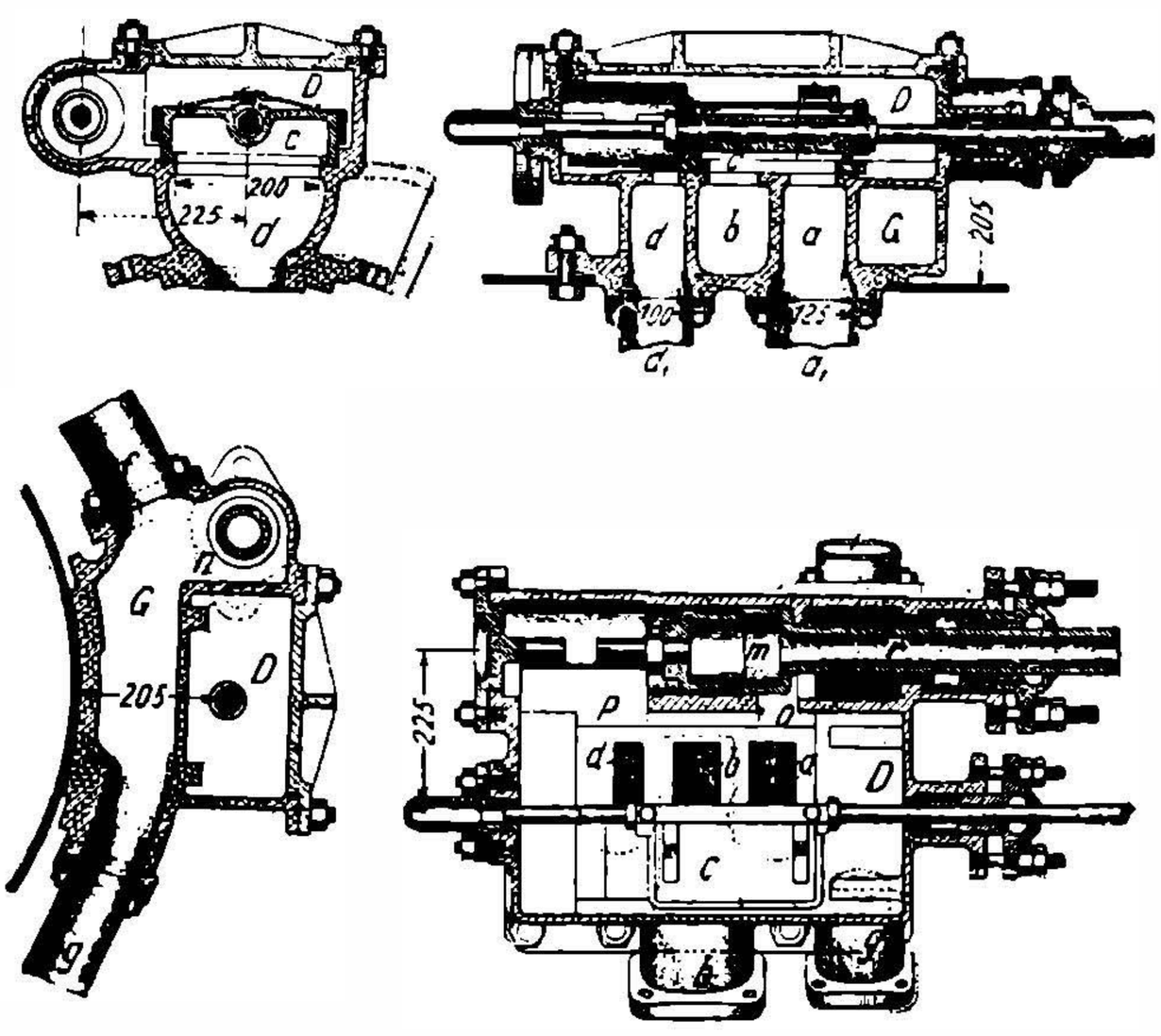
[1] Прибор отправления служит для трогания с места двухцилиндровых паровозов в случае, когда золотник цилиндра высокого давления перекрывает оба впускные окна, что препятствует впуску свежего пара. Кроме того, приборами пользуются иногда для впуска свежего пара в цилиндры низкого давления для увеличения силы тяги на подъемах.

Этих приборов предложено десятки систем, наиболее характерные из них указаны ниже.

[2] „The Engineer", 1925 г., I, стр. 317.

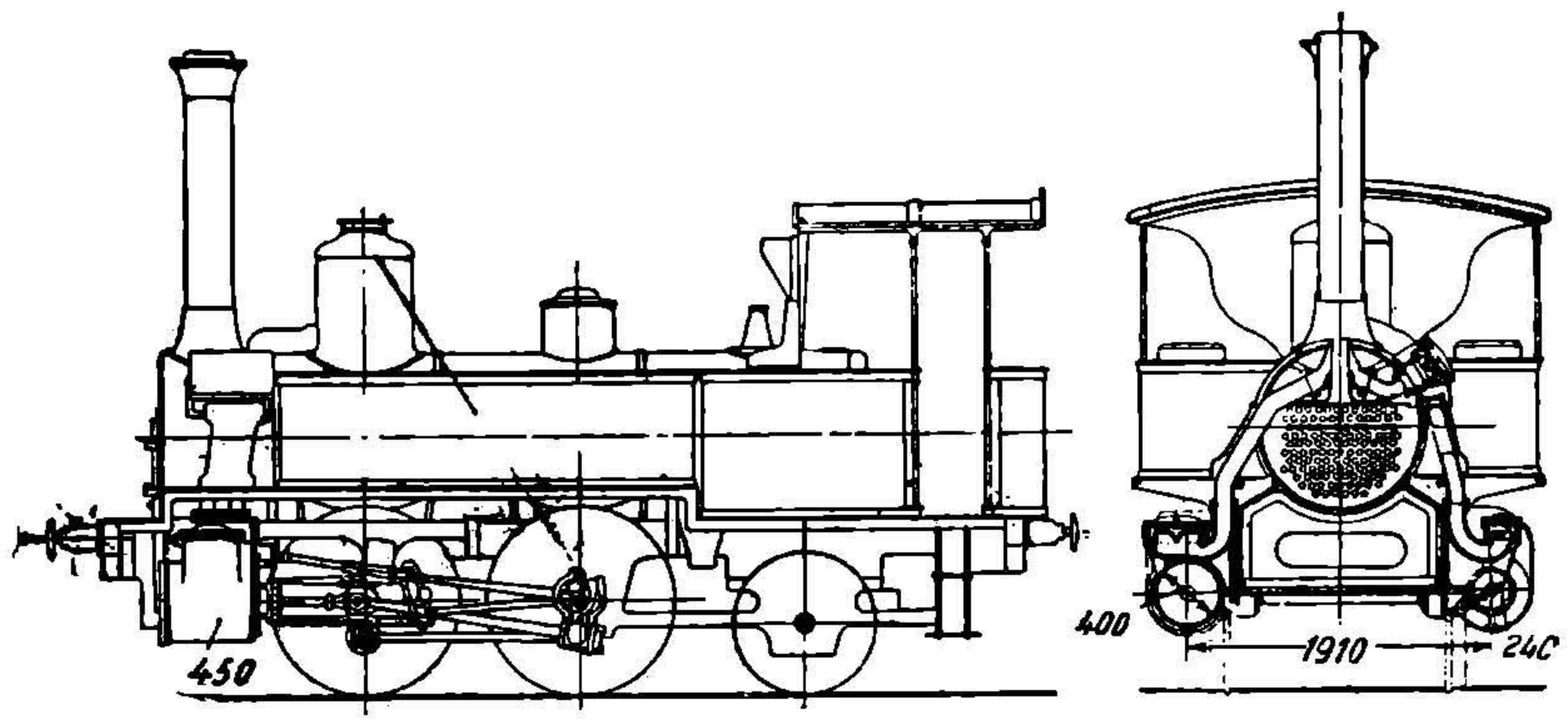
НБ УДУНТ (ДИТ)

ящика *D*, расположенного снаружи дымовой коробки, с левой стороны; труба *f* соединена с регулятором, и таким образом при открытии регулятора свежий пар попадает в *D*, в котором движется золотник *C* по золотниковому зеркалу с отверстиями, идущими: *d* — к конусу, *b* — к пароотводной трубе малого цилиндра, *a* — к золотниковой коробке большого цилиндра. При положении золотника, показанном на фигуре, *d* соединится с *a*, и паровоз работает по системе компаунд. При передвижении золотника в крайнее левое положение от рукоятки в будке машиниста открывается окно *a*, и свежий пар из *D* идет в большой цилиндр, а малый цилиндр *b* через пустоту золотника *c* соединяется с конусом *d*, и паровоз переходит на однократное расширение.



Фиг. 323

После многих хлопот по проекту Маллета было построено три танк-паровоза 0—2—1 на заводе Шнейдера в Крезо, из которых оконченный в июне 1876 г. был первым паровозом компаунд в мире (фиг. 324).



Фиг. 324

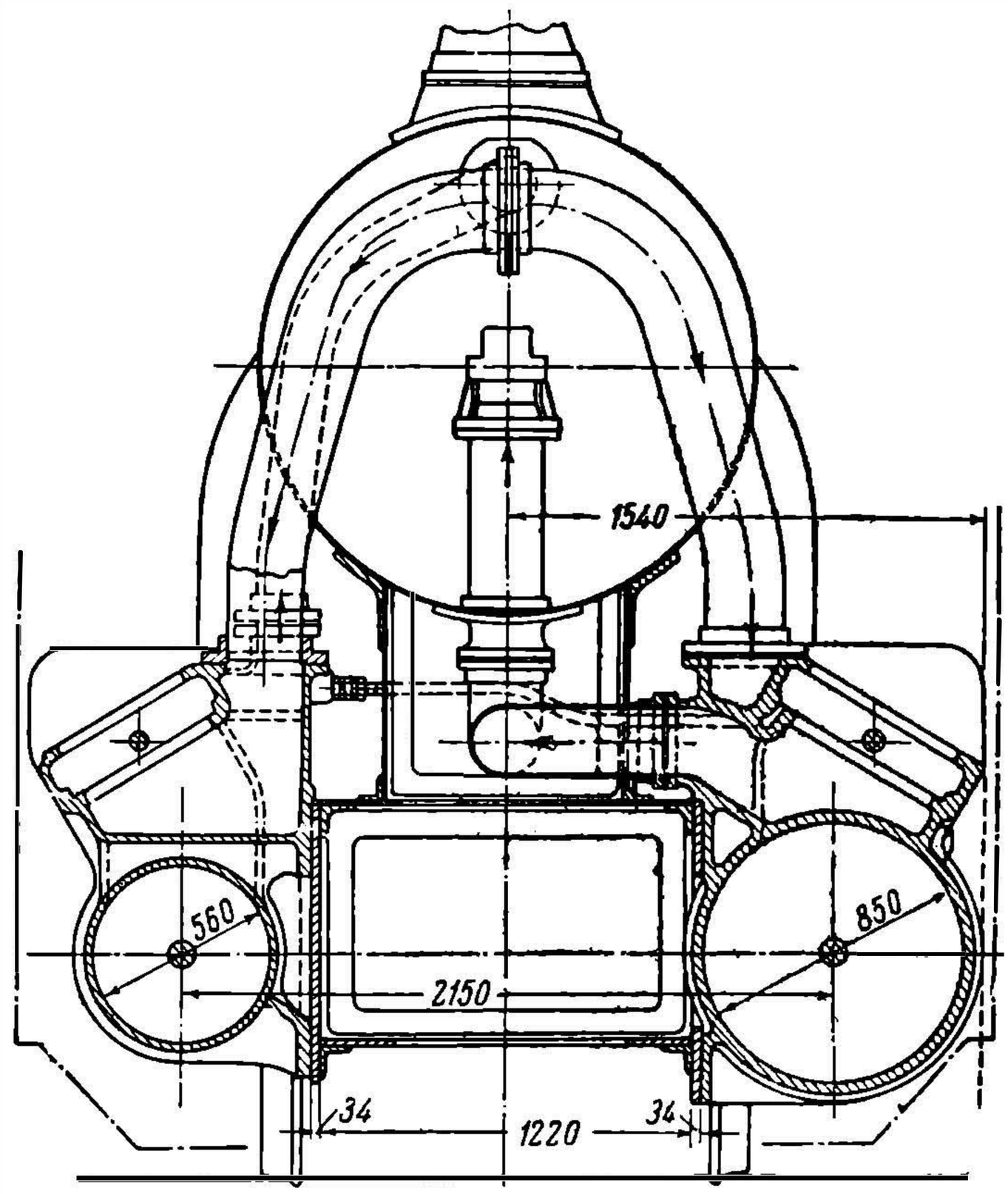
Так как парораспределение было сделано в этих паровозах для обеих сторон одинаковое, то распределение работы было весьма неравномерным. Тем не менее паровозы работали спокойно и дали экономию в топливе 25% сравнительно с работающими однократным расширением, почему Маллет для последующих заказов ввел ряд усовершенствований.

В 1877 г. Маллет взял привилегию на применение принципа компаунд к сочлененным паровозам Ферли и Мейера, на замену одного

РГБ УВУНТ (ДШТ)

большого цилиндра низкого давления двумя малыми, помещенными друг над другом (вроде цилиндров Воклена), и на клапанный прибор отправления.

Ввиду доказанной экономии топлива, особенно после тщательных сравнительных линейных опытов фон-Борриса в Германии в 1800 г., давших экономию в пользу компаунд 16,5%, двухцилиндровые паровозы компаунд получили широкое распространение. В России они появились в 1882 г., когда был построен паровоз компаунд для Юго-Западной ж. д. и подвергнут первому научному обследованию Бородиным в Киеве в первой в мире паровозной, им устроенной, лаборатории.



Фиг. 325

Типичное расположение цилиндров в паровозах компаунд того времени дано на фиг. 325.

Отличительный признак двухцилиндровых паровозов компаунд — прибор отправления. Было предложено множество разных систем, но практическое применение имеет сравнительно небольшое число конструкций, которые можно подразделить на три группы [1]:

1. Приборы, дающие возможность паровозу компаунд переходить на однократное расширение не только при взятии с места, но

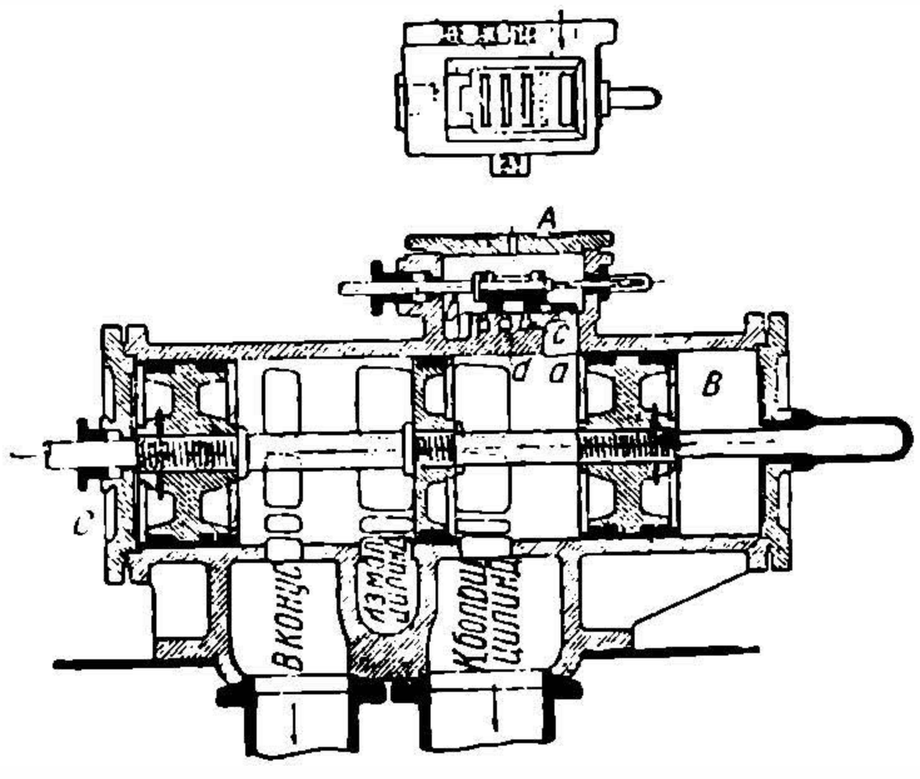
[1] Из приборов приводим только наиболее распространенные, типичные конструкции.

НБ УДУНТ (ДИТ)

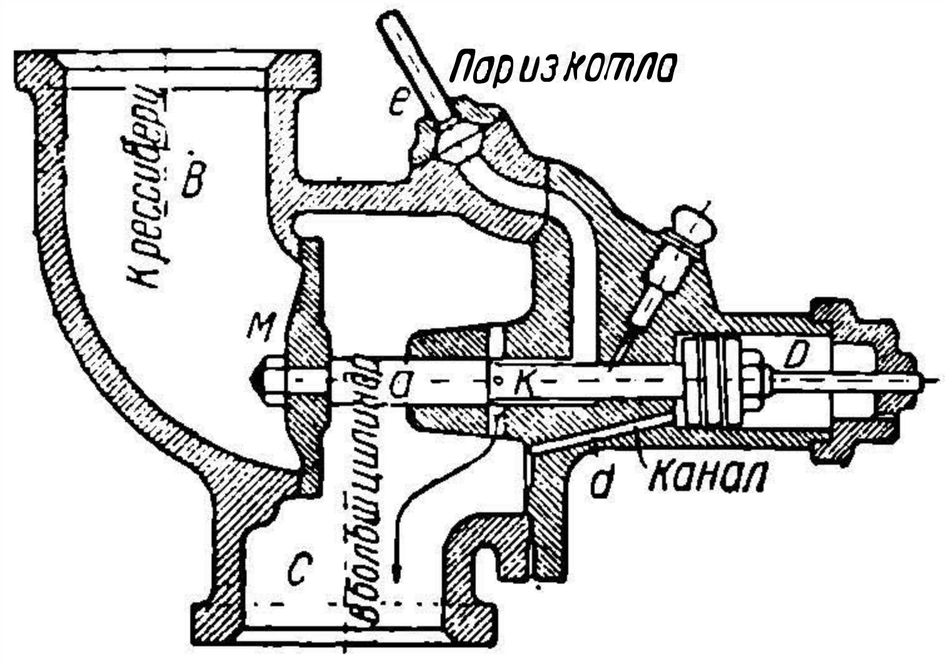
и в любой момент, по усмотрению машиниста, когда по условиям профиля необходимо увеличить силу тяги, например при движении по подъему.

Их недостаток заключается в том, что при этом экономичность паровозов падает, сила тяги распределяется между цилиндрами крайне неравномерно, что отзывается на плавности хода паровоза и прочности его частей.

Примером служит коробка Маллета, поставленная на русских паровозах 0—4—0 1893 г. (фиг. 326). На одном штоке насажено три поршня, которые при положении, указанном на фиг. 326, соединяя малый цилиндр с конусом и пуская свежий пар из коробки *A* через канал *a* и отверстие *c*, заставляют паровоз работать по принципу однократного расширения. При передвижении поршней в крайнее правое положение малых цилиндр соединяется с большим.



Фиг. 326



Фиг. 327

Передвижение поршней производится золотничком; каналы *b* и *c* соединены с концами коробки *B* и *C*, канал *d* — с атмосферой. При правом положении золотничка пар поступает по каналу *b* в полость *C* между левым поршнем и левой крышей и передвигает всю систему поршней вправо, причем тогда полость *B* соединяется с атмосферой через *c* и *d*, и наоборот. Передвижение золотника производится от руки, и соответствующая рукоятка находится в будке машиниста.

2. Приборы второй группы автоматически устанавливают работу по принципу однократного расширения только при трогании с места. Пример — прибор фон-Борисса (1896 г.), показанный на фиг. 327; при трогании с места, когда открывается регулятор, свежий пар, идя по трубе *e*, передвигает стержень *a* (действуя на его кольцеобразную площадь) с клапаном *M* влево и отделяет малый цилиндр (ресивер) *B* от большого цилиндра *C*. Свежий пар через каналы *K* входит тогда в большой цилиндр. Но малый цилиндр с конусом здесь не соединяется, а потому давление в ресивере *B* быстро возрастает, и через один оборот ведущей оси оно уже будет настолько велико, что клапан *M* со всей системой будет передвинут вправо, и малый цилиндр сообщится с большим.

Передвижению помогает поршенек *D*, на который давит пар по каналу *d*. С другой стороны *D* — атмосферное давление.

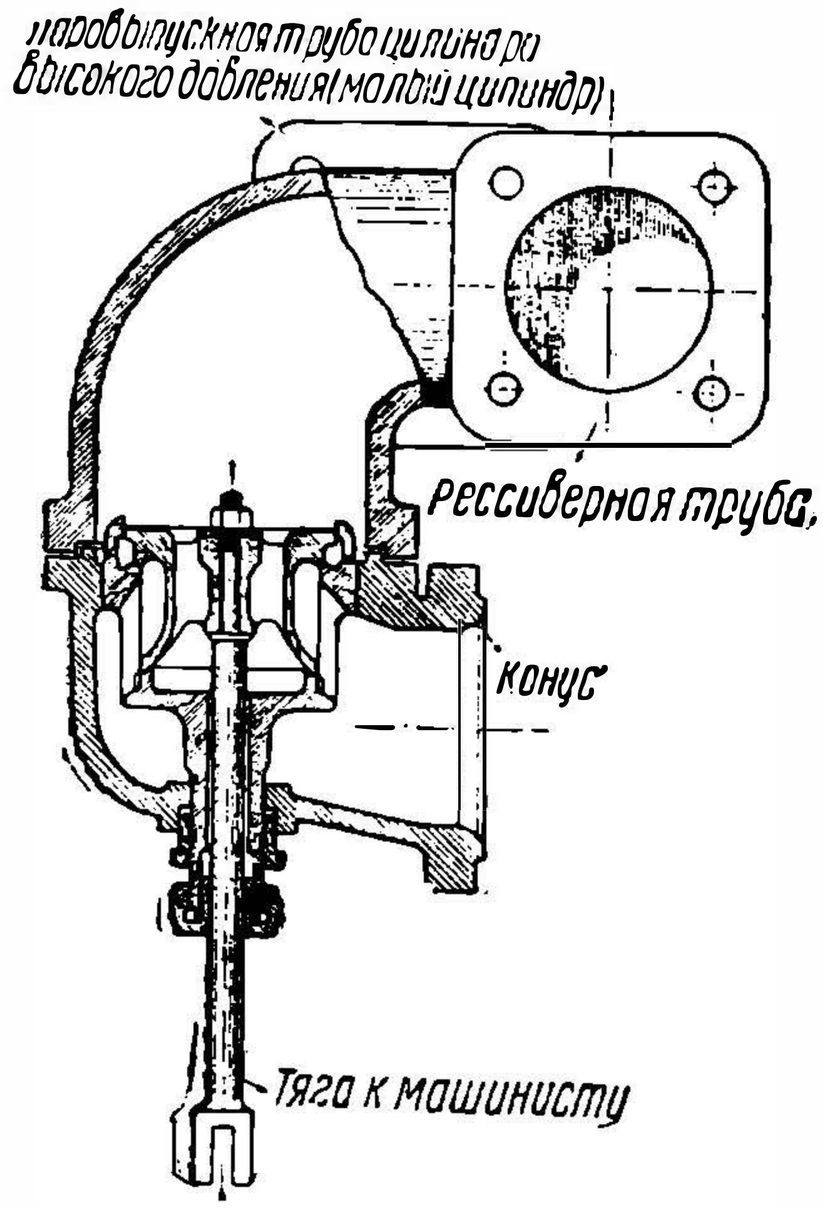
Недостаток прибора: в малом цилиндре создается весьма значи-

НБ УДУНТ (ДИТ)

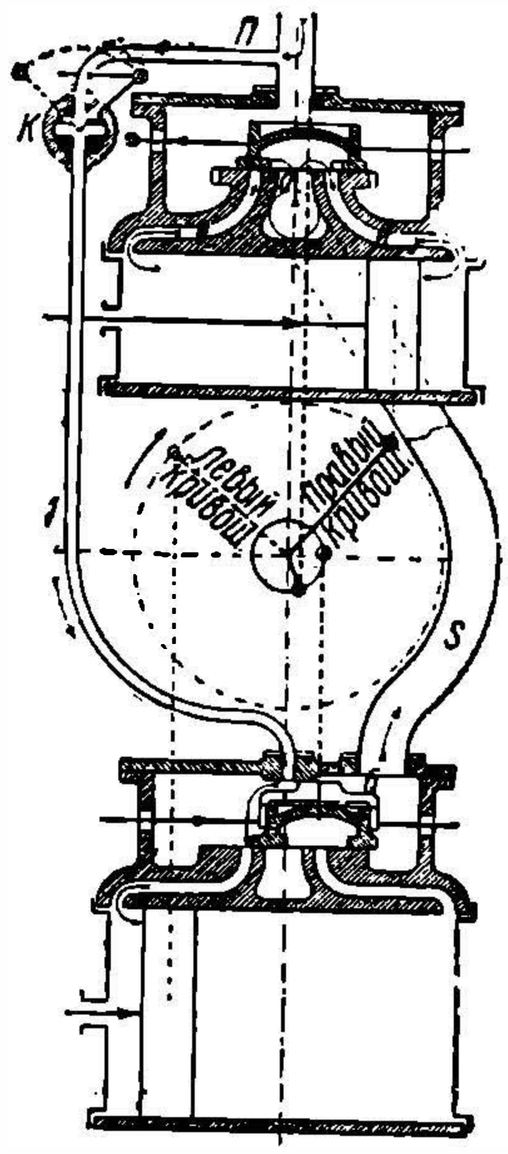
тельное противодавление, а потому сила тяги понижается, паровоз берет поезда с места тяжело, и скорость развивается медленно.

Поэтому к прибору прибавляется особый клапан, называемый корнваллийским, который дает возможность направлять выпуск пара в это время из малого цилиндра в конус (фиг. 328) в течение желаемого времени, причем свежий пар продолжает работать в большом цилиндре. Клапан перемещается при помощи привода из будки машиниста и в любой момент может соединить или разобщить малый цилиндр с конусом.

3. Третья группа — наиболее простая и наиболее распространенная. При этих приборах пар выпускается в большой цилиндр, не разобщая его от малого. Число предложенных конструкций весьма велико. Укажем на наиболее распространенные из них.



Фиг. 328



Фиг. 329

Прибор Линднера (ряд патентов от 1888 до 1895 г.) — (фиг. 329). Кран *К* соединяется с реверсом так, что при наибольшей отсечке свежий пар из паропровода по трубе *П* идет в золотниковую коробку большого цилиндра. Но при этом свежий пар по ресиверной трубе *S* поступает на нерабочую сторону поршня малого цилиндра, который при этом превращается в тормоз, почему для выравнивания в нем давления по обе стороны поршня просверливают на внутренних лапах золотника особые небольшие каналы, по которым свежий пар, попавший под золотник, переходит на другую сторону цилиндра и выравнивает давление (фиг. 330) [1].

Прибор Гельсдорфа 1893 г. (фиг. 331 и 332). Пар по трубкам *H* и *G* поступает через отверстие *m* в золотниковую коробку большого цилиндра. Отверстия расположены так, что они открываются только при наибольшей отсечке (спущенном рычате).

[1] При нормальной работе паровоза эти небольшие каналы не мешают.

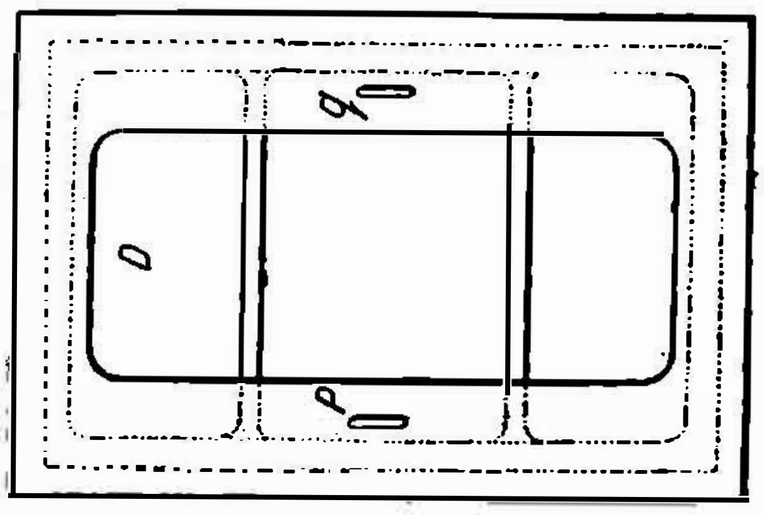
НБ УДУНТ (ДИТ)

В Германии пользовался большим распространением прибор Дультца (Dultz, 1894).

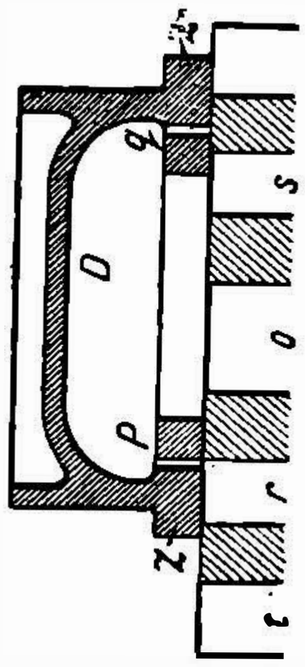
Каждый завод вносил в указанные типы крупные конструктивные изменения (у нас Коломенский завод), и число систем приборов отправления измеряется десятками.

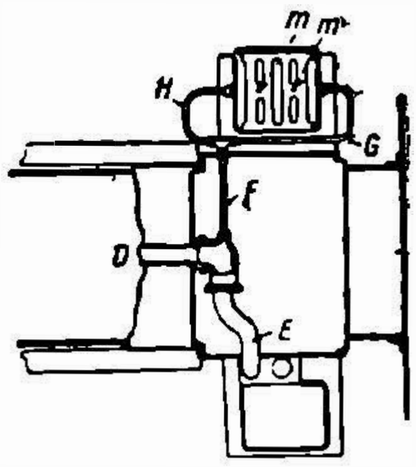
С прекращением постройки двухцилиндровых паровозов компаунд они потеряли всякий интерес.

В Англии паровозы компаунд при внутренних цилиндрах имели расположение, показанное на фиг. 333—335. Они были введены Ворсделем (Worsdell) в 1885 г.

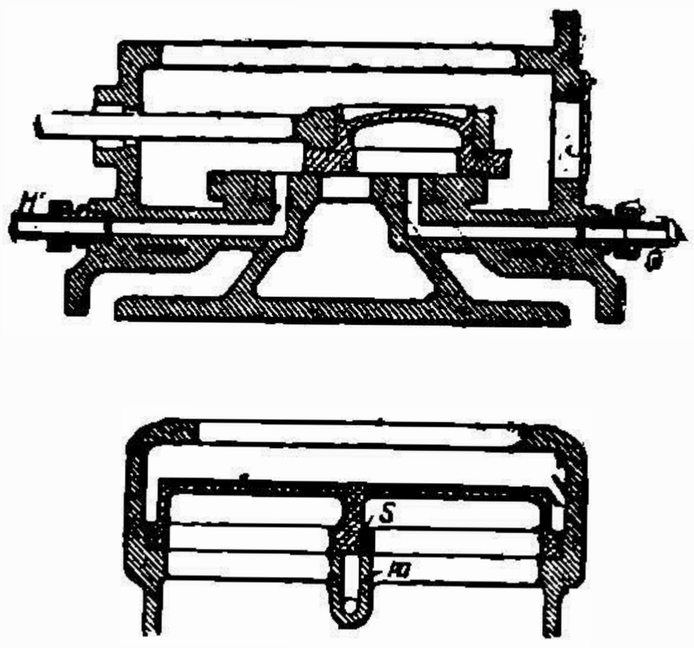


Фиг. 330





Фиг. 331



Фиг. 332

В Америку идея компаунд проникла в 1883 г., когда Дюнбар построил четырехцилиндровый паровоз тандем, но неудачно, почему попытки прекратились до 1889 г., когда снова был построен паровоз компаунд заводом Скенектеди (Skhenectady). Англия же и Бельгия отнеслись к применению к паровозам принципа компаунд вообще недоверчиво.

Выгоды применения двукратного расширения, составляющие по топливу до 20% экономии, но только при обязательном условии правильного подбора отсечек пара в больших и малых цилиндрах, что при двух цилиндрах не всегда достижимо, были подтверждены работами целого ряда ученых и инженеров (Борисса, Клейна, Лейцмана, Ломоносова, Чечотта, Брюкмана и др.). Кроме того, опыты показали, что при двухцилиндровых паровозах тяга воздуха резко ухудшается вследствие меньшего количества выхлопов, касательные усилия распределяются неравномерно, движущий и распределительные механизмы обеих сторон изнашиваются неодинаково, уравновешивание крайне затруднительно и пр. Поэтому к концу XIX в. в двухцилиндровых паровозах окончательно разочаровались и строить их перестали.

Все сказанное заставило еще в 80-х годах искать выхода и делать опыты с построением трех- и четырехцилиндровых паровозов.

В 1879 г. управляющий мастерскими Лондон — Сев.-Западной ж. д. Вебб (Webb) в виде опыта перестроил старый паровоз на компаунд по системе Маллета и, ввиду благоприятных результатов, в 1881 г. построил трехцилиндровый паровоз, причем два наружных цилиндра высокого давления действовали на заднюю ось, а один, внутренний, цилиндр низкого давления — на переднюю ось. Перед-

НБ УГУНТ (ДИТ)

няя и задняя оси не спарены. В 1882 г. таких паровозов было построено 29.

Здесь таким образом имеем полное отсутствие кинематической связи между движениями поршней цилиндров высокого и низкого давления.

Были еще попытки ввести трехцилиндровые паровозы с обратным расположением цилиндров: один внутренний цилиндр высокого давления и два наружных цилиндра низкого давления. Из таковых укажем на паровоз Вегерманна (Wegermann), построенный в 1897 г. паровозостроительным заводом в Винтертуре для ж. д. Юра — Симплон. Кривошипы были насажены под углом 120°, и цилиндры низкого давления получили отсечку на 10% большую, чем высокого.

При своей сложности трехцилиндровые паровозы компаунд оказались слабосильными и признаны неудовлетворительными, почему постройка их была прекращена.

Указанные недостатки заставили обратиться к четырехцилиндровым паровозам компаунд.

Еще в 1885 г. в России по инициативе Бородина был построен паровоз 2—2—0 П системы тандем-компаунд для Юго-Западной ж. д., и затем по этой же системе были построены товарные паровозы 1—4—0 Р и пассажирский 2—2—0 Пдля М.-Виндаво-Рыбинской ж. д.

Эта система пользовалась распространением в Венгрии (1896 г.) и в Америке [1].

Здесь поршни обоих цилиндров насажены на один шток и имеют один крейцкопф, что дает очень большой вес возвратно-движущихся масс, обусловливающий очень неспокойный ход и затруднительное уравновешивание. Кроме того, золотники или насаживались на один общий шток или, при системе Вульфа, имеется один золотник (фиг. 336), работающий на оба цилиндра, почему применение наивыгоднейшего соотношения отсечек здесь оказалось почти невозможным, вследствие чего паровозы отличаются сравнительно малой экономичностью.

Поэтому при увеличении скорости движения поездов у нас эта система более не строится.

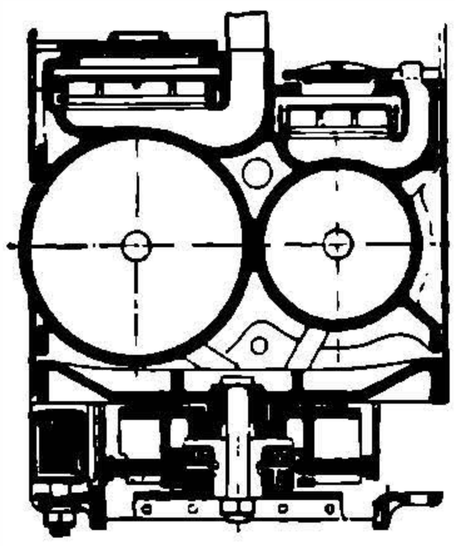
С 1889 г. паровозостроительный завод Балдвина в Филадельфии стал строить паровозы Компаунд системы Воклена (Vauclain) с цилиндрами, попарно расположенными один над другим, и с парораспределением одним золотником (система Вульфа) (фиг. 337). По идее система Воклена очень близка к рассмотренной системе тандем: здесь также поршни обоих цилиндров жестко связаны между собой и действуют на один крейцкопф, почему имеют те же недостатки. Завод Балдвина построил таких паровозов более 3 000, в том числе несколько для России, и Путиловский завод построил в 1900 г. для М.-Казанской ж. д. с цилиндрами Воклена два паровоза 0—4—0.

Но затем сам завод Балдвина отказался от этой системы и в 1902 г. взял патент на новый тип системы Воклена, названный уравновешенным («Vauclain balanced»), где обе пары цилиндров старой системы повернуты на 90° и расположены в ряд и отличие от подобных же 4-цилиндровых типов европейских (Борриса, Вебба) заключается в системе парораспределения.

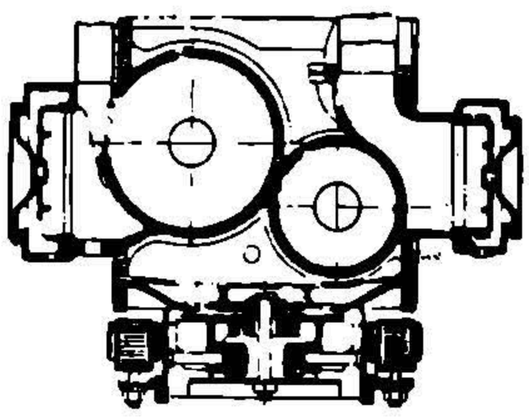
Наилучшие результаты как в смысле плавности хода, уравновешенности и воздействия на путь, так и в смысле экономичности —

[1] Завод Скенектеди построил в 1900 г. для Северной Тихоокеанской ж. д. 26 паровозов и для Атчисон—Топика и Санта-Фе — 40 паровозов.

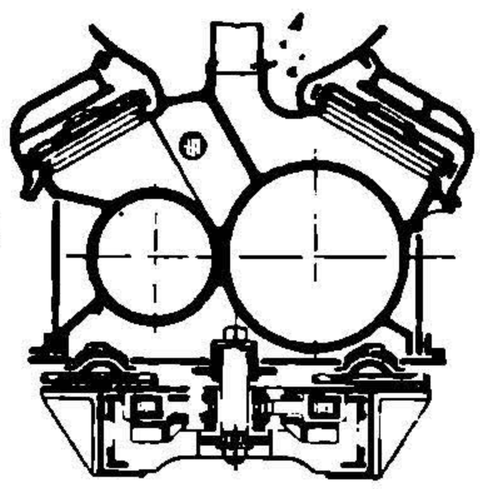
НБ УДУНТ (ДИТ)



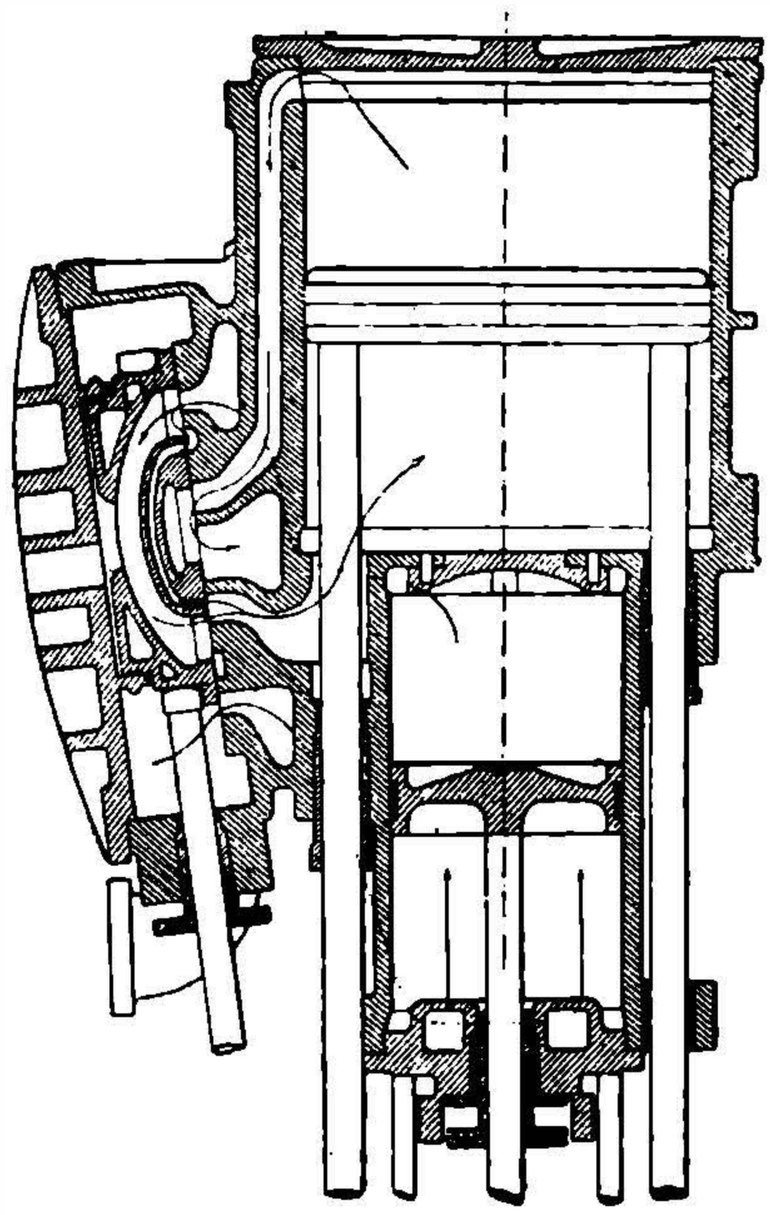
Фиг. 333



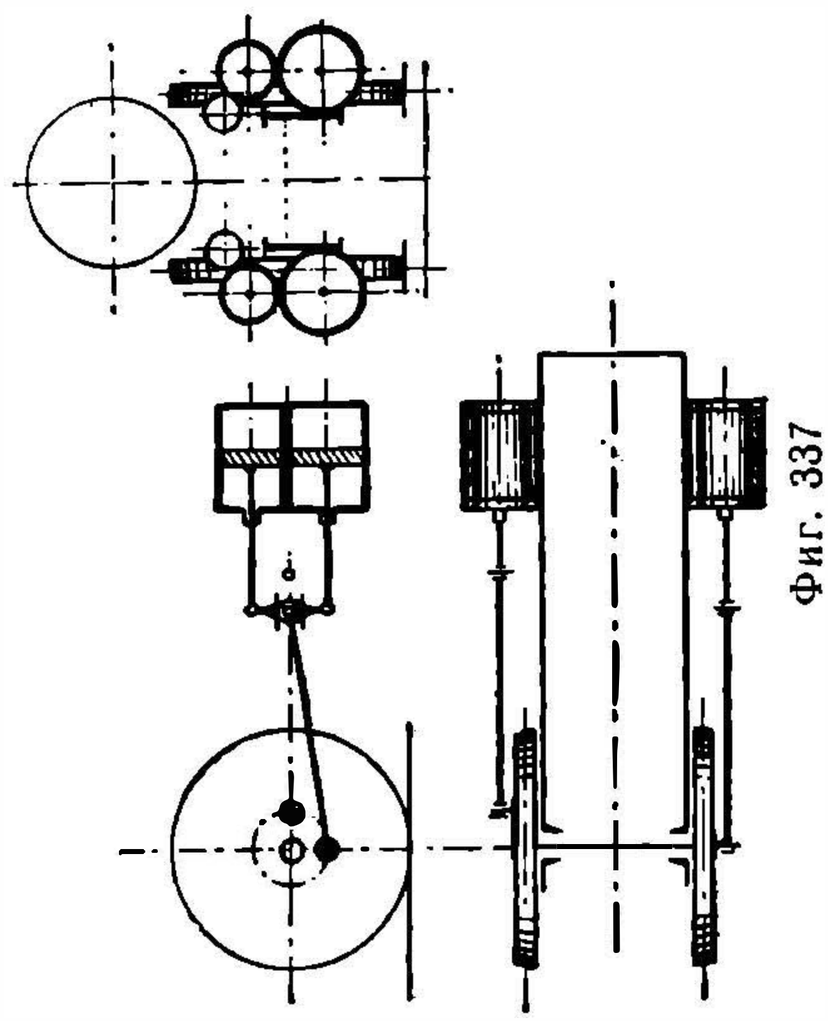
Фиг. 334



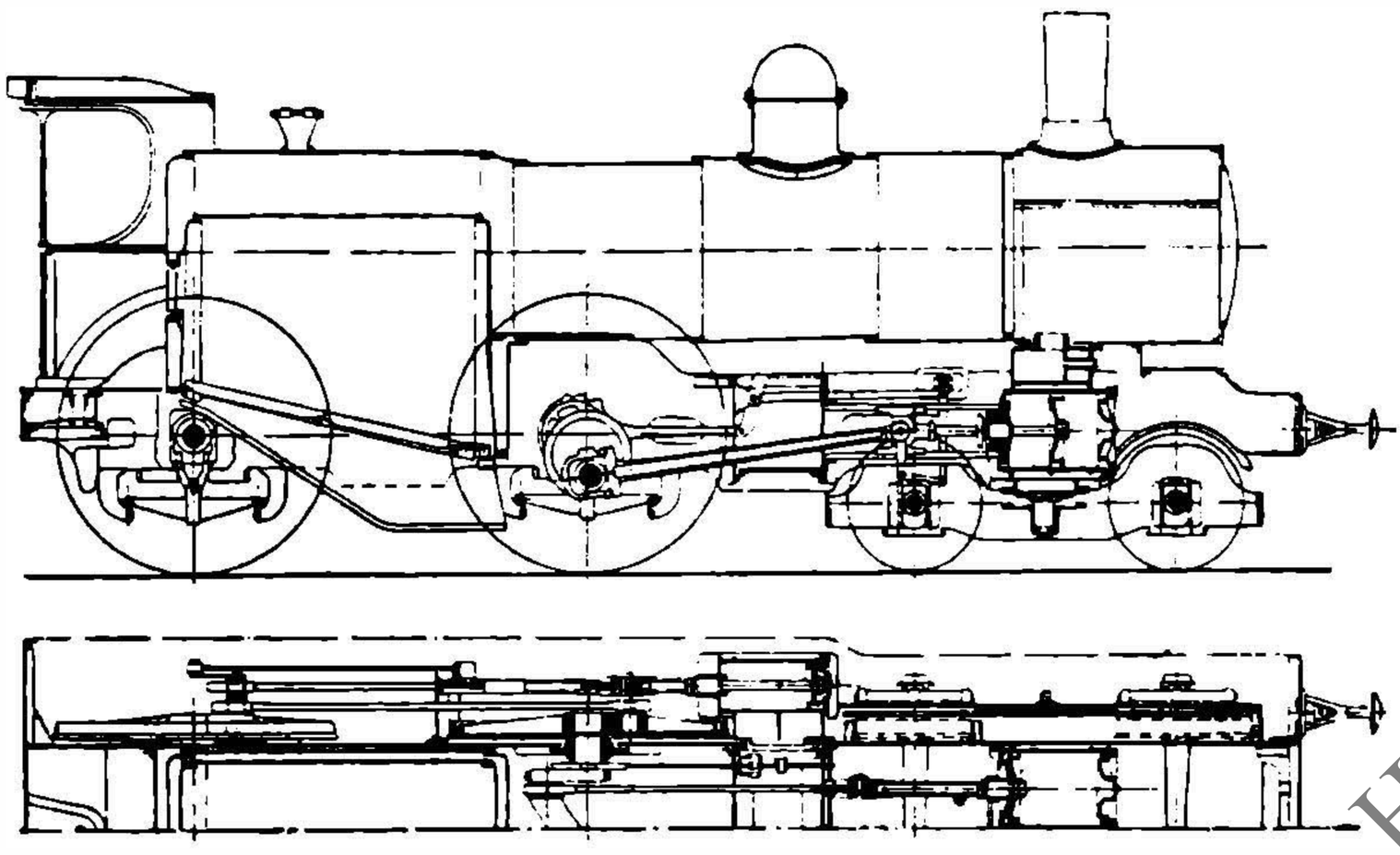
Фиг. 335



Фиг. 336



Фиг. 337

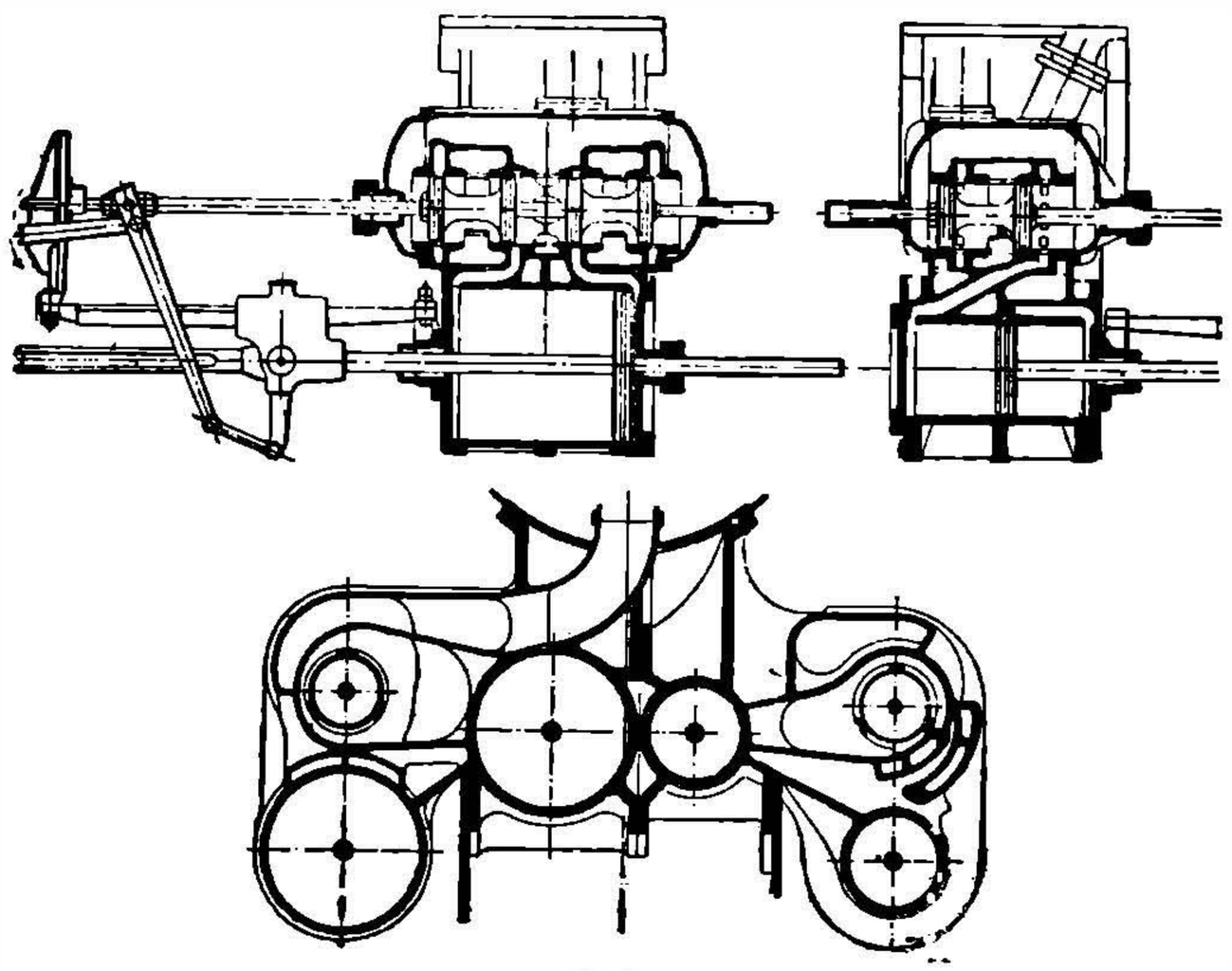


Фиг. 338

НБ УДУНТ (ДИТ)

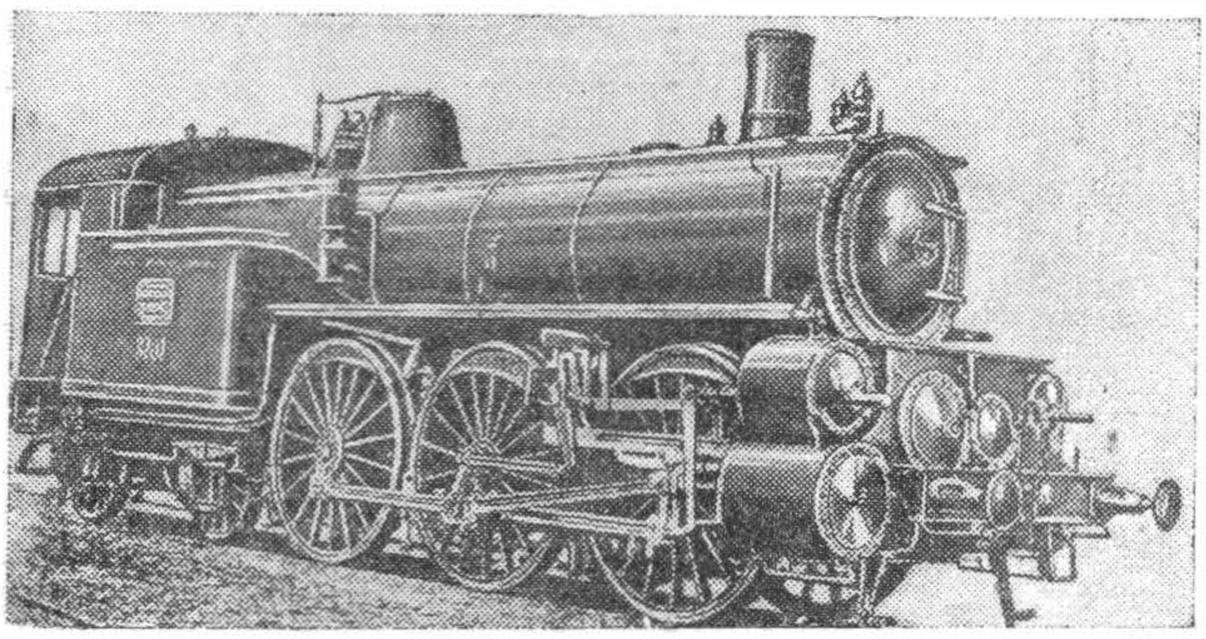
дали 4-цилиндровые паровозы компаунд и из всех систем это единственные, которые удержались и строятся в настоящее время.

Первый четырехцилиндровый паровоз 2—2—0 системы д е - Г л е н а [1] (де-Glehn) был построен в 1885 г. для французской Северной ж. д. (фиг. 338), где над ним несколько лет производились опыты, способствовавшее окончательному оформлению его в качестве пассажирского паровоза 2—2—0; в проекте Б о д р и (Baudry), главного инженера ж. д. Париж—Лион—Средиземное море (P. L. M.), эта система де-Глена получила широкое распространение во Франции. Некоторое распространение она имела также в Швейцарии и Швеции и у нас, на Рязано-Уральской ж. д. (паровозы 2—3—0 серии У и У).



Фиг. 339

Сложность парораспределения (необходимы четыре независимых механизма и два реверса) ограничивает распространение этого типа, и он заменен почти во всей Европе системами четырехцилиндровых паровозов Вебба и фон-Борриса, появившихся в 1897 г., в которых все четыре цилиндра расположены в ряд и действуют на о д н у коленчатую ось: у Борриса цилиндр низкого давления снаружи, а высокого — внутри, у Вебба — наоборот.



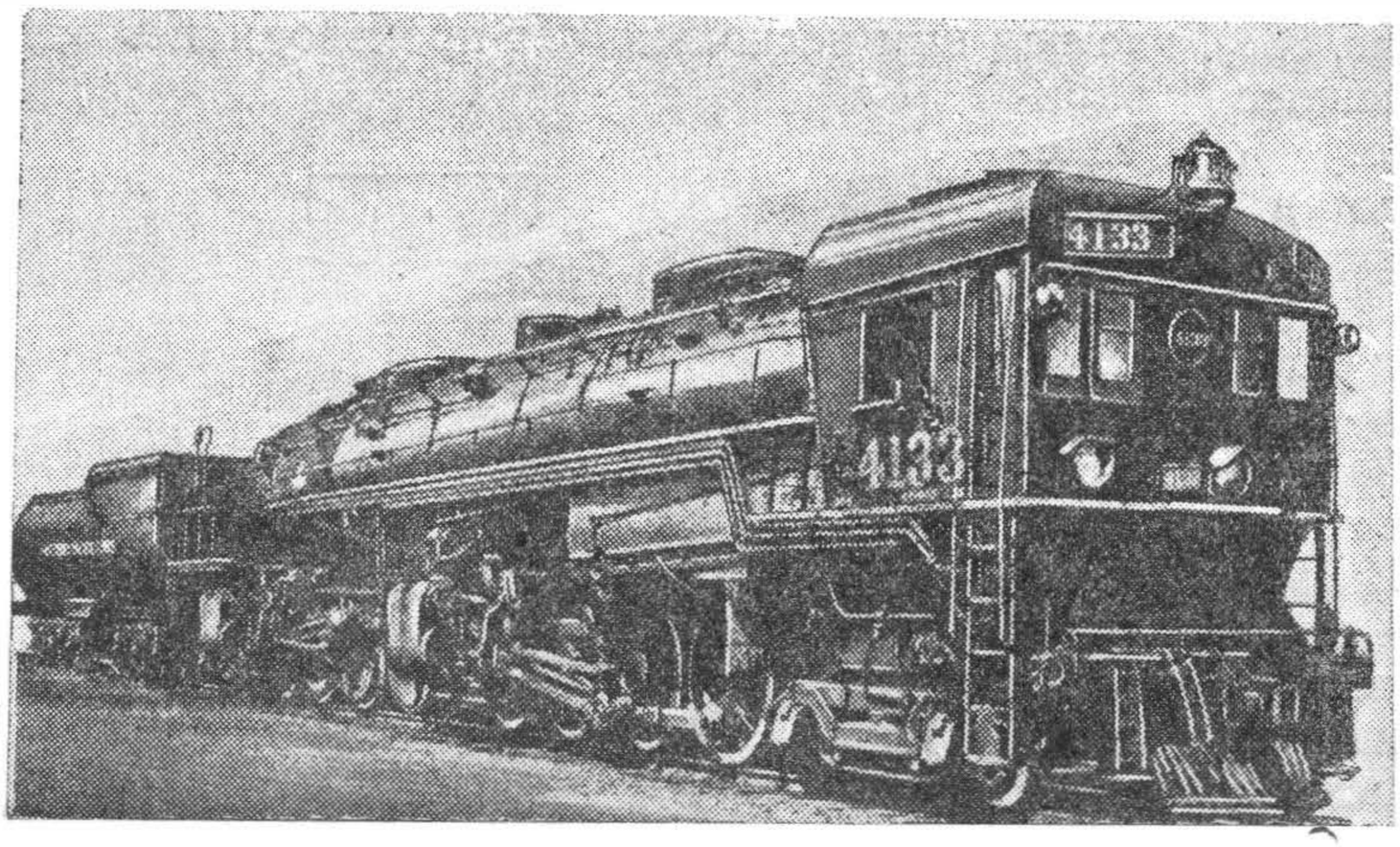
Фиг. 340

Эти типы являются основными; остальные отличаются только деталями парораспределения и другими конструктивными особенностями (например Воклена). Оригинальная система была предложена только в 1900 г. инж. П л а н ш е (Plancher), по проекту которого заводом «Breda» в Милане был построен быстроходный паровоз 2—3—0, у которого оба цилиндра высокого давления образуют одну группу, помещающуюся на одной стороне паровоза, а оба низкого — на другой. При этом оказалось возможным, расположив кривошипы каждой группы под углом 180° и, следова-

[1] Конструктор машиностроительного завода в Мюльгаузене в Эльзассе.

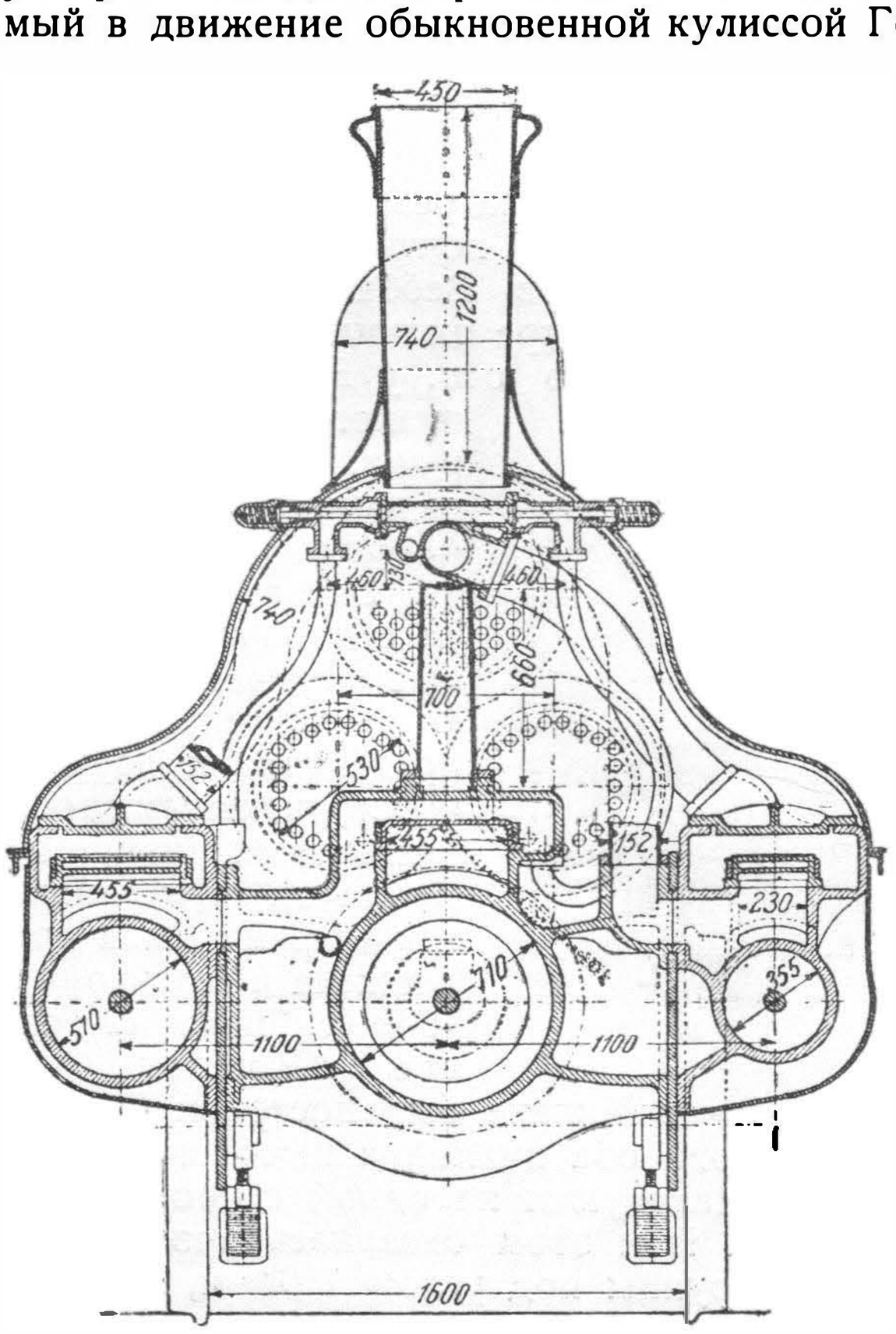
НВ УДУНТ (ДИТ)

тельно, дав поршням прямо противоположное движение, получить совершенно одинаковое парораспределение для двух цилиндров каждой группы, но для их противоположных сторон. Это позволило



Фиг. 341

употребить о д и н простой золотник для каждой группы, приводимый в движение обыкновенной кулиссой Гейзингера; для распределения пара сразу в двух цилиндрах — сделать только крестообразными каналы одного из цилиндров, как видно на фиг. 339.



Фиг. 342

Эта система, называемая «Adriatique», или Планше, пользуется распространением только в Италии.

Заметим, что упомянутый паровоз Планше (фиг. 340) движется вперед будкой, имеющей острый выступ для уменьшения сопротивления воздуха. Отопление — нефтяное. За паровозом идет тендер, в виде цилиндрического резервуара (цистерна) на трех осях. При таком движении открывается свободный вид на пути, будка не застилается дымом и паром, и машинист удален от котла. Паровоз был на выставке в Париже в 1900 г.

НВ УДУНТ (ДИТ)

С такой же будкой впереди паровоза и тендером с запасами воды и нефти построен в 1929 г. паровоз Малетта 2—4—0+0—4—1 для ж. д. Southern Pacific в С. Америке (Organ, 1930, № 1, стр. 16) (фиг. 341). Такие паровозы строятся для ж. д. с большим количеством туннелей. Наконец, отметим, что был случай постройки паровоза 1—2—0 тройного расширения по проекту Джонса Рикки (Rickie) для Белуджистана (фиг. 342). Насколько известно, — эта система успеха не имела, с одной стороны, вследствие сложности, а с другой, тройное расширение вообще не может найти себе применения до введения в паровозах конденсирования мятого пара.

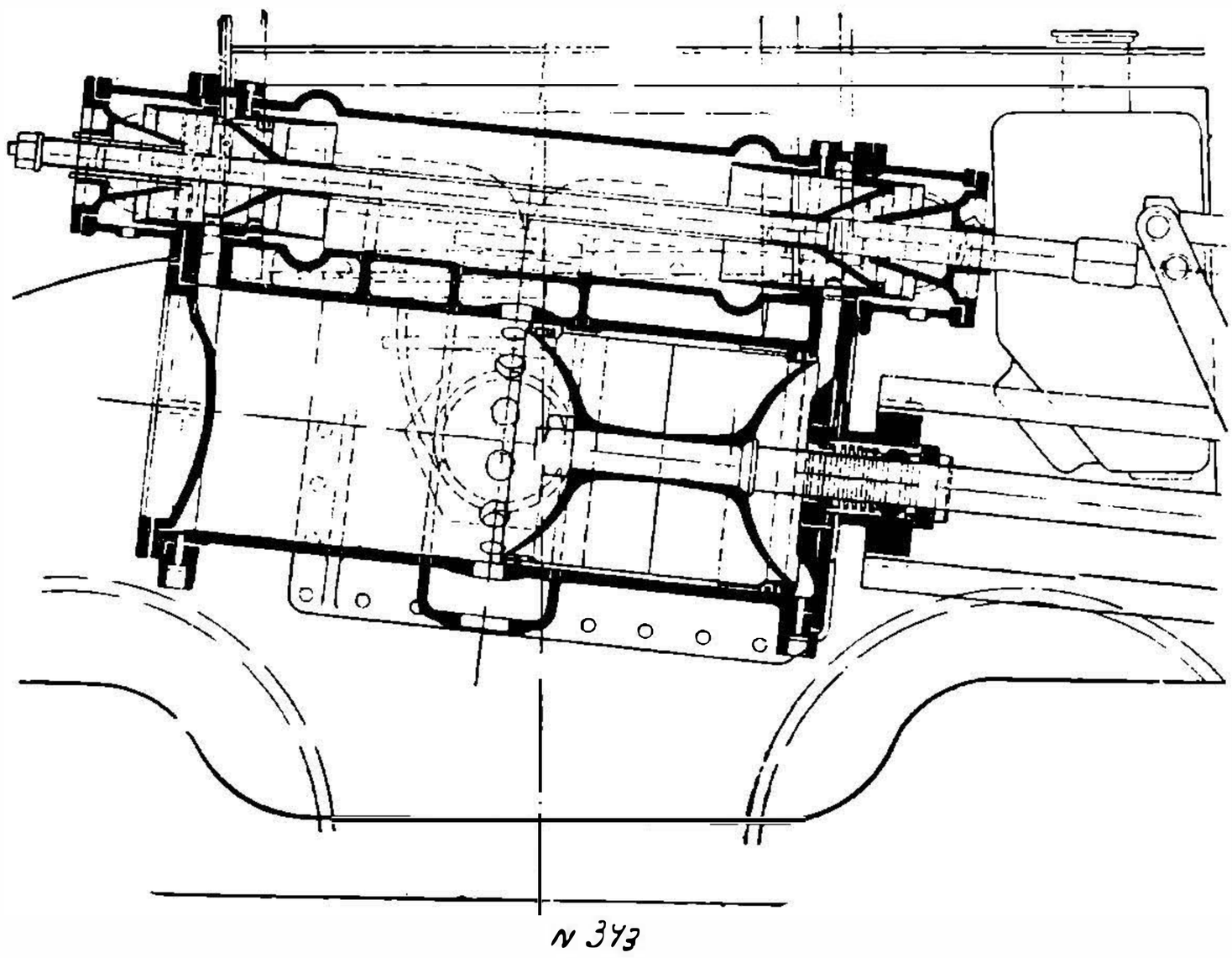
Машины четырехкратного расширения, например, системы Бюрелла (Burrell, английский патент 1890 г.) с четырьмя цилиндрами, расположенными тандем, и др., существовали только в проектах.

Заметим, что есть течение совместно применять принцип компаунд с высоким перегревом пара. На австрийских ж. д. Гельсдорф уже в 1907 г. получил удовлетворительные результаты при применении системы компаунд со слабым перегревом, а затем система компаунд с сильным перегревом получила значительное распространение во Франции и на Баденских ж. д. в Германии. У нас за это высказывались проф. М. В. Гололобов и А. О. Чечотт, но случаев применения было мало ($О^ч$, $Ы^ч$, $Щ^ч$, $\theta^ч$,).

В настоящее время новые паровозы с машинами компаунд почти нигде не строятся и встречаются только во Франции в четырехцилиндровых паровозах и при применении пара высокого давления.

§ 38. ПРЯМОТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Принцип прямого потока пара неоднократно возникал в технике: в 1846 г. его предлагали братья Клевеланд, а в 1886 г. Тодд приме-



N 343

Фиг. 343

нил прямой поток пара на стационарной машине. Подобная система была в 1897 г. применена на 15 товарных паровозах заводом Диксона для ж. д. Intrcolanial в Канаде.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Проф. Штумпф к машине Тодда в качестве впускных органов присоединил описанные выше клапаны Лентца.

Впервые машина Штумпфа была поставлена на русских паровозах в 1912 г. и затем подвергалась в интересах упрощения конструкции и улучшения парораспределения неоднократным переделкам, причем последнее время стали вместо клапанов применять круглые золотники (фиг. 343).

Особых преимуществ машина Штумпфа пока не показала, так как при чрезмерном сжатии (около 90%) общая величина расхода пара получается значительной, о чем и свидетельствуют опыты на германских ж. д. в 1912 г. и у нас проф. Ломоносова в 1912—1914 гг.; при применении высоко перегретого пара эта машина должна быть весьма экономичной, поэтому для опытов она поставлена на двух наших паровозах 0—5—0 $Э^{ш}$.

§ 39. ПЕРЕГРЕВ ПАРА

Идея применения перегретого пара относится еще к 30-м годам XIX в; в 1832 г. Говард подсчитал, что перегрев должен дать до 30% экономии пара.

Первые сведения о применении перегрева пара к паровозам относятся к 21 ноября 1839 г., когда братья Роберт и Вильям Хоутзорн (Hawthorn), из Ньюкэстля на Тайне, взяли патент в Англии на свой перегреватель. Этот перегреватель располагался в дымовой коробке (фиг. 344), образуя камеру, через которую проходят газовые трубки.

В 1840 г. был взят соответствующий французский патент Джоном Хоутзорн.

Затем в 1849 г. французский инженер Кюйяк (Quillacq) взял патент на «применение пара не насыщенного, но перегретого». К этому патенту 29 июня 1850 г. Моншейль (Moncheuil), директор ж. д. Монтре — Трой, взял патент на паровозный перегреватель (фиг. 345), который помещался в одной жаровой трубе, вне котла.

Позднее Моншейль жаровую трубу перенес в самый котел, причем в нем из коллектора шла паровая трубка, делающая несколько оборотов (фиг. 346 и 347).

Наконец Моншейль на одном из паровозов ж. д. Париж — Лион поставил перегреватель, уже состоящий из нескольких жаровых труб (шести) меньшего диаметра (фиг. 348).

На фиг. 349 показан элемент этого перегревателя, точно воспроизведенный почти 50 лет спустя В. Шмидтом в Германии.

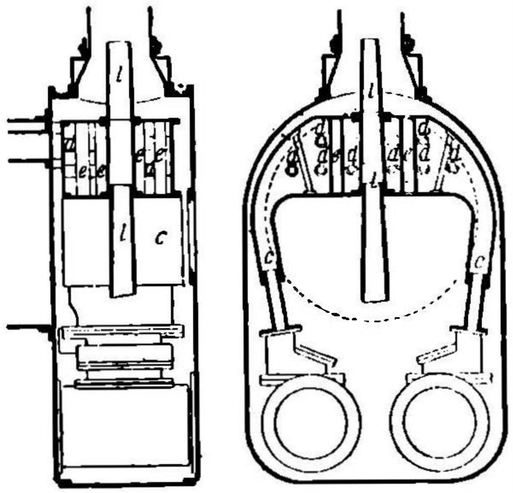
Через короткое время — 24 июня 1852 г. — английский инженер Джемс Мак-Коннел (James Fdward Mac Connel), служивший на ж. д. Лондон — Сев.-Зап., взял патент в Англии, а 7 августа 1852 г. во Франции — на «усовершенствованные устройства для ж.-д. паровых машин и других аналогичных приборов», в которых описывается и перегрев пара на пути от колпака до цилиндра (фиг. 350).

Подобный перегреватель был поставлен на паровозе 1—1—1 в 1853 г., причем при поверхности нагрева котла 111,5 $м^2$ поверхность перегревателя была только 1 $м^2$.

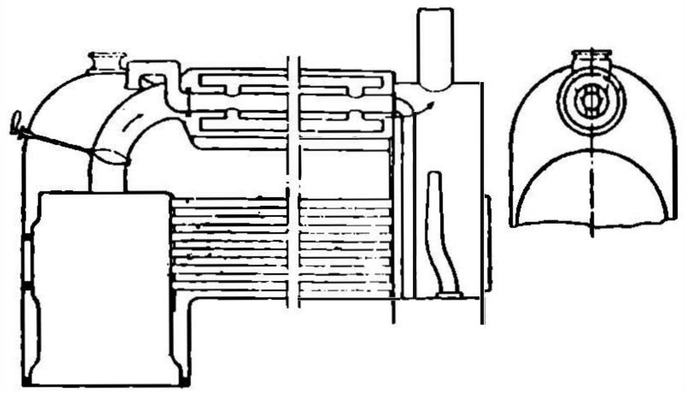
В 1855 г. взял патент Джонсон (John Henry Jonsohn) на перегреватель в одной широкой жаровой трубе с элементами, состоящими из спиральных трубок (фиг. 351).

2 апреля 1855 г. Эморен (Emorin) из Лиона взял патент на

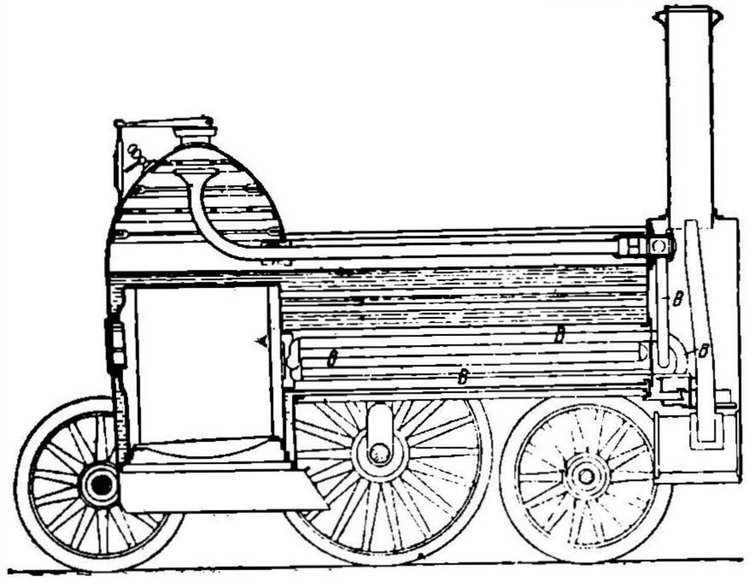
НБ УГЛУНТ (ДИТ)



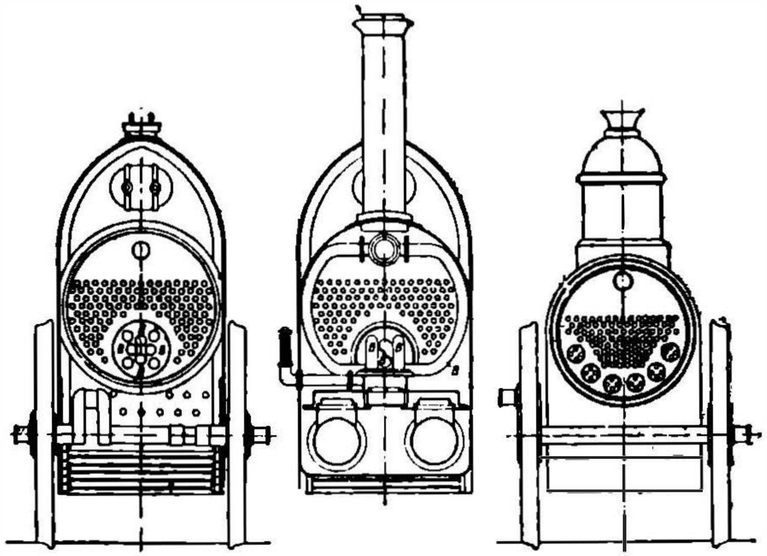
Фиг. 344



Фиг. 345

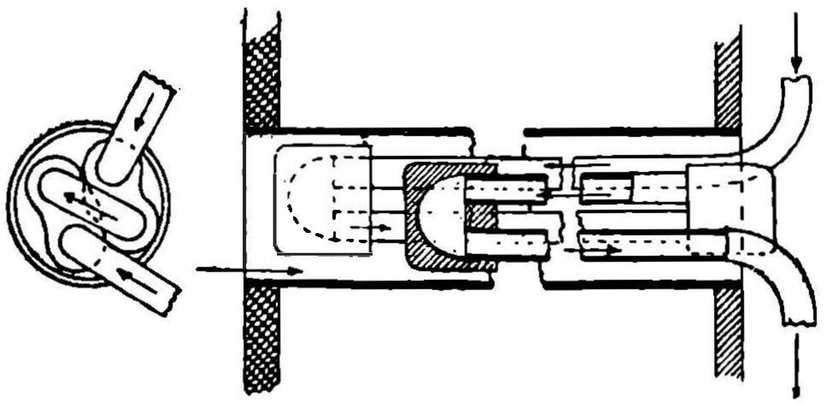


Фиг. 346



Фиг. 347

Фиг. 348



Фиг. 349

НБ УДУНТ (ДПТ)

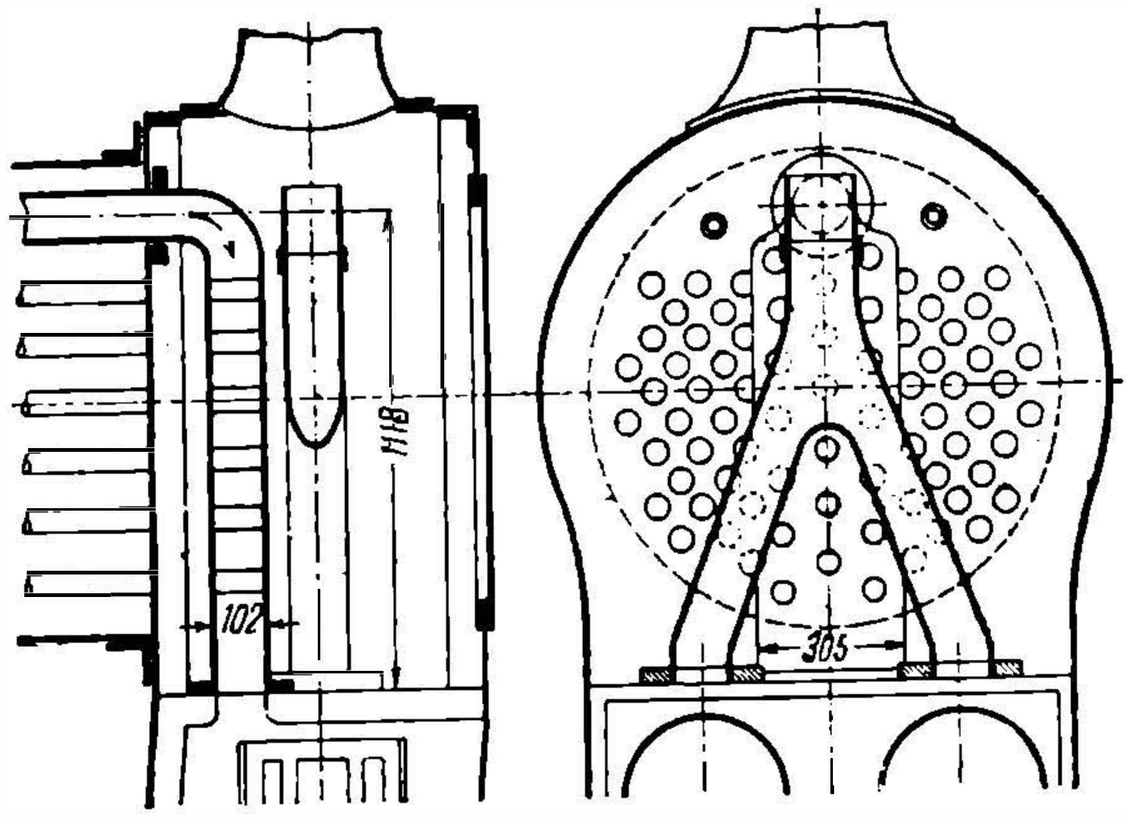
перегреватель в передней цилиндрической части котла (фиг. 352), идея которого была развита американцем Вениамином Грайфордом (Greyford) в 1863 г. (фиг. 353).

В 1859 г. Мак Коннел взял патент на кольцевой трубчатый перегреватель (фиг. 354).

Оригинальный перегреватель был предложен в 1869 г. Гайтторфом (Hittorf) (фиг. 355).

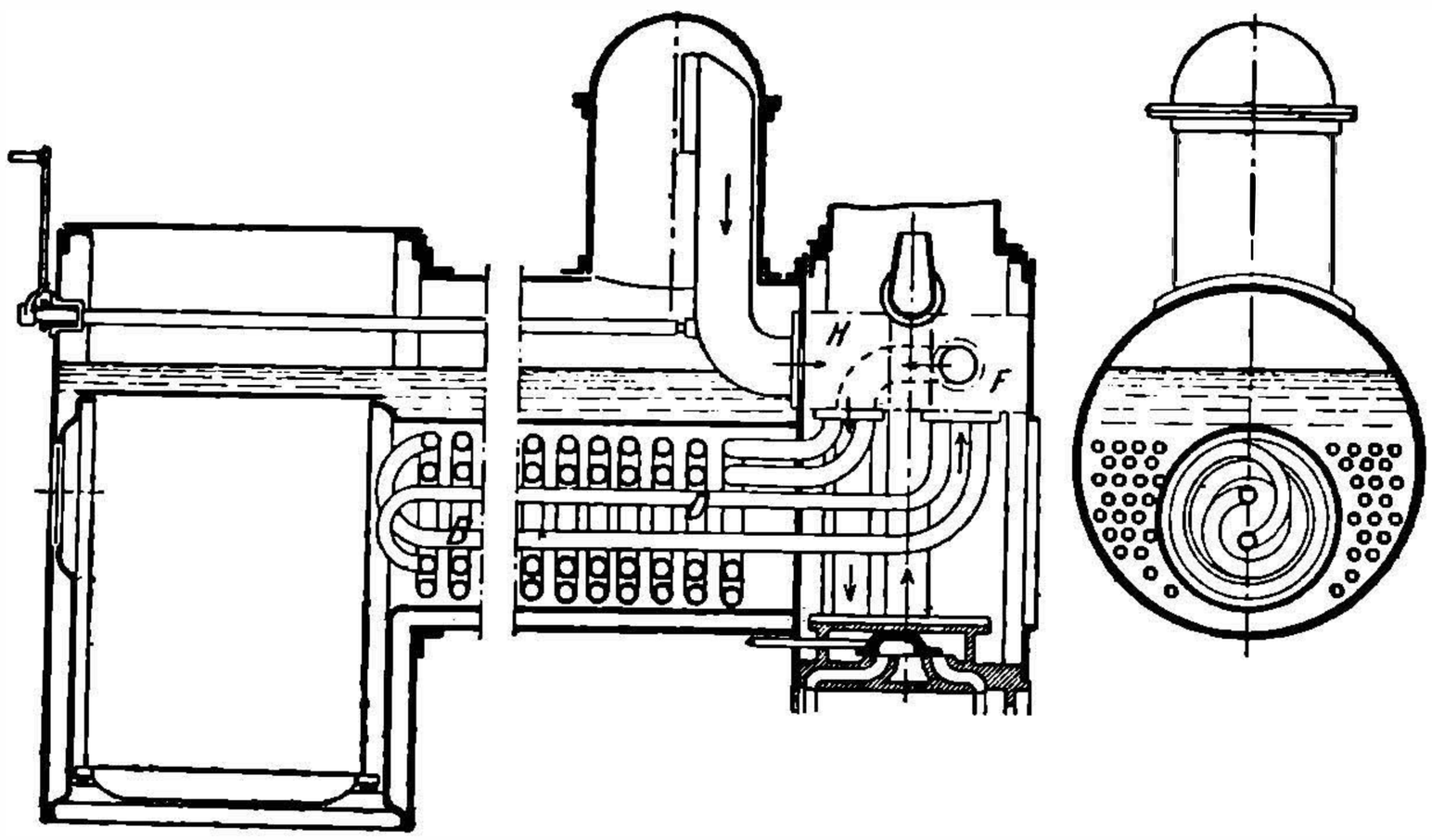
Наконец в 1873 г. Виллиам Хацен (W. Hudson) взял американский патент на ресиверный перегреватель для машин компаунд (фиг. 356).

Мы видим, что все основные формы современных перегревателей, т. е. в дымовой коробке, в одной жаровой трубе или во многих жаровых трубах и в цилиндрической части котла, были изобретены еще до 1856 г., и с тех пор ничего нового (с точки зрения идеи) прибавлено не было. Шло только более совершенное конструирование деталей.



Фиг. 350

Но первое время перегрев пара давал ничтожные результаты по следующим причинам:



Фиг. 351

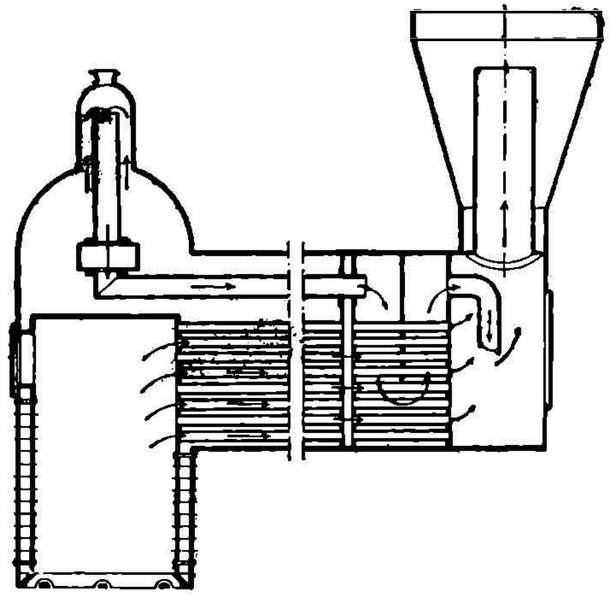
1) конструкция перегревателя и машины для высоких температур разработана не была;

2) не было смазочных масел с высокой температурой вспышки;

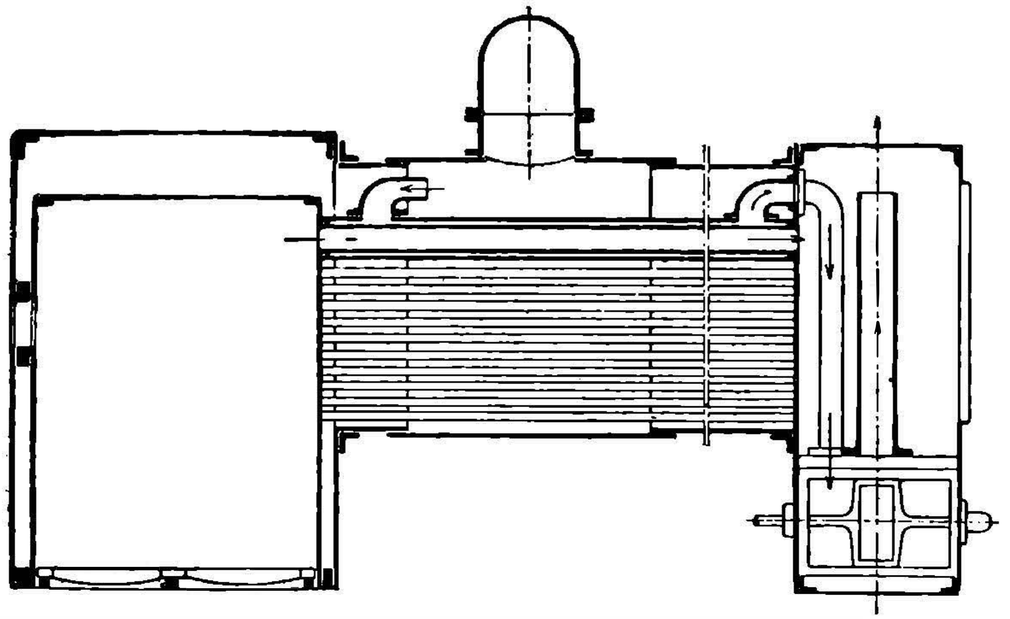
3) соотношение поверхностей перегревателя и котла было недостаточно.

Кроме того, в 70-х годах появился на сцену принцип компаунд, давший невиданную экономию, особенно при применении пара высокого давления, сравнительно с которой экономия, даваемая тогда пе-

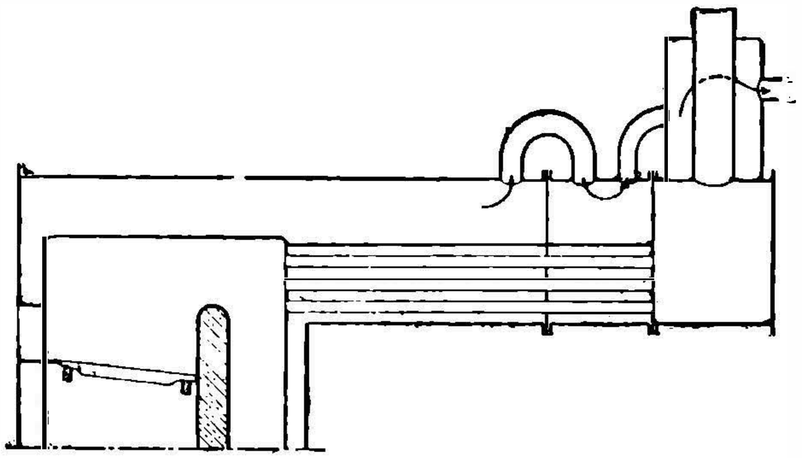
НБ УГМТ (ДГТ)



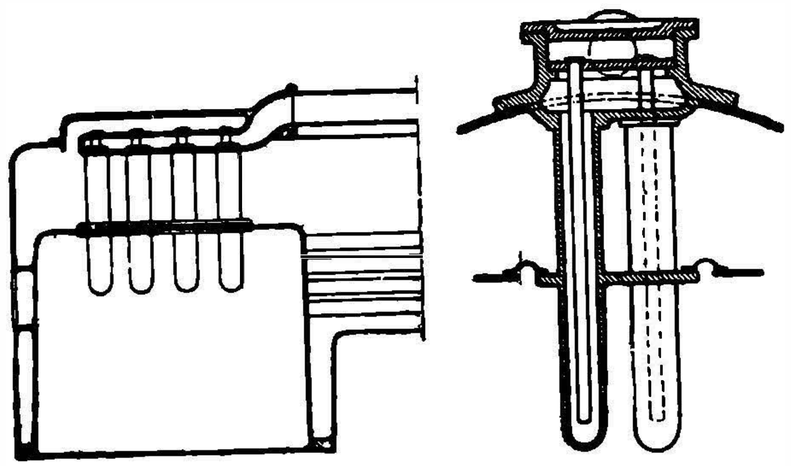
Фиг. 352



Фиг. 353



Фиг. 354



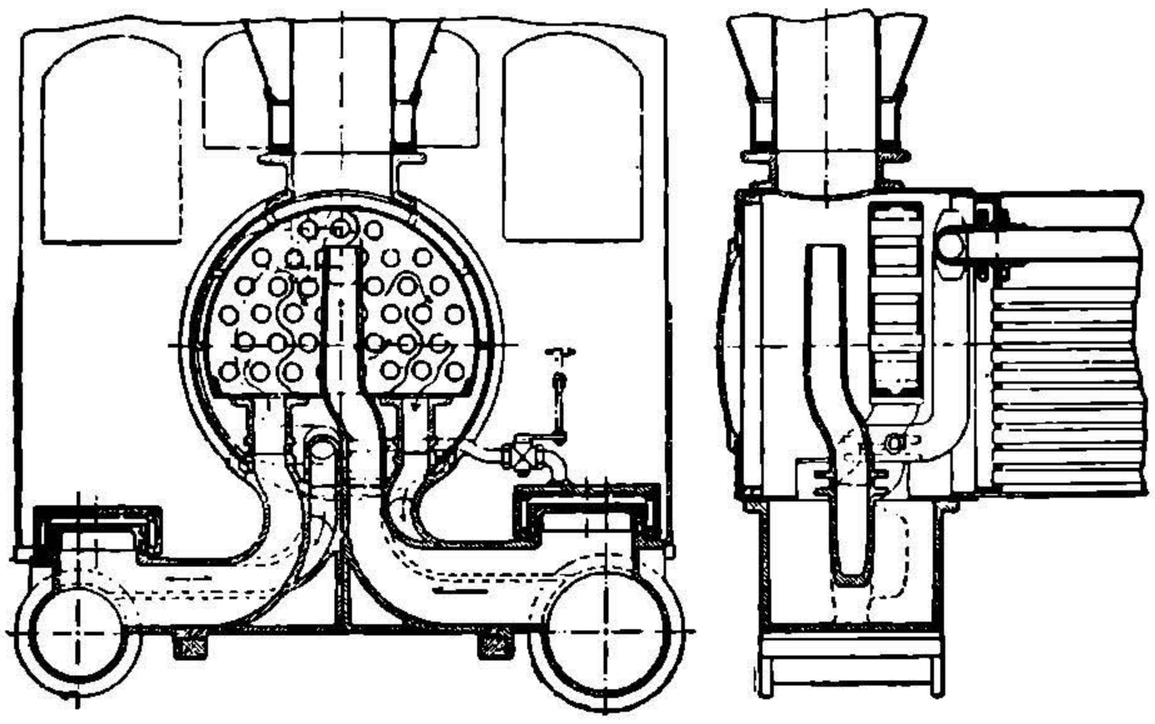
Фиг. 355

НБ УДУНТ (ДПТ)

регревателями, была ничтожна. Поэтому, несмотря на то что было построено несколько паровозов с перегревом пара, он был почти оставлен, и техническая мысль устремилась к разработке принципа компаунд, который и достиг в конце XIX в. высшего расцвета.

Только в конце 90-х годов, когда увлечение паровозами компаунд уменьшилось, идея перегрева пара снова возродилась благодаря В. Шмидту.

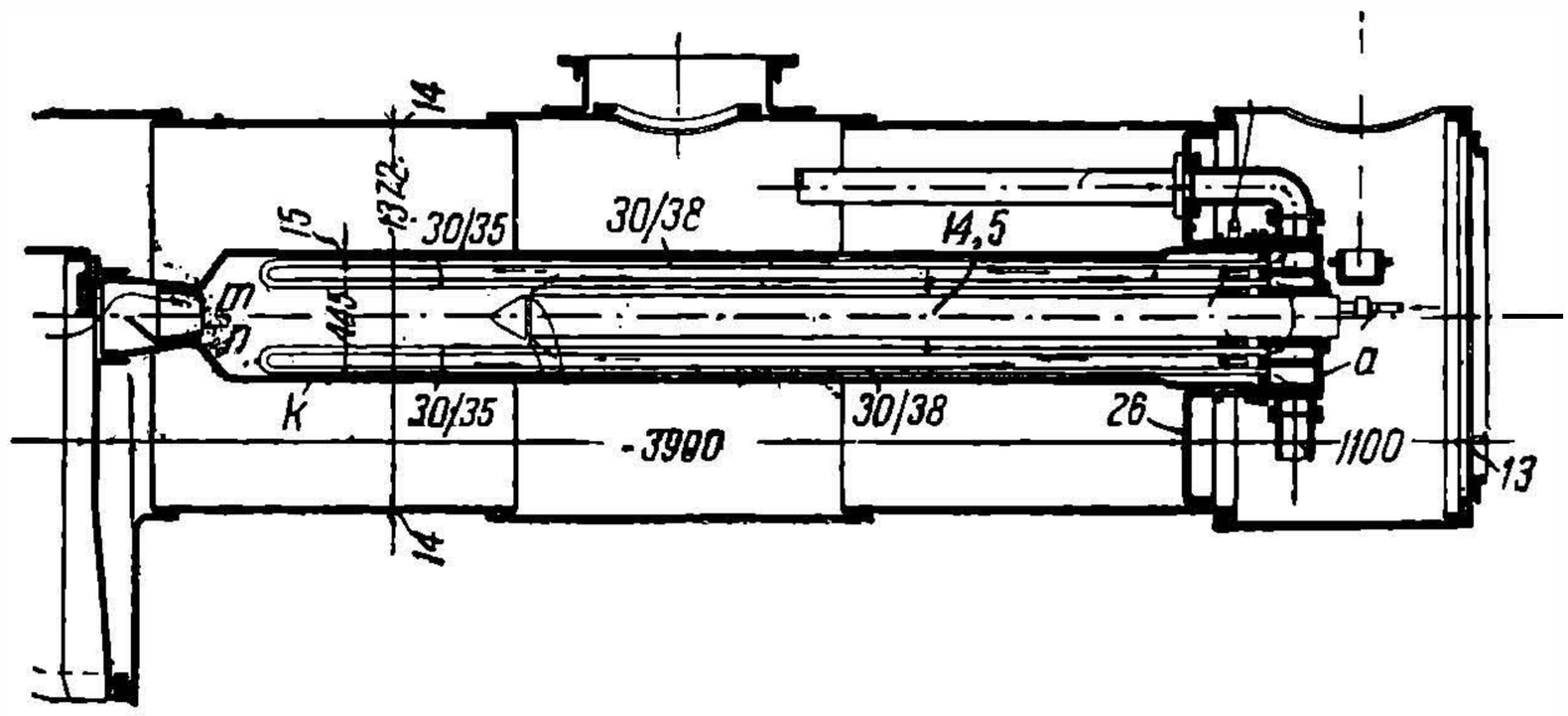
В 1896 г. Вильгельм Шмидт взял патент на перегреватель в одной жаровой трубе, представляющий переработку перегревателя Моншейля, изображенного на фиг. 346 и 347. Он известен под названием «перегревателя Шмидта первой системы» (фиг. 357).



Фиг. 356

Он был впервые поставлен на двух паровозах 2—2—0 заводами «Вулкан» в Штеттине и Геншеля в Касселе в 1898 г. и хотя дал перегрев до 325°, но конструктивно оказался весьма несовершенным и неудобным для эксплоатации (широкая жаровая труба), почему был оставлен.

Тогда В. Шмидт взялся за конструктивную разработку перегревателя по типу Хоутзорна в дымовой коробке и в 1899 г. получил патент на так называемый «перегреватель В. Шмидта второй системы» (фиг. 358), который также оказался весьма неудачным в эксплоатации. Поставлен был на нескольких паровозах в разных странах и на паровозе Борзига 2—2—0 для всемирной выставки в Париже в 1900 г.



Фиг. 357

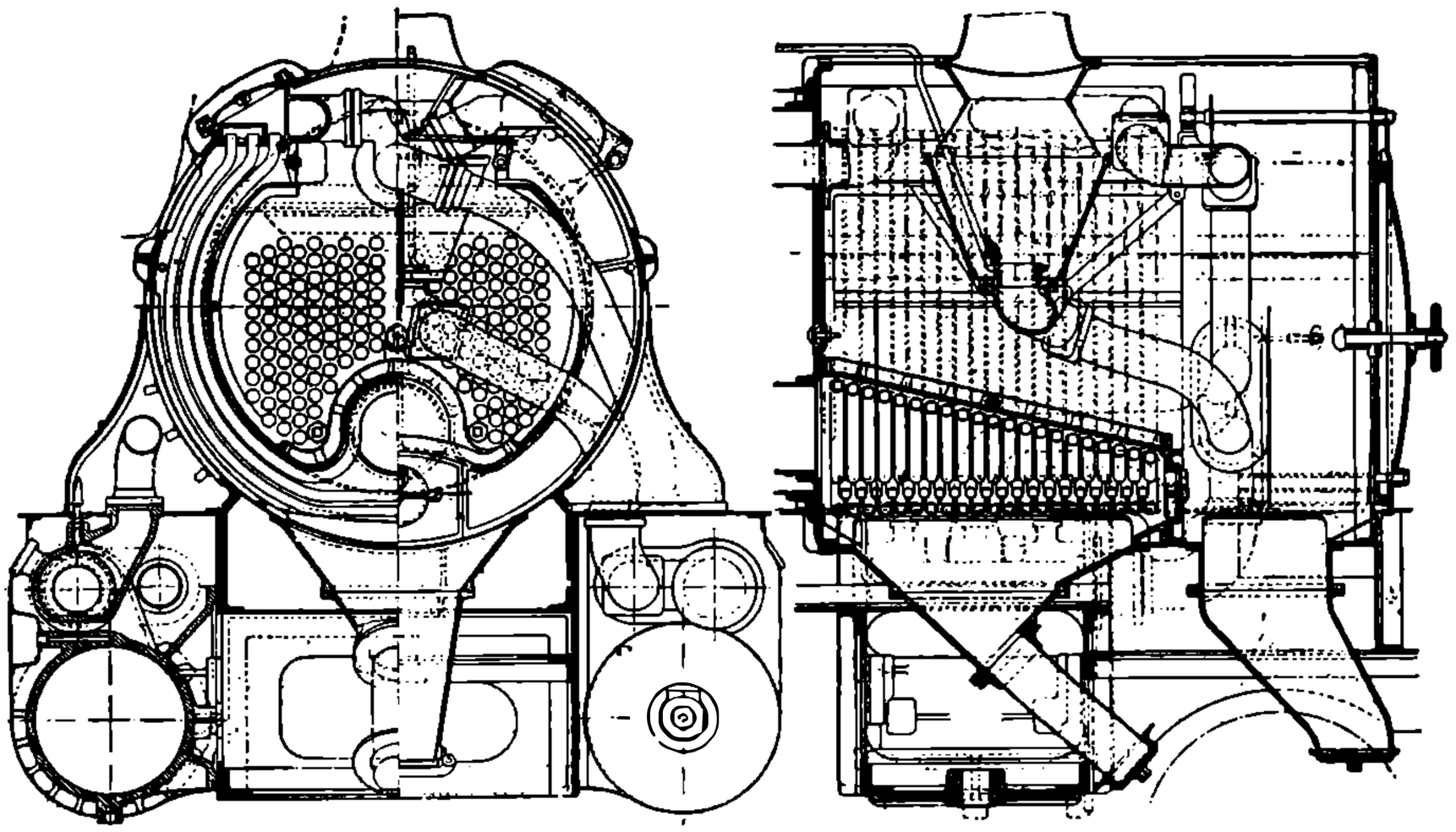
Наконец, В. Шмидт перешел к жаротрубным перегревателям по принципу Моншейля (фиг. 349) и создал первую в мире действительно жизненную конструкцию, называемую «перегревателем В. Шмидта третьей системы» (патент 1900 г.). Собственно этим перегревателем вопрос о применении перегрева к паровозам был окончательно разре-

УДУНТ (ДШТ)

шен, и перегреватель Шмидта третьей системы, создав эпоху в паровозостроении, поставлен в настоящее время на десятках тысяч паровозов всего мира.

Как видим, этот перегреватель Шмидта представляет точную копию второго перегревателя Моншейля, и сущность его изобретения заключается в применении железа (а не чугуна) как строительного материала и в лучшем конструировании частей перегревателя и машины.

После разрешения вопроса о практическом перегреве появились десятки систем перегревателей. Все они представляли только конструктивные видоизменения упомянутых основных типов, например:



Фиг. 358

1. На основе идеи Грайфорда были взяты патенты на перегреватели Кленча, Лопушинского и др., но затем они, как оказавшиеся неудобными в эксплоатационном отношении и дававшие умеренный перегрев, были оставлены, так же, как и Слуцкого — Пилока в цилиндрической части котла («камерные»).

2. Перегреватели в дымовой коробке дают также умеренный перегрев и употребляются только для ресиверного перегрева в паровозах компаунд.

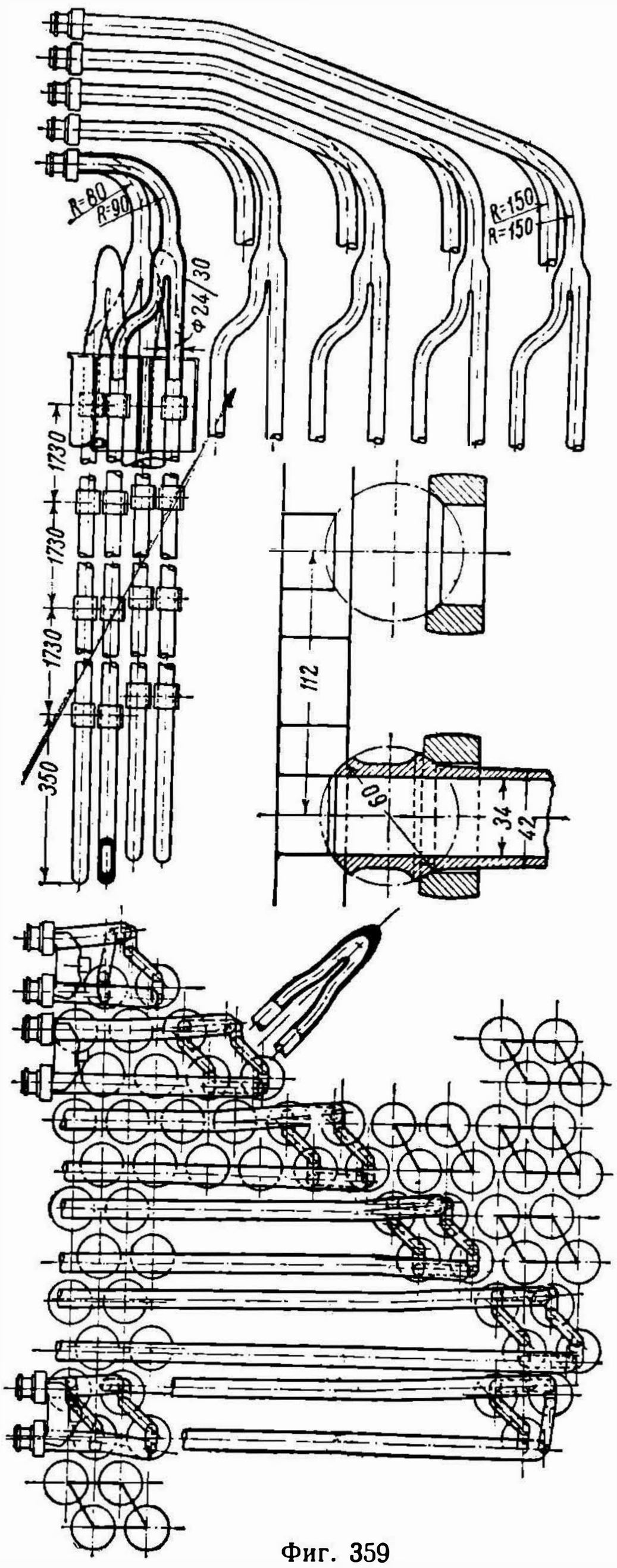
3. Очень большое число жаротрубных перегревателей вариируют идеи Моншейля и Мак-Коннела (по патенту 1859 г.) и являются в настоящее время почти единственно применимыми.

Надо отметить только единственное положительное течение последнего времени: раньше, опасаясь высокого перегрева (выше 350°), все перегреватели строили на умеренный перегрев, так как боялись вспышки смазки, коробления и пр. Опыт показал, что эти опасения были преувеличены, и в настоящее время перешли к высокоперегретому пару, доходящему до 400° и выше; поэтому теперь начали строить и соответствующие перегреватели. Идея их та же («жаротрубные»), но для получения более высокого перегрева берется другое соотношение поверхностей и большее число более мелких трубок в элементах.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Образцом таковых может служить перегреватель Чусова, который с 1923 г. получил у нас преимущественное распространение.

Из новейших систем отметим применение мелкотрубных перегревателей, причем в каждой жаровой трубе небольшого диаметра помещается только одно колено элемента. Из них получил значительное распространение в С. Америке перегреватель Элексо, поставленный и на наших новых паровозах 1—5—2 $Т^{А}$, 1—5—1 $Т^{Б}$, 1—5—1 ФД и 1—4—2 ИС (фиг. 359).



Фиг. 359

При переходе на высокие давления пара поднимается вопрос и о более высоком его перегреве, так как достигаемый перегрев в жаротрубных перегревателях (порядка 360—380°) считается уже недостаточным. Основным недостатком жаротрубных перегревателей является наличие одновременно испарительного процесса через жаровые трубы и перегревательного, т. е. на перегрев тратится только часть тепла, отводимого в жаровые трубы, что влияет на степень перегрева пара. Кроме того, элементы перегревателя недоступны для осмотра и ремонта. Поэтому неоднократно поднимался вопрос о помещении перегревателя вне котла. Идея эта впервые была предложена Монейлом еще в 1849 г. (фиг. 345), Шпильманом и Вилькоксом в 1859 г., Гиторфом в 1869 г. и др., которыми конструкция внекотлового перегревателя была вполне разработана.

У нас впервые подобный котел был разработан Покржевницким в 1916 г. и поставлен на паровозе 0—4—0 Привислянской ж. д., а затем — Пириным и поставлен на опытном паровозе 1—5—0 в 1934 г. При опытах перегрев доходил до 420° при возможности широкого регулирования независимо от форсировки котла, но конструкция сложна и требует переработки, сама же идея вполне целесообразна.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Однако высокие форсировки современных паровозов позволяют достигнуть высокого перегрева и в перегревателях обыкновенного широкотрубного типа, не меняя конструкции котла. Такова предложенная Институтом тяги НКПС конструкция широкотрубного перегревателя системы Чусова с увеличенными диаметрами жаровых труб и перегревательных. По опытам — перегрев в них достигает также 420°, что пока считается вполне достаточным.

Глава третья

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ИДЕАЛЬНОГО К. П. Д.

§ 40. ПРИМЕНЕНИЕ ПАРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ПЫЛЕВИДНОГО ТОПЛИВА И КОНДЕНСАЦИИ МЯТОГО ПАРА

Одной из главнейших современных проблем является вопрос о повышении давления пара, как могучего средства увеличить мощность и экономичность паровых двигателей. Эта проблема занимала технические умы и раньше и на протяжении всей истории паротехники мы видим стремление к непрерывному повышению давления.

Хотя в 1829 г., объявляя конкурс, управление ж. д. Ливерпуль — Манчестер поставило условием, чтобы давление пара было не выше 50 ф/кв. дм., т. е. не выше 4 *ат*, но уже и в то время выгода высоких давлений была ясна, и Перкинс в 1827 г. выступил с котлом на 50 *ат*, а в 1830 г. в Германии Альбан построил котел на 45 *ат*, состоящий из змеевика небольшого сечения. Но эти попытки успеха не имели, так как использовать такое высокое давление по состоянию техники в то время не представлялось возможным.

Вопрос снова возник только через 50 лет, когда в Германии в 1886 г. появился стационарный котел Шмидта на 60 ат, в 1890 г.— Бома и Фосса на 120 *ат* и в 1897 г. — Лаваля на 120 *ат* в Швеции.

Во Франции в 1888 г. Серполе поставил котел на 70 *ат* на небольшом паровозе, причем трубы в нем для уменьшения отношения их сечения к их поверхности были сплющены.

В 1911 г. инж. В. Шмидт построил вертикальный водотрубный котел на 60 *ат*.

После войны этим вопросом начали усиленно заниматься в Германии, и доклад инж. Гартмана в 1921 г. в Обществе немецких инженеров привлек всеобщее внимание, и по вопросу о высоком давлении в январе 1924 г. в Берлине был специальный съезд.

Но первое время стационарные установки в Германии были с давлением не выше 30—35 *ат*, и только завод Борзига установил агрегат в 1923 г. на 60 *ат* (из вертикального водотрубного котла и паровой машины).

В Швеции в Готенборге сахарорафинадный завод установил в 1921 г. котел системы Атмос на 60 *ат* и в 1923 г. второй котел на 100 *ат*.

В Бельгии в 1923 г. установлен турбогенератор с котлом Бабкок-Вилькокс на 50 *ат* и в С. Америке в Чикаго и Бостоне Общество Эдисона поставило в 1923 г. по такому же котлу на 84 *ат*.

Наконец, в Англии в 1923 г. был установлен небольшой опытный котел Бенсона на 224 *ат*.

Эти установки позволили вывести практические заключения, указавшие, что при современном состоянии техники есть полная возможность строить безопасные котлы с давлением до 100 *ат* и выше и что

НБ УДУНТ (ДІІТ)

техника получает могучее оружие к повышению экономичности и к. п. д. паровых машин, которые могут при этом выдержать свободно конкуренцию с двигателями внутреннего сгорания, так как при давлении в 35—40 *ат* паровые двигатели будут экономичнее дизелей.

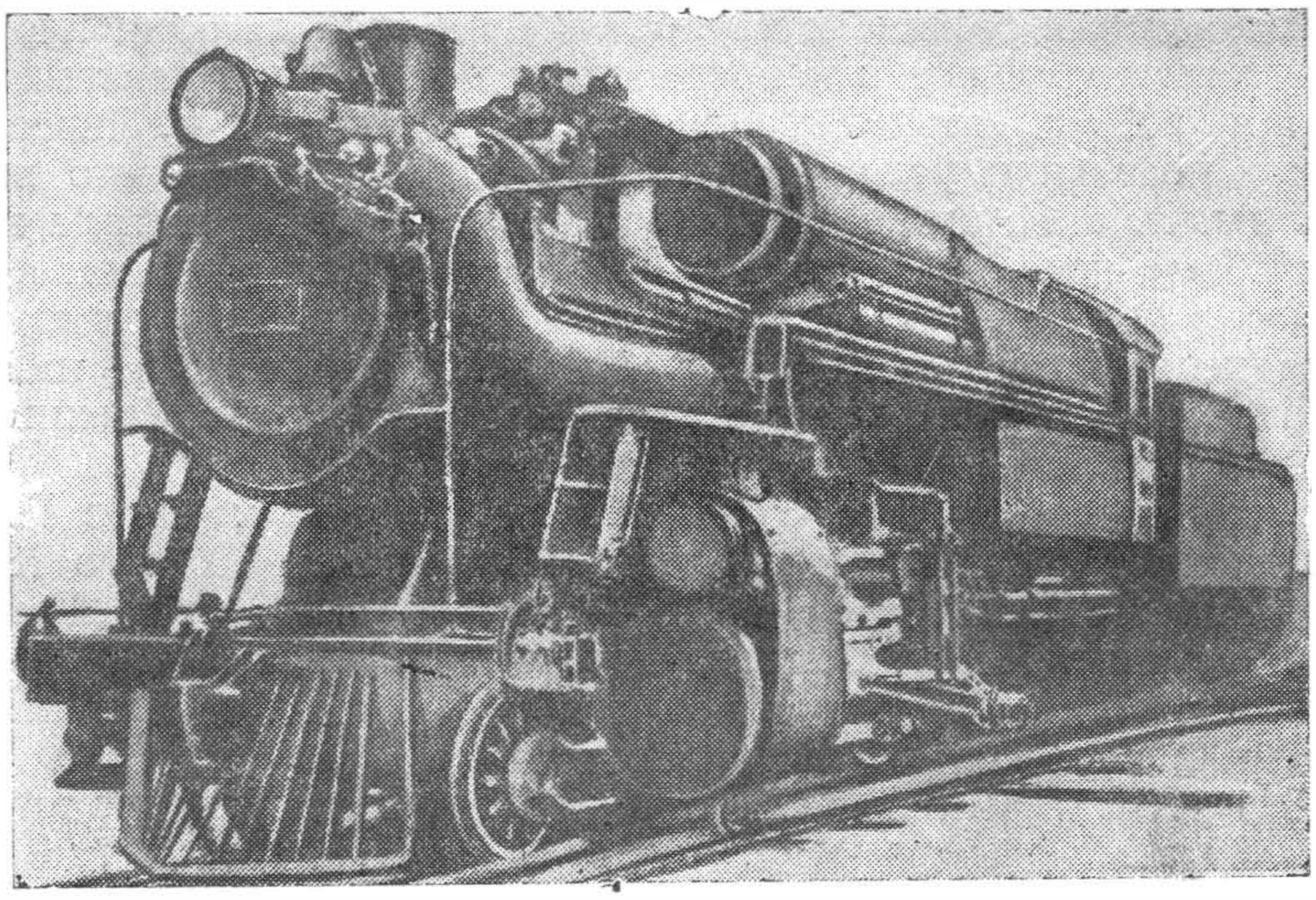
Появился ряд паровых установок разных систем — Леффлера, Атмоса, Бенсона и др., и, естественно, начали строить опытные паровозы высокого давления.

Здесь в настоящее время имеется несколько течений:

1) применять пар повышенного давления (до 25 *ат*) с сохранением паровозных котлов стефенсоновского типа, но употребляя материалы специального качества;

2) применять пар средних давлений (до 60 *ат*) с водотрубными котлами;

3) при паре же высокого давления (выше 60 *ат*) уже строить паровозы со специальными котлами и рабочими циклами (см. Н. И. Карташов, ч. II. Курс паровозов).



Фиг 360

I. Повышенное давление. В США эта проблема разрабатывается очень медленно, и, повидимому, повышение давления будет происходить постепенно. По заявлению Р. Хона в 1927 г. в США имелось 1000 паровозов с давлением 17,6 *ат*. До 1927 г. вообще в США полагали, что практически давление 17,6 *ат* является предельным в котлах с радиальными связями, но в 1928 г. ж. д. Делавар — Хацен построила два котла с радиальными связями на давление 19 и 21 *ат* (1—4—0 двухцилиндровый, компаунд — фиг. 360), и намечалась постройка третьего на давление 26 *ат*. Одновременно ж. д. Санта-Фэ строила котлы с радиальными связями на 19 *ат*.

Примеров применения в Европе давления до 17—18 *ат* много. Между прочим, в 1931—1932 гг. заводом Геншеля в Касселе были построены два опытных паровоза типа 1—5—0 с 4 цилиндрами компаунд с давлением пара на 25 *ат* при обыкновенном котле стефенсоновского типа. Несмотря на принятые меры по отношению к конструкции топки и связей и выбора возможно более мягкого мате-

НВ УДУНТ (ДИТ)

риала, — все опытные паровозы при тяжелых условиях пробной эксплоатации (большого веса поезда и скорости до 80 *км/час)* дали неплотности в огневых коробках. Поэтому поднят вопрос о возможности применения вообще котлов стефенсоновского типа при давлениях 25 *ат* и об установлении для них высшего предела давления. Повидимому, этот предел будет около 22—23 *ат*, да и то при применении высококачественной стали (лучшей оказалась никелевая, с прибавкой до 3% Ni), при тщательно обдуманной конструкции и рациональной эксплоатации. При более высоких давлениях приходится прибегать к котлам особых конструкций.

II. Водотрубные котлы для пара среднего давления применялись неоднократно. В США ведущая роль в этом отношении принадлежит ж. д. Делавар — Хацен: в 1922 г. ею был построен паровоз «Горацио Аллен» с водотрубной топкой и с давлением пара 24,5 *ат*, затем в 1927 г. — «Джон Джервис» с давлением 28 *ат* и в 1930 г. —«Джон Аршибальд» с давлением 30 *ат;* все — товарные типа 1—4—0.

Все эти паровозы прошли испытания и находятся в эксплоатации, давая до 20—30% экономии топлива и воды, сравнительно с малоэкономичными обыкновенными паровозами американского парка. Несмотря на то что результаты получены вполне благоприятные, промышленный кризис приостановил дальнейшую постройку подобных паровозов и опыты с разработкой этой проблемы.

В настоящее время в США есть тенденция не превышать давлений в 28 *ат*, причем перегрев должен повышаться примерно до 430°, что может дать очень существенную экономию.

В 1927 г. завод Балдвина построил паровоз типа 2—5—1 с давлением 25 *ат*, трехцилиндровый компаунд, водотрубный.

В Европе пар средних давлений широко применяется в Германии. В 1927 г. завод Винтертур в Швейцарии построил паровоз типа 1—3—1 на 60 *ат* с чисто водотрубным котлом, имеющий многие особенности, например трехцилиндровую машину клапанного парораспределения. Паровоз дал 30,5% экономии угля сравнительно с паровозом в 12 *ат*.

В 1930 г. заводом Ганомаг был построен после пятилетней работы паровоз с водотрубным котлом на 40 *ат*.

В Англии в 1924 г. был построен четырехцилиндровый паровоз компаунд на 31,5 *ат* типа 2—3—2 по проекту Троссли заводом Ярроу с котлом системы завода. Паровоз был снабжен воздухоподогревом и имел много весьма оригинальных и продуманных деталей.

III. Паровозов высокого давления было пока построено ограниченное число.

Первый трехцилиндровый паровоз 2—3—0 с котлом двойного давления в 60 и 14 *ат* был построен в 1925 г. заводом Геншеля по проекту Гартмана (был на выставке в Мюнхене). Топочная часть его давала пар давлением в 60 *ат* для внутреннего цилиндра, а цилиндрическая часть давала пар давлением 14 *ат* для внешних цилиндров.

В настоящее время вопрос находится в стадии дальнейшей разработки, и в разных странах построен ряд опытных паровозов разных систем, например в Германии построен заводом Шварцкопфа паровоз типа 2—3—1 с трехцилиндровой машиной по проекту Леффлера с котлом его системы в 2 500 *л. с.* на 120 *ат* с перегревом 500° На заводе Маффей строится паровоз с котлом системы Бенсона и др.

В СССР паровозы высокого давления еще не строились (так же, как и среднего). В 1929 г. Коломенским и Харьковским заводами бы-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ли составлены эскизные проекты паровозов типа 1—5—0 на 100 *ат*, но осуществлены не были.

Затем в 1931 г. этим вопросом стал заниматься научно-исследовательский сектор ЛЭМИИТ под руководством проф. С. И. Кузьмина и в 1932 г. было создано специальное конструкторское бюро под названием «Бюро мощных паровозов», которое в настоящее время спроектировало паровоз 1—4—2, двухцилиндровый компаунд с давлением 60 *ат*. Этот проект рассматривался комиссией специалистов, и пленумом ЦКРТ было вынесено постановление о постройке опытного котла этого паровоза с целью его испытания в стационарных условиях, после чего будет построен паровоз в целом.

В настоящее время рабочие чертежи котла высокого давления этого паровоза разработаны ЦККБ Главэнергопрома, а чертежи арматуры, трубопроводов и котла низкого давления — бюро мощных паровозов НИС ЛИИЖТ. Постройка котла была включена в программу Невского завода им. Ленина в Ленинграде.

Так как котлы высокого давления очень чувствительны к колебаниям интенсивности отопления, то топки также должны обладать большой гибкостью и легкостью регулирования, чему вполне удовлетворяет сжигание топлива в порошкообразном виде. Этот способ кроме того, позволяет сжигать угли низких сортов с весьма высоким эффектом, почему на порошкообразное отопление обращается последнее время весьма большое внимание.

Такое отопление также не ново и впервые было предложно Крамптоном (Crempton) в Англии и Шервудом (Scherwood) в Америке еще в 1868 г., но, ввиду низкой тогда цены на уголь и отсутствия надлежащих аппаратов, эти попытки, как не основанные на экономическом интересе, не получили практического осуществления.

Через 20 лет в Америке снова занялись этим вопросом и достигли весьма удовлетворительных результатов, но отопление пылью стало особенно быстро развиваться в Америке с 1895 г. на стационарных установках цементных заводов. Затем пылевидное топливо распространилось и в других странах; теперь таких установок имеются целые десятки, и вопрос считается разработанным во всех деталях.

Попытка применить угольную пыль для отопления паровозов впервые была сделана в США в 1900 г., но вследствие несовершенства приборов и оборудования результаты были неудовлетворительны. Тем не менее этим вопросом продолжали заниматься и в 1914 г. ж. д. New-York Central был передан в эксплоатацию первый опытный паровоз с пылеугольным отоплением.

В 1917 г. на дорогах США работали четыре опытных паровоза, однако в связи с требованием военного ведомства о свободной переброске паровозов с дороги на дорогу все опытные паровозы были вскоре переделаны на обычное отопление.

По окончании империалистической войны интерес к пылеугольному отоплению исчез, так как к этому времени в США широко распространилось стоккерное отопление, которое оказалось проще пылеугольного и для применяемых в США углей экономически вполне выгодным. Дальнейшие опыты в США были возобновлены только в 1925 г., когда на ж. д. Kansas — City Southern был оборудован пылеугольной топкой один паровоз системы Маллета, причем было сделано важное нововведение: на тендере была поставлена самостоятельная мельничная установка.

В 1929 г. этой же дорогой был оборудован второй паровоз также с пылеприготовлением на тендере.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Результаты испытаний доказали полную целесообразность этого рода утилизации угольных отбросов и плохих сортов угля и этим открылась новая эра в ж.-д. деле. Особенно это касается стран, бедных углем или имеющих угли очень низких сортов и употреблявших до сих пор угли привозные (Бразилия, Италия, Швейцария, Швеция, Япония и др.). Очень остро этот вопрос стоял в Бразилии, которая обслуживалась привозным углем. На основании опытов с порошкообразным местным лигнитом и курным углем даже считают, что «проблема национального топлива для Бразилии решена» и в 1917 г. заказано было, кроме имевшихся, еще 250 паровозов для этого топлива.

Во время войны 1914—1918 гг. в Швеции 17 паровозов были переведены на отопление торфяною пылью.

Наиболее серьезно изучение сжигания угольной пыли на паровозах было поставлено в Германии в связи с потерей ею областей, богатых каменным углем. Для этой цели в 1923 г. там было образовано специальное общество, в которое вошел ряд крупных паровозостроительных фирм и угольных синдикатов — Kohlenstaubfeuerung A. G. (K. A. G.) и, кроме того, независимо от него этим же вопросом занялась фирма Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft (A. E. G.).

A. E. G. имеет в своем распоряжении товарный паровоз серии 0—4—0 G_8; к его оборудованию фирма приступила в 1924 г. Конструкция топки была дважды переделана, и опыты, законченные к 1928 г., дали вполне удовлетворительные результаты, причем бурые угли сжигали с высоким к. п. д.

K. A. G. имеет в своем распоряжении паровоз 1—5—0 G_{12}, причем найдено, что все капиталовложения в оборудование линии и приспособление паровозов окупаются в два года и дальше получается значительная экономия топлива (до 20 000 марок в год на паровоз).

Оба указанных предприятия добились значительных успехов, и в Германии в настоящее время уже несколько лет вполне нормально работают 10 паровозов на пылеугольном отоплении. Таким образом можно считать, что этот вопрос окончательно разрешен.

В СССР вопросами пылеугольного отопления начали заниматься еще с 1917 г., но первый паровоз удалось оборудовать только в 1920 г. Испытания его производились до 1925 г. и окончились неудачно, причем основной причиной неудачи являлся занос труб шлаками и, как следствие этого, прекращение горения. По той же причине были не вполне удовлетворительны опыты в 1930 г. ИРТ НКПС на паровозе серии Э в депо Люблино.

Опыты были возобновлены в 1934 г. на паровозе серии ЭУ 701-80 и дали значительно лучшие результаты: опыты показали весьма высокую экономичность этого вида отопления. На основании результатов этих опытов Луганским заводом в настоящее время построен по проекту Локомотивпроекта первый паровоз серии ФД с пылевидным отоплением, опыты с которым дали большой экономический эффект.

В непосредственной связи с повышением к. п. д. паровозов находится проблема конденсации мятого пара, разрешенная практически для стационарных установок в самом начале развития паровых машин еще Уаттом.

Применение конденсации мятого пара в паровозах затруднялось многими обстоятельствами: недостатком места, увеличенным расходом воды и усложнением паровоза, влекущим его удорожание и повышение ремонта. Тем не менее экономические соображения настоящего времени заставляют обратить внимание и на этот вопрос, важность которого бесспорна.

ВГУ УДУНТ (ДИТ)

В паровозах конденсация мятого пара влечет за собой переход на механическую (вентиляторную) тягу воздуха и за недостатком места — помещение конденсатора на тендере (который тогда приобретает название к о н д е н с а ц и о н н о г о), причем в настоящее время пар охлаждается почти всегда наружным воздухом (см. III ч. Курса паровозов, § 65). Последнее время этот вопрос довольно энергично разрабатывался заводом Геншеля в Касселе в 1930 г., и для Аргентинских ж. д. в 1932 г. были построены подобные тендера. Есть проект такого тендера и наших инженеров Сластенина и Трофимова.

В 1935 г. закончено испытание паровоза с конденсацией пара серии $Э^{г}_{к}$ 5224 на Среднеазиатской ж. д. Весь пар направлялся в тендер, где конденсировался в воздушных радиаторах, а конденсат насосами перекачивался обратно в котел. В условиях работы на Среднеазиатской ж. д. в безводных местностях это имело особо важное значение и паровоз совершал пробег 800 *км* б е з н а б о р а в о д ы. Мощность котла увеличилась на 25%; вследствие улучшения рабочего процесса топки и уменьшения уноса экономия топлива — 10% (равномерность вентиляторной тяги).

Получение благоприятных результатов заставило на паровозы с конденсацией пара обратить особенное внимание. В нашей стране имеются огромные районы с вечной мерзлотой или безводными пустынями, обслуживать которые обыкновенными паровозами весьма затруднительно, устройство же водоснабжения требует колоссальных капиталовложений, которые можно значительно сократить, введя в эксплоатацию паровозы с конденсацией пара, так как они могут проходить без набора воды до 1000 *км*.

На Декабрьском пленуме ЦК ВКП(б) в 1935 г. тов. Л. М. Каганович сказал:

«Впервые в 1936 г. на ж.-д. транспорте получит распространение новый тип паровоза — с конденсацией пара, т. е. использующего отработанный пар путем превращения его в воду. Этот паровоз совершит целую революцию в паровозном хозяйстве. Он расходует в 20—25 раз меньше воды, чем обычный паровоз, и проходит до 1000 *км* без набора воды. Для наших безводных местностей — Средней Азии, Сибири или Дальнего Востока, где с водоснабжением дело обстоит плохо, такой паровоз сыграет огромную реконструктивную роль. Железнодорожный транспорт должен получить в 1936 г. 200 таких паровозов» [1].

В настоящее время для работы с конденсацией пара преимущественно приспособливаются паровозы серии СО, которые уже в большом числе поступают для эксплоатации.

В феврале 1937 г. был закончен пробег паровоза СО 17 635 с тендером-конденсатором по маршруту Москва — Владивосток — Москва. Паровоз прошел расстояние в 20 860 *км* со средней технической скоростью 40 *км/час*, развивая на отдельных участках 85 *км/час*. Пробег показал прекрасные эксплоатационные качества: паровоз работал безотказно и проходил до 1000 *км* без набора воды [2].

Современное состояние проблемы о повышении давления в котлах, — проблемы, имеющей исключительное значение при разрешении вопроса о пропускной способности железных дорог, следующее:

---

[1] Л. М. К а г а н о в и ч, Вопросы железнодорожного транспорта в связи со стахановским движением, Партиздат ЦК ВКП (б), стр. 41.

[2] Из рапорта участников пробега товарищам Сталину, Молотову, Кагановичу, Ворошилову, Орджоникидзе, «Известия ЦИК СССР и ВЦИК», 14 февраля 1937 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

1. Вообще имеется стремление к повышению давления пара, но в рамках обычных конструкций, освоенных производством, т. е. при котлах стефенсоновского типа с обыкновенными связевыми топками.

Давления свыше 15 и до 18 *ат* теперь уже можно считать «нормальными», например в США паровозов с давлением пара от 15,4 *ат* до 18 *ат* находится в эксплоатации более 2 700.

Более повышенное давление (18—20 *ат*) начинает также широко применяться и соответствующие паровозы строятся десятками (в США таковых более 150), но с давлением выше 20—25 *ат* паровозы уже единичны, например, в США таковых только два типа 1—5—2 (с давлением пара — 21 *ат*), в Германии в 1931—1932 гг. построены также два четырехцилиндровых паровоза с давлением пара 25 *ат* типа 1—5—0. Предпочтительный при этом котельный материал 2,5—3,0% никелевая сталь, вместо углеродистой.

Американские паровозы, сделавшие несколько сот тысяч *км* пробега, показали, что стефенсоновские котлы с давлением пара до 22 *ат* по расходам на ремонт почти не отличаются от рядовых паровозов, но рентабельность более высоких давлений при связевых топках подлежит сомнению и требует дальнейших испытаний.

2. Неплотность топок при 25 *ат*, естественно, привела к постановке на паровозах водотрубных топок, неоднократно применявшихся и раньше при котлах с обыкновенным давлением пара с целью избежать употребления связей, например в котлах Бротана, описанных ниже. Водотрубные топки недавно поставлены на паровозах типа 2—4—1 и 1—3—0 + 0—3—1 Baltimore — Ohio и Delaware — Hudson (системы Эмерсона), но обнаруженные дефекты и трудность уплотнения соединений лишают возможности считать эту топку вполне заменяющей обыкновенную связевую топку.

В 1935 г. ж. д. D. — H., применяя также водотрубные топки, построила скоростной паровоз типа 2—2—2 с давлением пара 24,5 *ат* и еще 4 паровоза с давлением 28,1 *ат* и 35 *ат*, из которых № 1403 типа 2—4—0 с давлением 35 *ат* тройного расширения с клапанным парораспределением системы Dabeg. Результаты эксплоатации оказались весьма высокими, и на паровозе № 1403 достигнут общий к. п. д. паровоза 12—13%.

Паровозы с более высоким давлением пара в последнее время не строились, необходимость же перехода при этом к двойному и даже тройному расширению пара способствовала бы очень сильному усложнению и утяжелению машины. Таким образом пока дело ограничивается американским методом постройки паровозов с давлением до 35 *ат* в рамках существующих конструкций со связевыми и изредка водотрубными топками.

В СССР разрабатываются проекты паровозов с давлением пара 35 и 60 *ат* типа 1—4—2, причем постройка последнего включена в программу завода им. Ленина в Ленинграде.

Совершенно новые перспективы открываются в связи с применением в паровозах прямоточных котлов. Идея прямоточных котлов не нова: еще до 1828 г. знаменитый Перкинс предложил получать пар высокого давления в змеевиках (без барабанов), но эта идея не получила широкого распространения благодаря низкому состоянию техники.

В настоящее время при широком применении электросварки, качественных сталей и пылевидного топлива, позволяющего регулировать отопление желаемым образом, оказалось возможным практически

НВ УДУНТ (ДИТ)

осуществить идею Перкинса для стационарных установок в целом ряде котлов систем Бенсона, Зульцера, Добла и в СССР Рамзина.

Прямоточные котлы представляют змеевиковую систему тонких труб, через которые принудительно прокачивается питательная вода. Последняя под действием температуры последовательно нагревается, испаряется и перегревается, образуя «прямой поток». Благодаря трубчатой конструкции и расположению змеевика в газовом потоке высокой температуры, можно получить пар исключительно высокого давления и перегрева при небольшом весе и габарите всей установки. Подобные прямоточные советские стационарные котлы начали устанавливать с 1932 г.

Ввиду указанных достоинств прямоточных котлов был поставлен вопрос о применении их в транспортном деле, при этом считали, что во избежание аварий необходимо, чтобы в прямоточные котлы не попадало масло из машин. Первыми агрегатами, воплотившими данную идею, были турбовозы. Применение поршневых машин считали недопустимым. Однако эти опасения оказались преувеличенными; скоро стало возможным значительное упрощение установки за счет применения обыкновенной поршневой машины при конденсации пара без вакуума, что, в свою очередь, позволяло использовать простые воздушные конденсаторы.

Коломенский завод им. Куйбышева приступил к проектированию подобных паровозов с работою по нескольким рабочим схемам.

§ 41. ТУРБОВОЗЫ

Для возможности повысить к. п. д. современных паровозов и сравнения их в смысле экономичности с машинами стационарных установок необходимо применить принцип конденсации отработанного пара и механической тяги воздуха.

Как сказано выше, этот вопрос в обыкновенных паровозах разрешается применением конденсационных тендеров и имеет главнейшим назначением — уменьшение расхода воды. С другой стороны, конденсация мятого пара требует применения цилиндров больших размеров для повышения степени расширения, которые не всегда могут поместиться в габарите, что ограничивает возможность ее применения.

Поэтому конденсационную установку на паровозе в настоящее время осуществляют одновременно с заменой поршневой машины турбиной, причем:

1) к. п. д. значительно повышается и расход угля падает:

2) конденсат — почти чистая дестиллированная вода — идет в котел; следовательно, получается замкнутый цикл, при этом накипь почти исчезает, и, таким образом, увеличивается срок службы котла и уменьшается его ремонт;

3) расход воды резко уменьшается;

4) перегрев пара может быть весьма повышен, так как нет трущихся частей, соприкасающихся с паром;

5) турбовоз лучше уравновешен и поэтому динамическое воздействие на путь уменьшается;

6) тяга воздуха происходит равномернее;

7) сила тяги при трогании с места и, вообще, при наибольших отсечках в турбинах больше, чем при поршневых машинах вследствие лучшего коэфициента сцепления, обусловленного наличием постоянного крутящего момента.

НБ УДУНТ (ДШТ)

Осуществление рационального турбовоза зависит от удачного решения вопроса о конденсаторах, которых предложено несколько конструкций:

а) с охлаждением непосредственно воздухом;

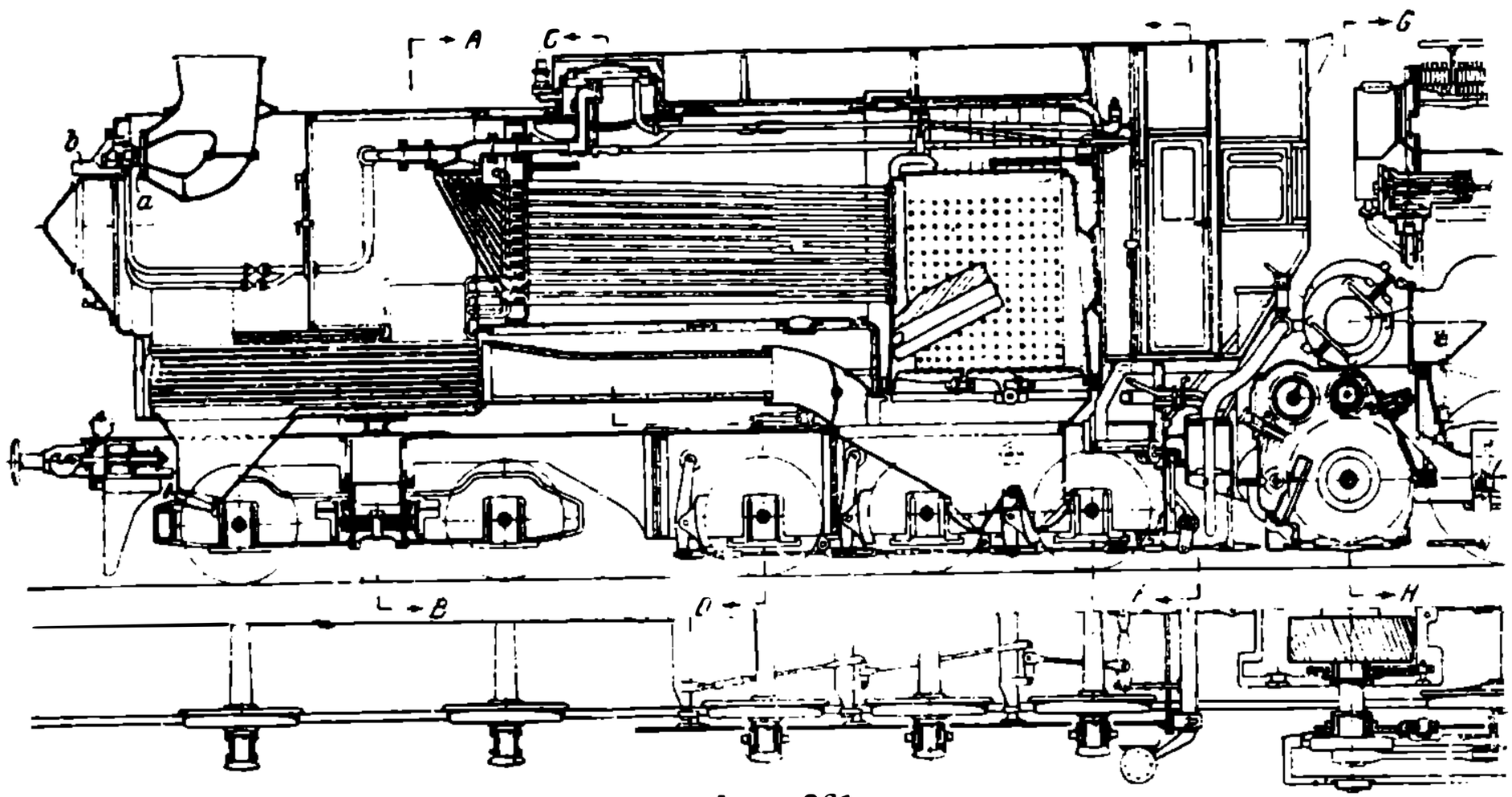
б) с охлаждением водой, причем для конденсации используется скрытая теплота испарения воды;

в) обыкновенные водяные конденсаторы.

Первый танк-турбовоз типа 0—2—0 был построен в 1908 г. в Италии по проекту проф. Беллуццо. Он не имел конденсации и потому по своей экономичности мало отличался от паровозов и после эксплоатации в течение нескольких лет был разобран.

В 1909 г. для Северо-Британской ж. д. был построен первый турбовоз с конденсацией по проекту инж. Рейда.

Затем вследствие мировой войны постройка турбовозов прекратилась и только в 1920 г. был построен фирмою Эшер-Висс в Винтертуре турбовоз, носящий название турбовоза «Целли» или «Швейцарского».



Фиг. 361

В течение последующих 10 лет до 1930 г. было в разных странах построено еще около 20 турбовозов разных систем. Большой вклад в область турбовозостроения внесли братья Юнгстрем, по проекту которых были построены: первый турбовоз в 1921 г. в Стокгольме, затем в 1923 г. два турбовоза (один на заводе Нидквист и Гольм в Швеции для шведских ж. д. и второй в 1925 г. для узкоколейной метровой колеи Аргентинских ж. д., оба мощностью по 1750 *л.* с.) и в 1925 г. курьерский турбовоз на заводе Байер—Пикок в Манчестере в Англии — мощностью 2000 *л.* с. Наконец, в 1927 г. завод Нидквист и Гольм построил еще один турбовоз для шведских ж. д. мощностью в 2000 *л.* с.

В Англии, кроме указанных, были построены турбовозы мощностью в 1000 *л.* с. по проекту Рамзея и Рейда и по проекту Рейда и Мак Леода.

В Германии за это время довольно энергично работали над разрешением этой проблемы и были построены: два турбовоза типа 2—3—1 с проектной мощностью 2 000 *л.* с. на заводах Круппа в Эссене в 1924 г. (называются турбовозами «Крупп-Целли») и на заводе Маффей в Мюн-

УГЛУНТ (ДІТ)

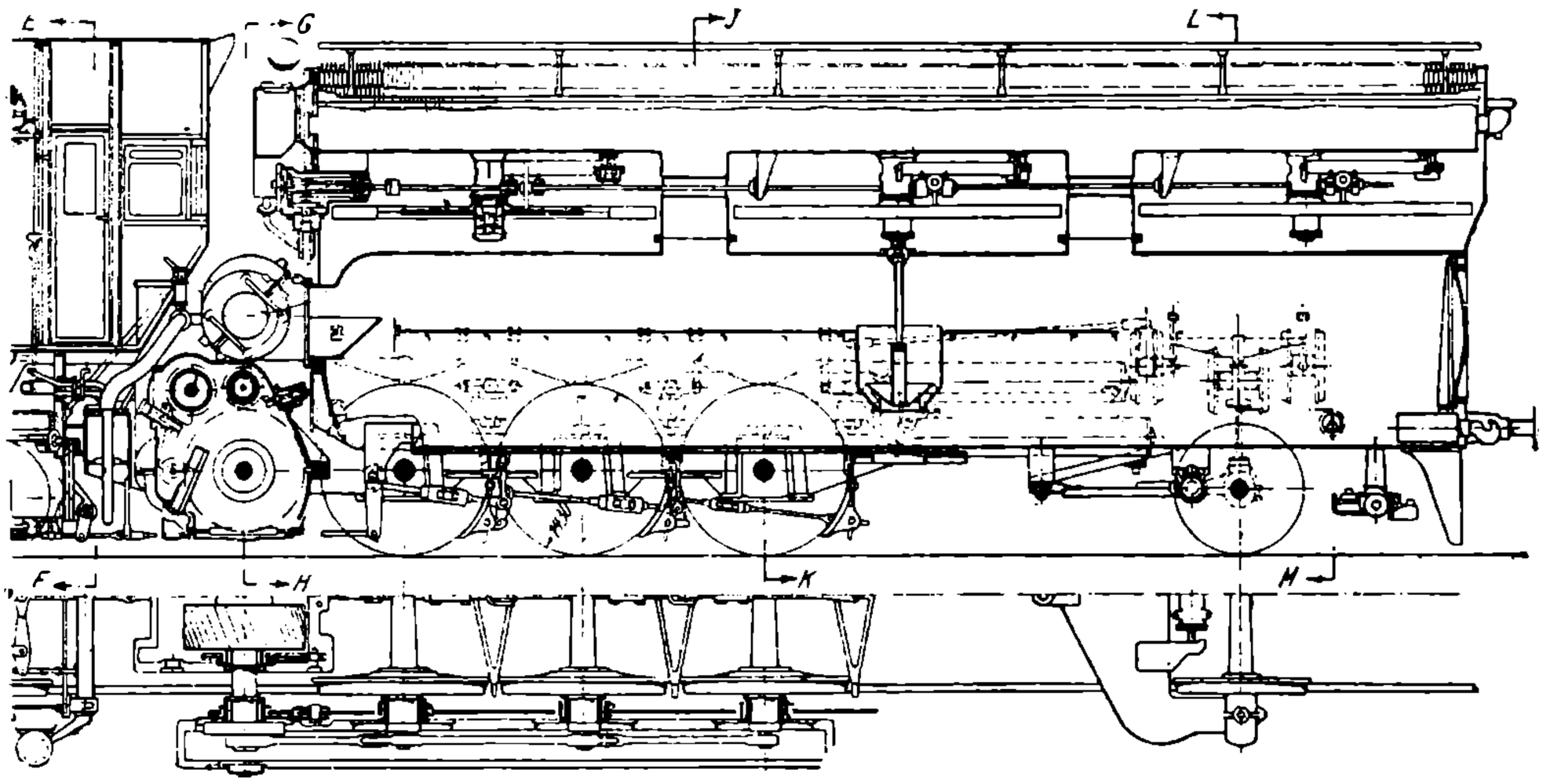
хене. Затем в это же время на заводе Геншеля в Касселе был построен танк-турбовоз типа 2—4—2 на 2000 *л. с.* и турботендер, т. е. тендер с установленной на нем турбиной в качестве компаундированного двигателя к паровозу с поршневой машиной.

В 1927—1928 гг. на заводах Круппа и Маффей приступили к постройке турбовозов с давлением в котлах 60 и 150 *ат*, но вследствие кризиса постройка была прекращена и начатые сборкой турбовозы были разобраны.

В США до сих пор турбовозостроением не занимались и дело ограничивалось только составлением проектов.

Приводим данные о некоторых из перечисленных турбовозов.

1. В 1921 г. был построен турбовоз Юнгстрема (Ljungström) в Стокгольме (фиг. 361 и 362). Экипаж локомотива служит только для поддержания котла, турбина же и конденсатор установлены на тендере, оси которого являются движущими. Котел — обыкновенного паро-



Фиг. 362

возного типа с давлением пара в 20 *ат*. Все дымогарные трубы снабжены перегревательными элементами. Внизу дымовой коробки трубчатый воздушный экономайзер, через который направляются все продукты сгорания, идущие затем в переднюю часть дымовой коробки, откуда высасываются дымососом, приводимым в движение небольшой турбинкой в 40 *л. с.* Воздух подогревается до 150°.

Турбина системы Кёртиса. Конденсатор — воздушный; воздух прогоняется через элементы конденсатора тремя вентиляторами, получающими движение от вала главной турбины при помощи фрикционной передачи. Внизу собирается конденсат. Элементы конденсатора состоят из пакетов плоских медных трубок, снабженных ребрами.

Главная турбина и воздушный конденсатор поставлены на тендере для того, чтобы устранить длинный гибкий паропровод между паровозом и тендером для мятого пара, который имеет огромный удельный объем, почему легче осуществить гибкий паропровод для свежего пара.

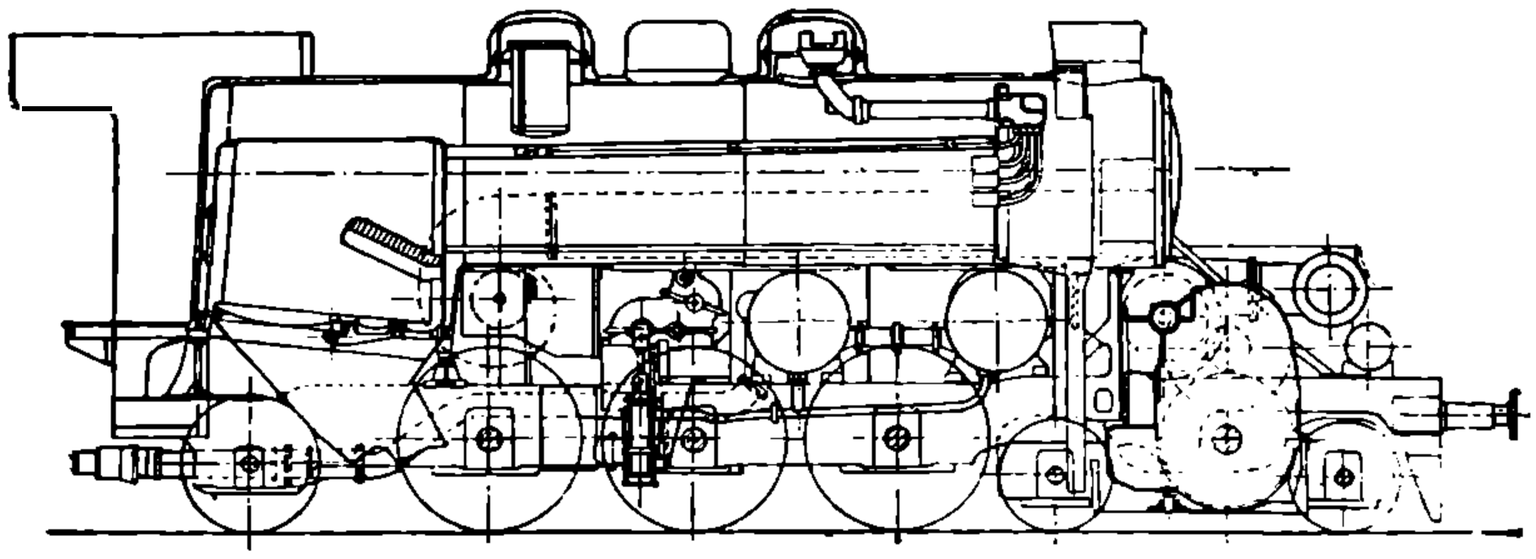
Первый турбовоз строился 4 года, причем каждая новая деталь предварительно испытывалась в лаборатории в виде модели или в на-

РГВ УДУНТ (ДИТ)

туре, построенный турбовоз был подвергнут детальному испытанию сначала на катковой станции, а потом в пути с динамометрическим вагоном.

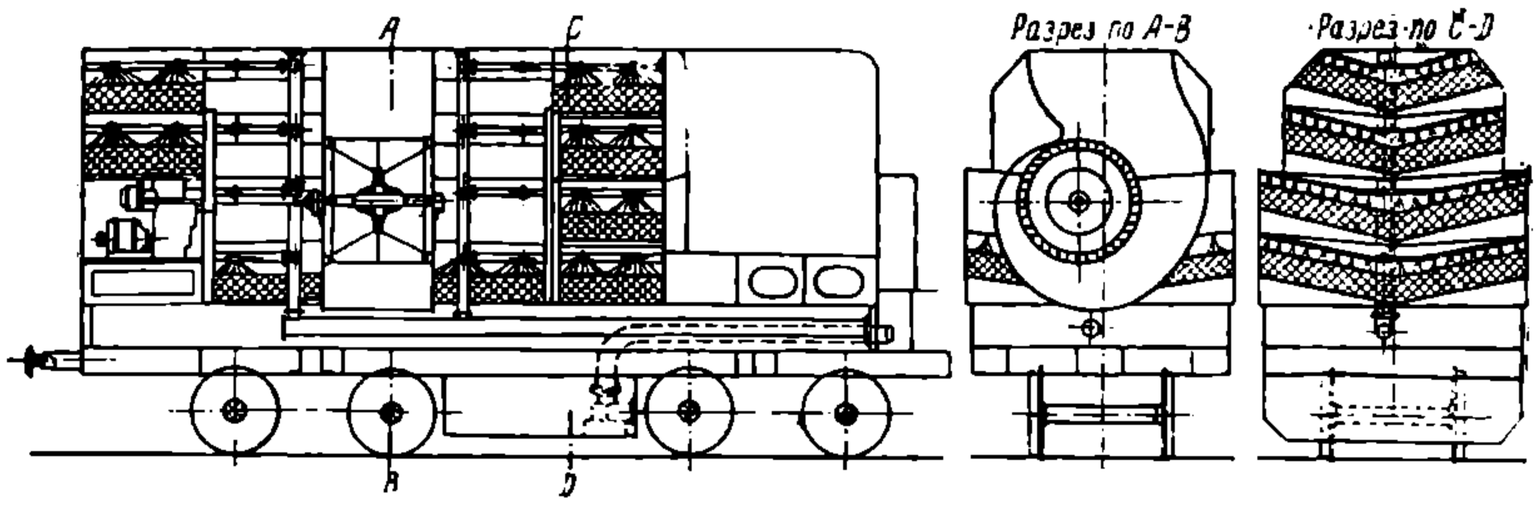
Установлено, что при скоростях от 40 до 90 *км/час* расход топлива в два раза меньше, чем в паровозе той же мощности.

При постройке турбовоза Юнгстрема для Аргентинских ж. д. фирма гарантировала расход топлива на 50% ниже расхода топлива в паровозах постройки 1924 г., выполнявших ту же работу, причем в жаркое время года гарантия была снижена до 40%.



Фиг. 363

При сравнительном испытании этого турбовоза и современного паровоза Балдвина найдено, что экономия в расходе топлива турбовозом составляет 42% и в расходе воды — 95%, причем окружающий воздух имел высокую температуру. Малый расход воды дал возможность турбовозу пройти участок длиной около 800 *км* без дополнительного набора воды.



Фиг. 364

2. Конструкция Цёлли (Zoelly) была выполнена сначала заводом Эшер Висс ((Escher Wyss & C⁰) и заводом в Винтертуре в 1921—1922 гг. в виде переделки швейцарского паровоза 2—3—0. После многих опытов, обнаруживших ряд недостатков, турбовоз Целли был построен Круппом на 2 000 *л. с.* в 1924 г. (фиг. 363 и 364). Турбина расположена впереди котла, чем устраняется гибкий паропровод высокого давления.

Передача от вала турбины осуществляется цилиндрическими зубчатыми колесами (фиг. 365) через промежуточную ось на отбойный вал, откуда при помощи шатунного механизма и спарников — ведущим колесам паровоза.

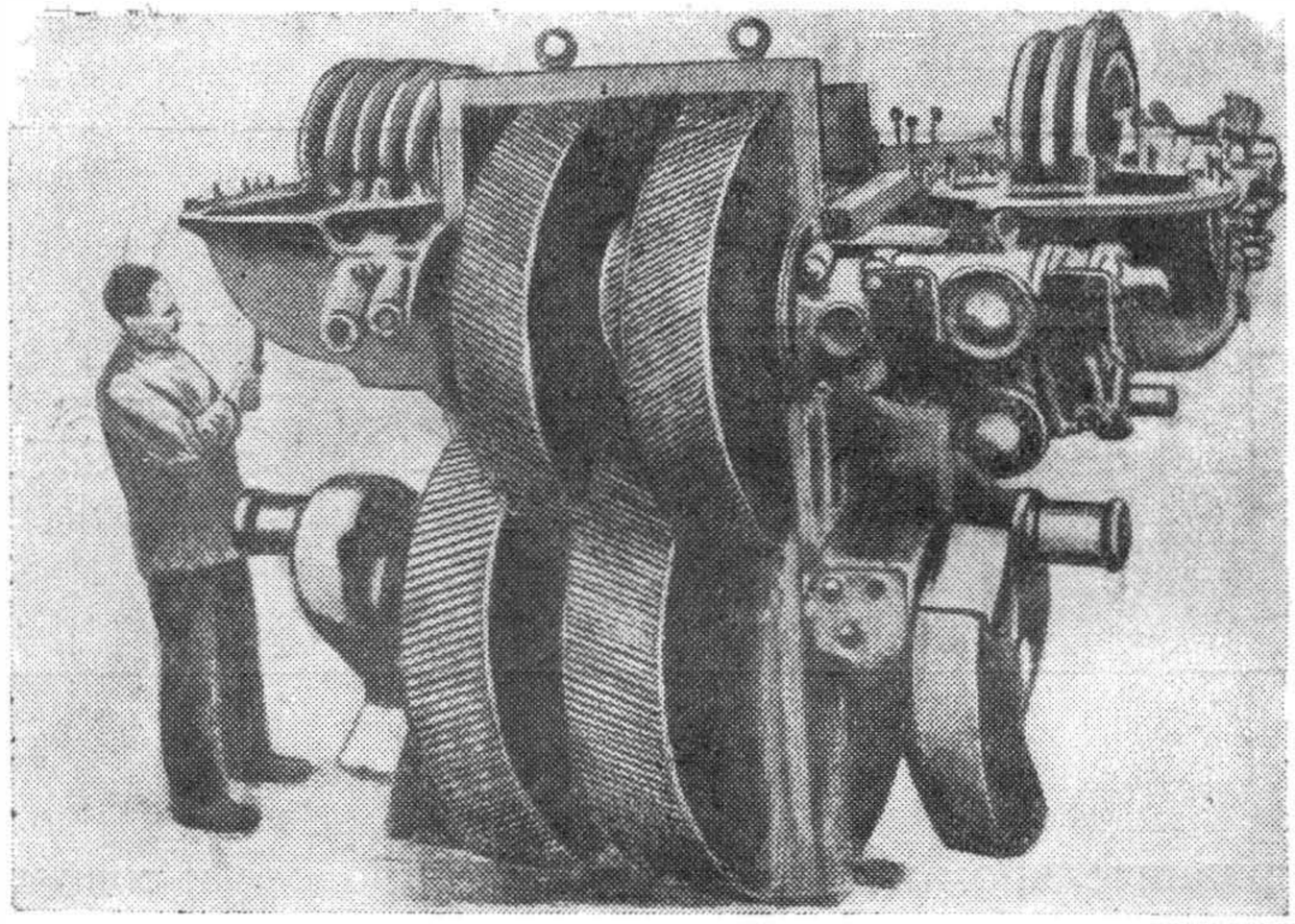
Конденсатор — водяной, с обратным охлаждением.

Турбовоз Круппа-Целли не развил проектной мощности и дал только 1420 *л. с.* на крюке вследствие слабого котла и несоответствия

НБ УДУНТ (ДІТ)

его и машины, но с точки зрения теплотехнической он дал исключительно хорошие результаты: при скорости 80 *км/час* полный расход пара (с учетом расхода на вспомогательные нужды) был 5,21 *кг/л. с. час* и угля 0,6 *кг/л. с. час.*

3. Заводом Маффей в 1924 г. построен турбовоз мощностью 2 000 *л. с.*, напоминающий конструкцию Целли (фиг. 366). Коэфициент

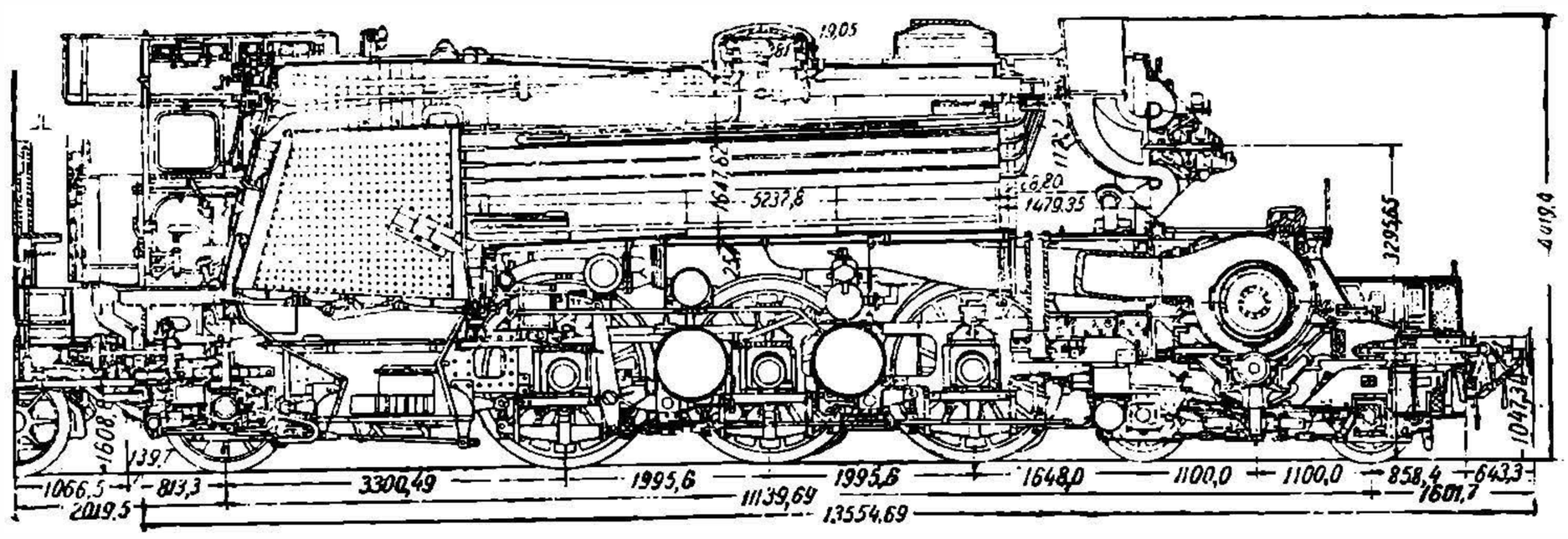


Фиг. 365

полезного действия на пальце отбойного вала — 15,6%, т. е. вдвое выше, чем у нормального паровоза.

Есть еще конструкции завода Геншеля, Рейд-Мак, Лиоде и др.

Таким образом мы имеем только единичные опытные экземпляры турбовозов. Вопрос об их распространении остается еще открытым, так как главнейшее преимущество паровоза над всеми другими



Фиг. 366

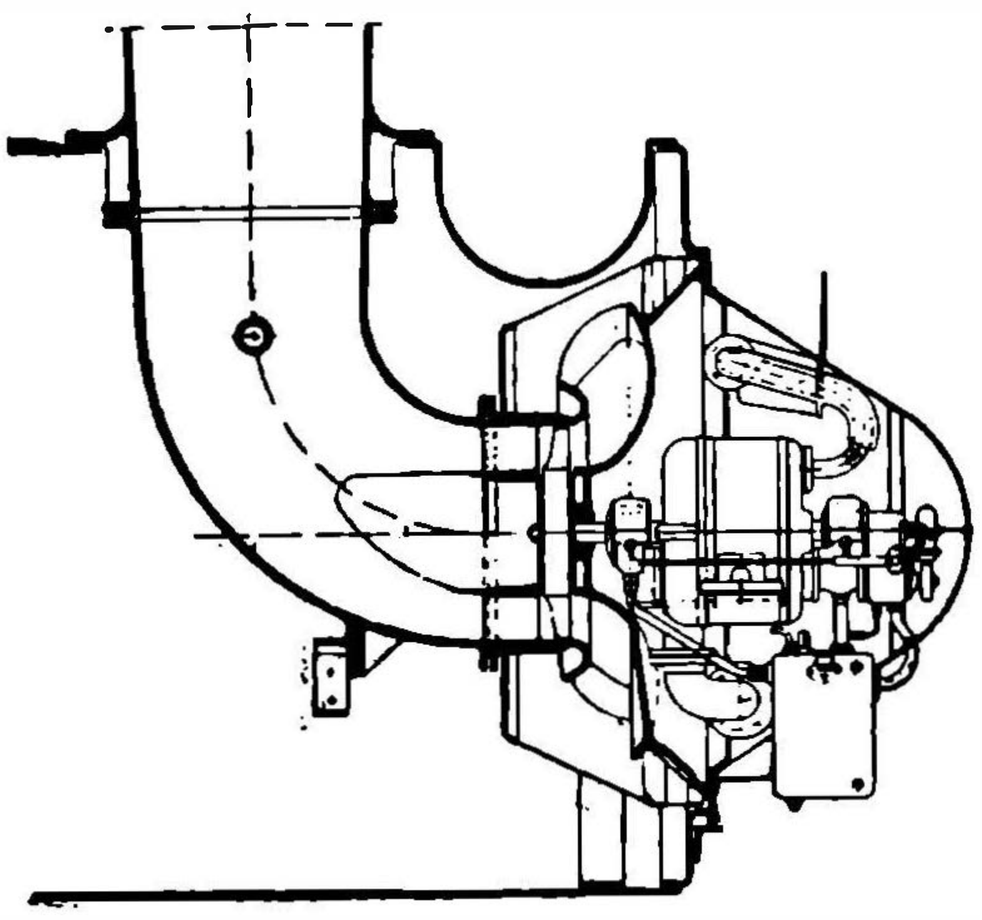
видами локомотивов — простота конструкции и выносливость — осталось. Турбовозы очень сложны и, следовательно, значительно дороже. Поэтому у них выше капитализационные и амортизационные расходы, расход на ремонт и пр. Но, с другой стороны, здесь меньше расходы на топливо и воду по очистке котлов, сохранности пути и пр. Все эти системы турбовозов будут жизненны только в том

НВ УДУНТ (ДИТ)

случае, если вторая экономия покроет первые убытки, но это может доказать только продолжительная эксплоатация.

Во всяком случае мы здесь имеем новый вид локомотива, который при дальнейшем усовершенствовании может дать благоприятные результаты, особенно в холодных странах (Сибирь и ее северные магистрали) при применении воздушных конденсаторов.

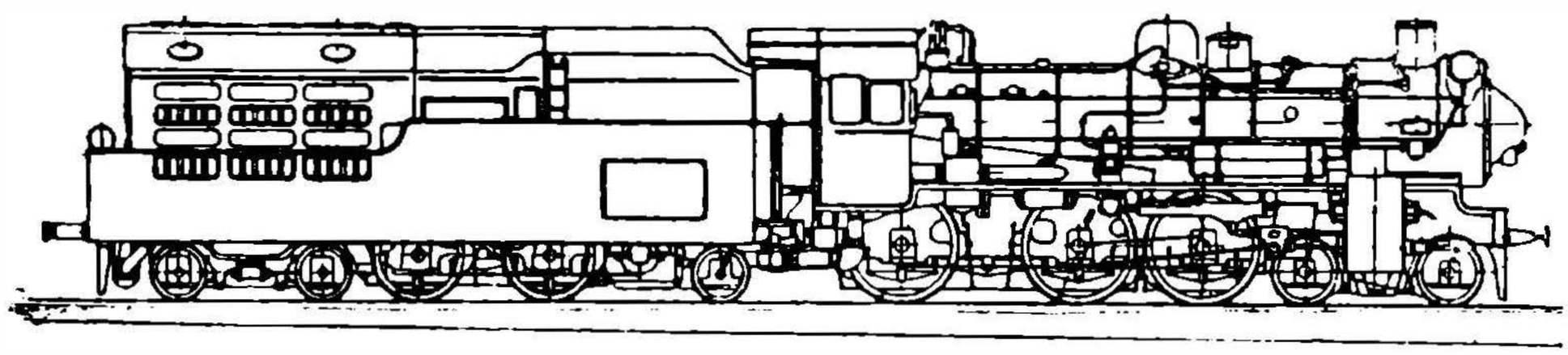
Предвидятся только затруднения освоения турбовозов ж. д., как агрегатов значительно большей сложности, чем паровозы. Существующие в настоящее время на транспорте кустарные методы участкового ремонта, грубые методы эксплоатации машин и пути могут значительно понизить экономичность турбовозов и их высокую мощность (см. «Известия теплотехнического института», 1929, № 2/45 и «Подвижной состав» 1932, № 8—9).



Фиг. 367

Что касается использования мятого пара поршневых машин для турбин низкого давления, то это до сих пор считалось сложным и практически трудным, но последнее время французская фирма Рато (Rateau) применяет этот метод для модернизации устаревших паромашинных установок.

Вместе с тем завод Геншеля в Касселе в сотрудничестве с Цёлли применил этот принцип для модернизации паровозов, взяв для опыта прусский паровоз Рв. Паровоз снабжен вентилятором Бетца (фиг. 367). благодаря которому высасываются газы из дымовой коробки. Мятый



Фиг. 368

же пар боковыми паропроводами отводят в тендер, где он поступает в турбину низкого давления (фиг. 368), которая приводит в движение ведущие оси тендера. Конденсатор поставлен испарительного типа. Опыты производятся в настоящее время.

За границей этот метод усиления паровоза («турботендер») не привился, так как здесь помимо сложности, присущей турбовозу вообще, т. е. осуществления конденсации и передачи, еще прибавляется длинный гибкий паропровод, вопросы регулирования турбины и отделения от мятого пара масла, вредно действующего на работу турбины и конденсатора и пр. Тем не менее турботендер в настоящее время (1935 г.) построен для СССР и испытывается на нашей сети.

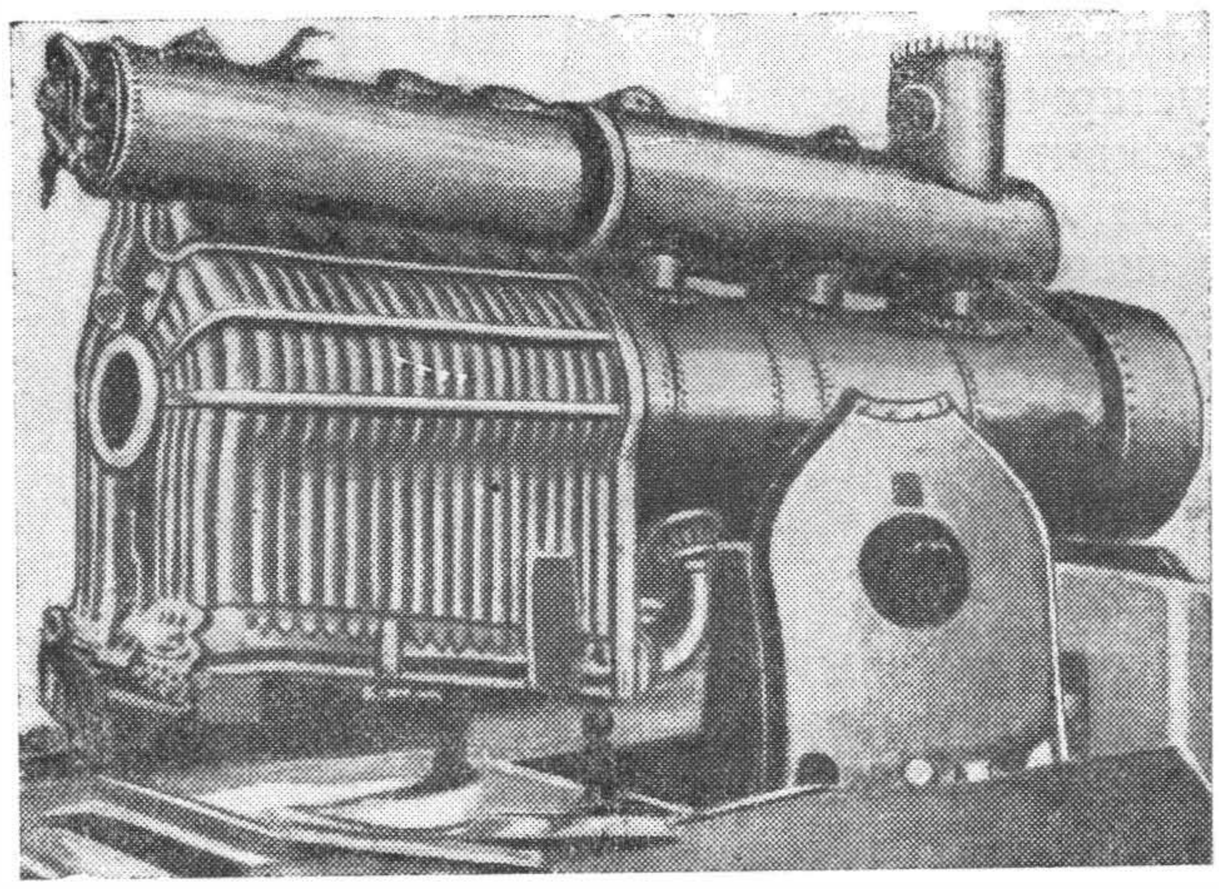
ВВ УДУНТ (ДИТ)

Глава четвертая

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ К. П. Д. КОТЛА

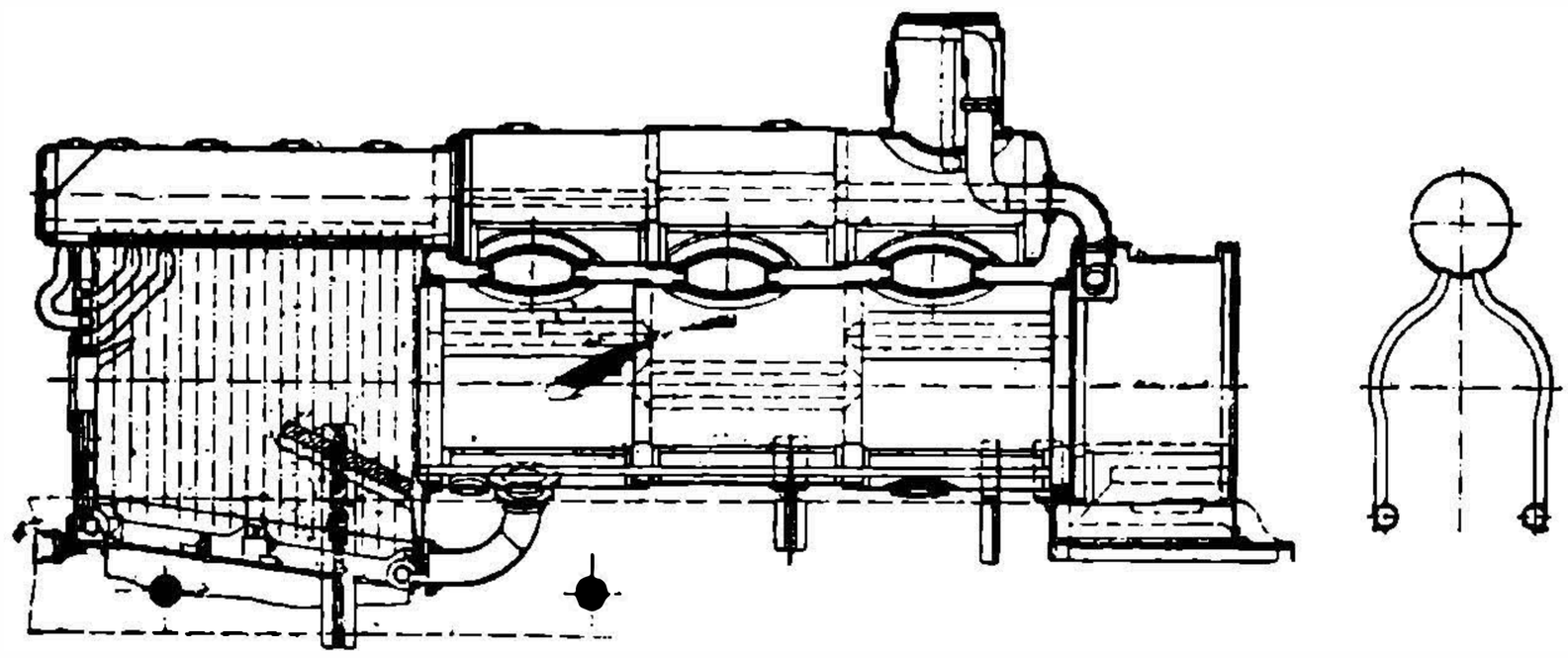
§ 42. ЭВОЛЮЦИЯ ПАРОВОЗНОГО КОТЛА

Паровозный трубчатый котел в основных чертах был сформирован еще 100 лет тому назад. Обладая чрезвычайно ценным качеством — саморегулированием (благодаря тому, что сила тяги воздуха, а следовательно и газообразование, пропорциональна количеству из-



Фиг. 369

расходованного пара, выпускаемого через конус, в трубу), — он тем не менее имеет ряд недостатков; из них укажем на плоские или почти плоские стенки внутренней топки, требующие сложных и дорогих укреплений при помощи сотен и тысяч простых гибких связей, затрудняющих и удорожающих ремонт и способствующих отложению

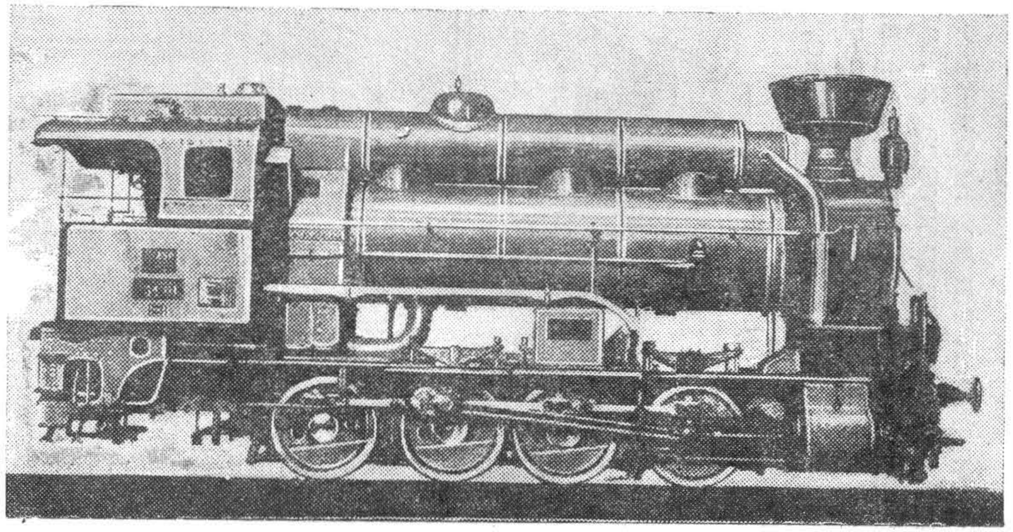


Фиг. 370

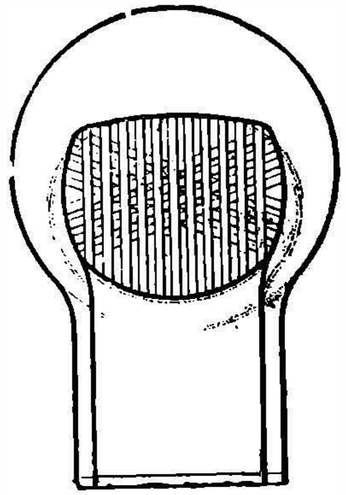
накипи и пр. Это заставило неоднократно выступать с проектами частичного улучшения котла или даже замены его водотрубным котлом. Так как попытки частичных улучшений изложены выше, то здесь приводим некоторые из предположений водотрубных котлов.

1. Котлы Бротана (1902 г.), в которых имеется водотрубная топка, образованная из ряда труб, плотно прижатых одна к другой

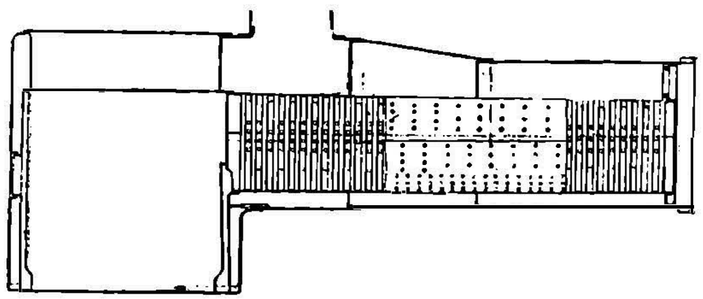
НБ УГЛНТ (ДГТ)



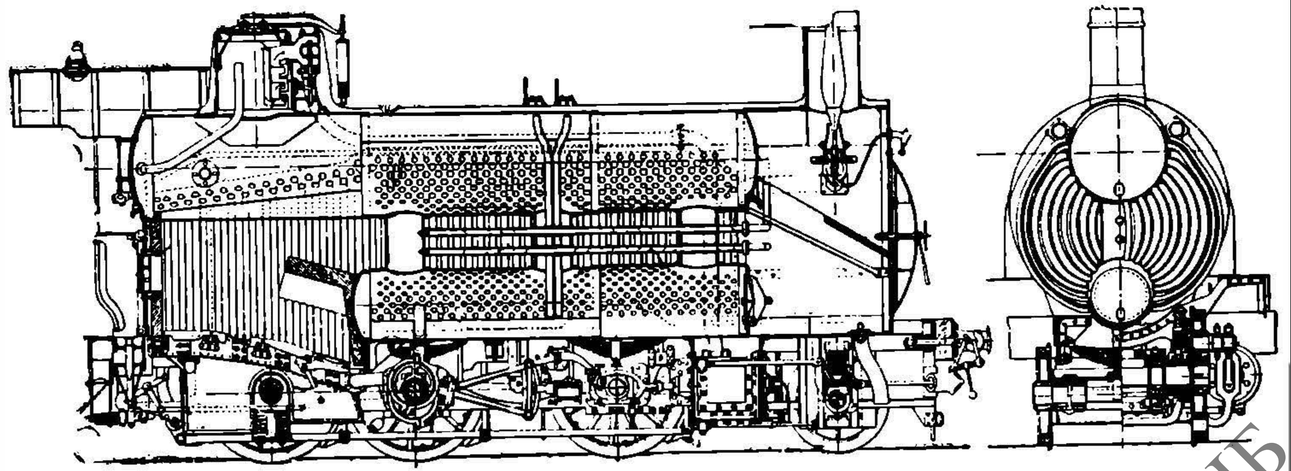
Фиг. 371



Фиг. 372



Фиг. 373

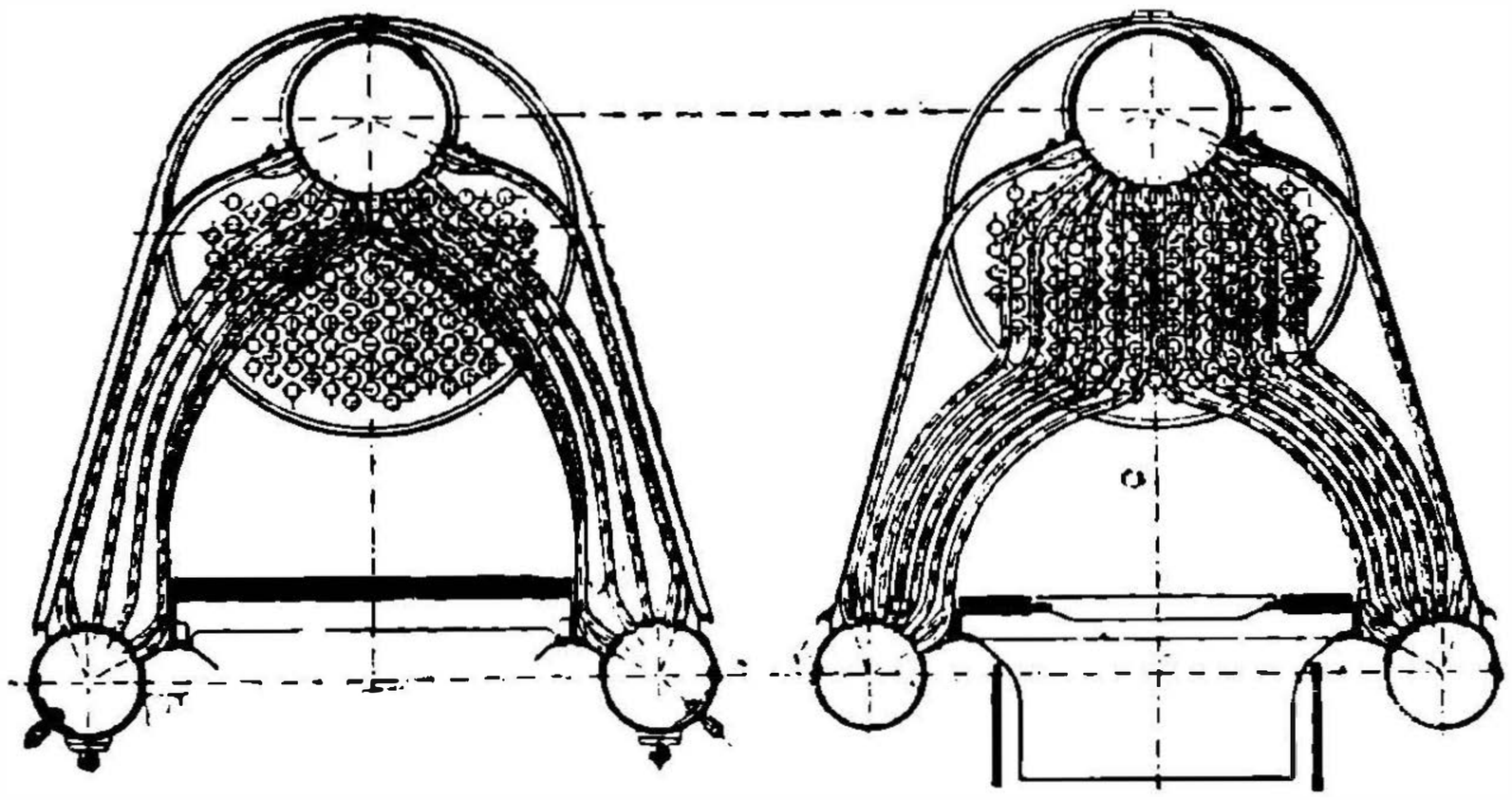


Фиг. 374

НБ УДУНТ (ДПТ)

(фиг. 369 и 370). На фиг. 371 показан паровоз 0—4—0 австрийских государственных ж. д. (1907 г.) с котлом Бротана.

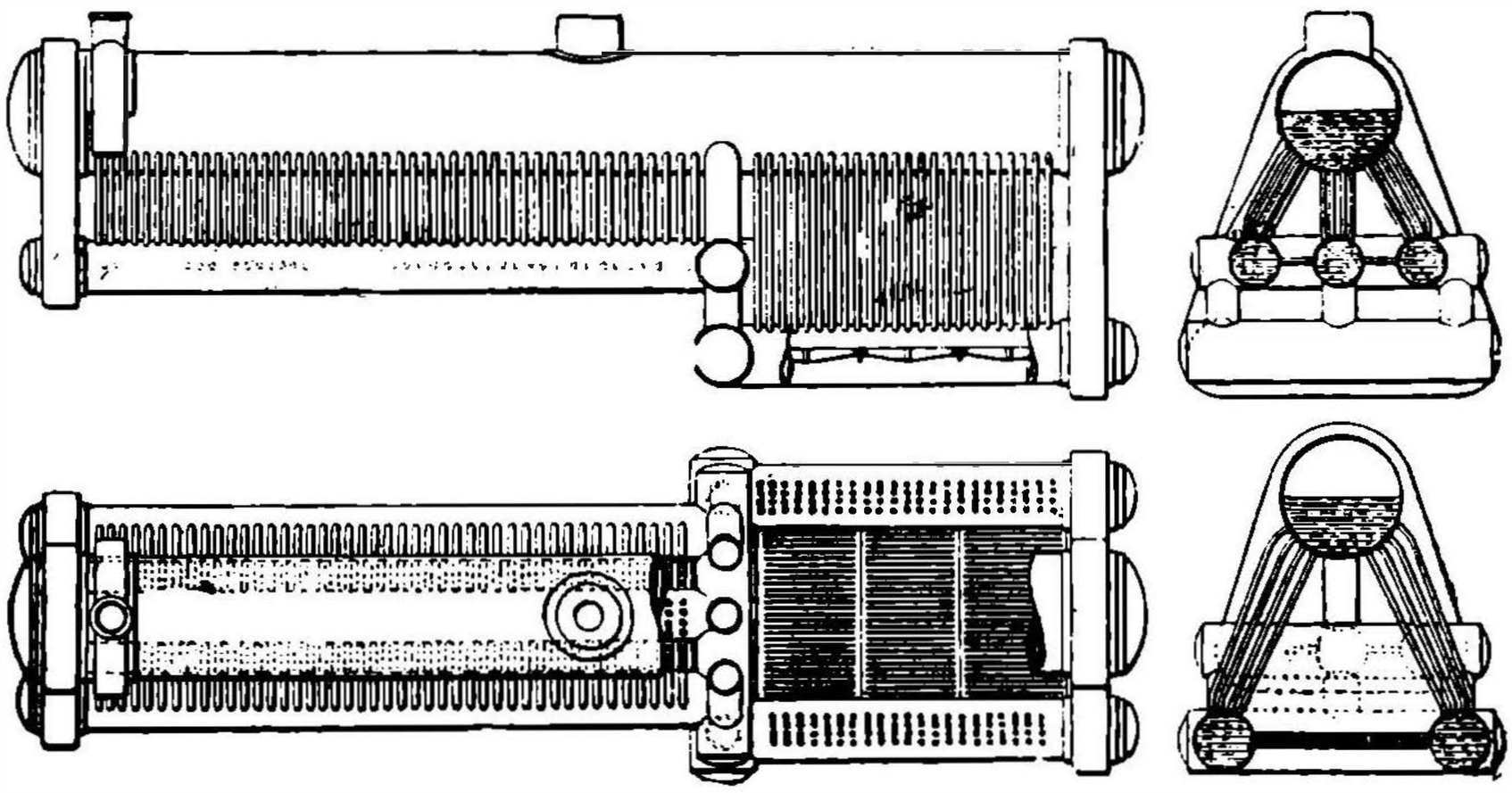
В России котел Бротана был впервые поставлен Коломенским заводом на паровозах 1—4—0 в 1908 г. (фиг. 278) по заказу М.-Казанской ж. д., причем получена была экономия в топливе 14%, вероятно



Фиг. 375

Фиг. 376

вследствие лучших условий парообразования в топке. Кроме того, эти котлы были поставлены на нескольких десятках паровозов в Австрии, Венгрии и Германии. При эксплоатации оказалось, что при плохой воде к течи дымогарных труб присоединяется еще течь топочных и соединительных труб, вальцевать которые не только трудно, но в



Фиг. 377

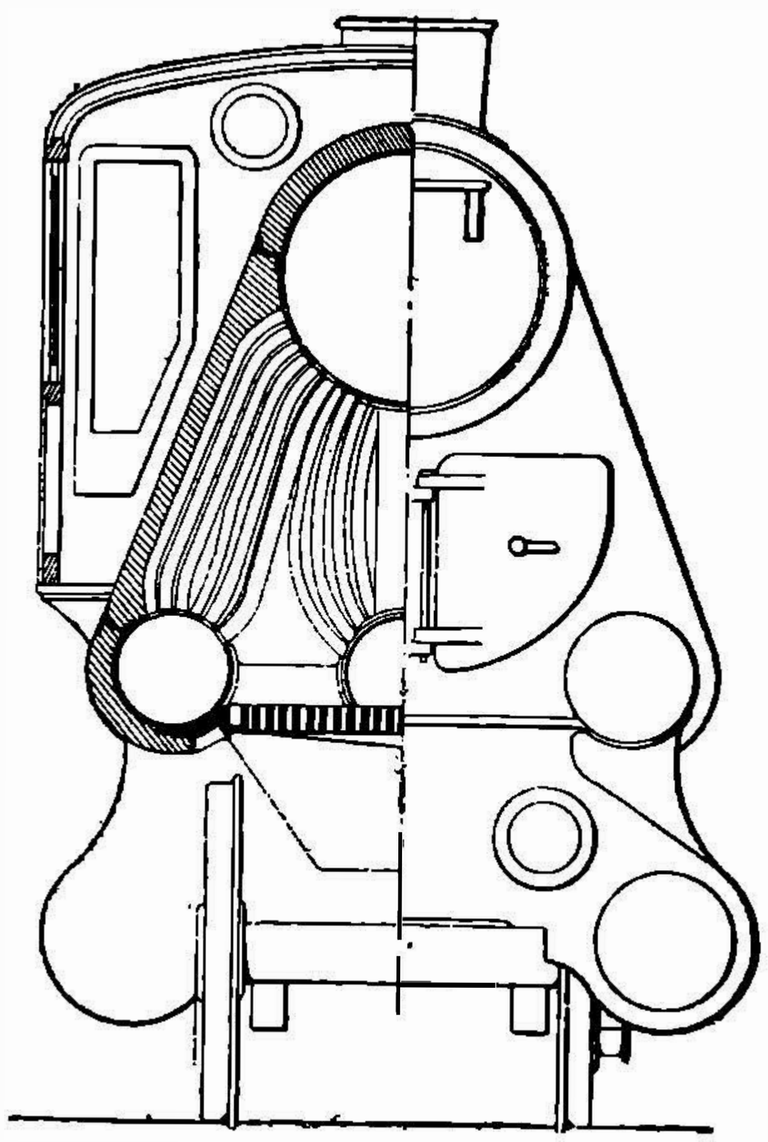
некоторых местах и невозможно. Работа же дымогарных труб, наоборот, ничем здесь не отличалась от таковой в обыкновенных котлах. В результате эти котлы в настоящее время оставлены. Дальнейшее развитие котлы Бротана получили в котлах ситемы Мак-Клеллана, применяемых в паровозах высокого давления.

2. В котле системы Перкинса (Perkins), 1896 г., наоборот, сохранена старая топка, но вместо дымогарных труб поставлены водотруб-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ные (фиг. 372 и 373). Эти котлы были поставлены на одном из товарных паровозов в С. Америке на Чикаго — Сев.-Зап. ж. д., причем выяснены значительная циркуляция воды и увеличенное парообразование, благодаря чему уменьшились расход топлива и отложение накипи в трубах. Но для смены труб вся внутренная камера должна выниматься, что представило крупные эксплоатационные затруднения.

3. В 1903 г. на паровозе 1—3—0 Алжирских ж. д. был применен котел Роберта (фиг. 374), на котором сначала были поставлены медные трубки, но они износились через 15 000 *км* пробега; поэтому в 1904 г. поставили стальные трубки. Циркуляция при этом была удовлетворительна, но образовывалась накипь.



Фиг. 378

4. На паровозах 2—2—2 французских Северных ж. д. заводом Крезо в 1907 г. (выставка в Брюсселе в 1910 г.) были поставлены котлы, спроектированные де-Бускэ с водотрубной топкой и обыкновенной цилиндрической частью (фиг. 375 и 376), и 1—4—1 (1909 г.) с котлом Шнейдера — Альтмана, напоминающим котел Роберта.

5. В 1916 г. в Америке были применены котлы системы Манклинда (фиг. 377 и 378), устройство которых понятно из чертежей.

Кроме указанных, было предложено и в единичных случаях даже осуществлено очень большое число подобных водотрубных котлов (системы Стронга, Гоффмана, Дамфеля, Ригеля, Крезо, Бурдона и многих других), но все они распространения не получили из-за эксплоатационных неудобств и затруднений при ремонте.

Таким образом тип обыкновенного трубчатого паровозного котла остался непоколебимым до сих пор как прекрасно удовлетворяющий условиям ж.-д. службы, и, вероятно, только применение высоких давлений заставит от него отказаться и перейти на другие конструкции.

§ 43. ПОДОГРЕВ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Подогрев питательной воды в паровозах был предложен впервые Кирхвегером в 1852 г. (нач. главных мастерских в Ганновере): часть мятого пара отводилась в конденсационный прибор в тендере, где вода нагревалась до кипения и накачивалась насосом в котел, причем расход топлива уменьшался от 19 до 30%, при этом накипь осаждалась главным образом в тендере. Такими приборами было снабжено 135 паровозов.

В 1860 г. был изобретен инжектор Жиффара, который вытеснил насосы и указанные приборы, так как при своей простоте и компактности он подавал достаточно хорошо нагретую воду.

В 1877 г. фирма Кертинг предложила универсальный инжектор в соединении с подогревателем воды (фиг. 379). Подогреватель *W*, расположенный под будкой машиниста, состоял из чугунной коробки с большим числом латунных трубок, заполненных водой; *e* и e_1 —

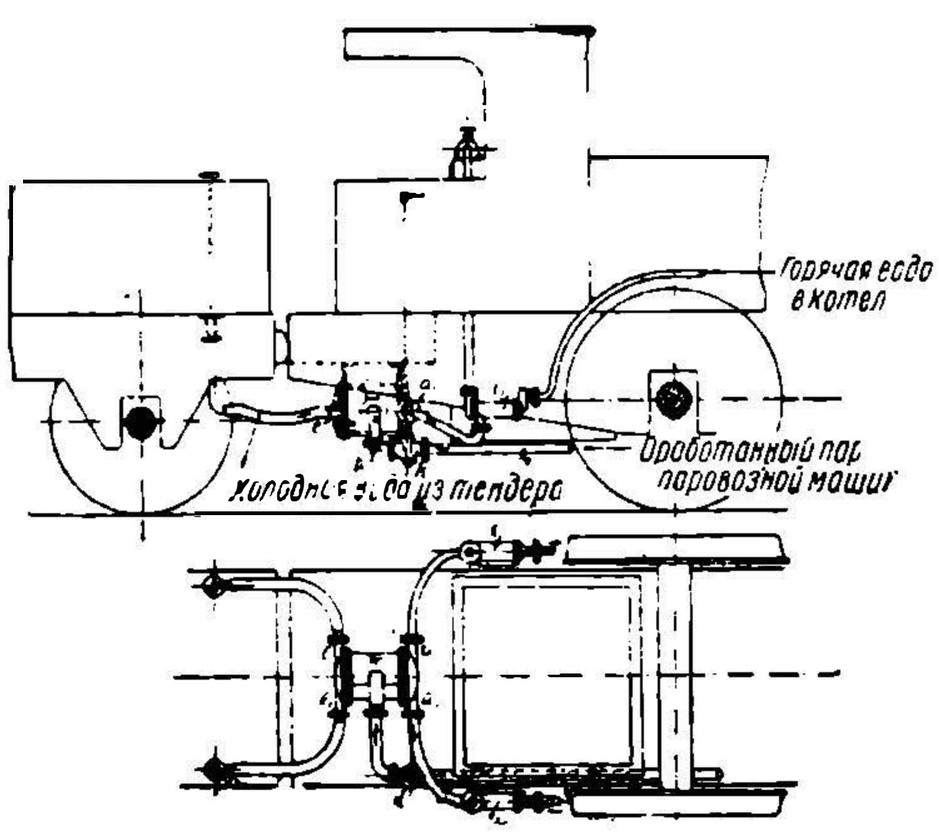
ГБ УДУНТ (ДШТ)

впускные, *a* и a_1 — выпускные отверстия; *i* и i_1 — инжекторы. Пар брался мятый через трубку *r*, т. е. мы имеем обыкновенный поверхностный подогреватель; *k* — кран, регулирующий приток пара; *p* — кран для спуска конденсата.

Экономия была 6—7%, но выяснилась сложность и трудность ремонта, почему прибор распространения не имел.

Затем, несмотря на неоднократные предложения разных систем, широкое применение подогрева воды было оставлено почти на 30 лет и снова возродилось уже в начале 900-х годов, когда его стал широко пропагандировать начальник тяги Египетских ж. д. Тревитик, который свои смешанные подогреватели (газовые и мятым паром) поставил на ряде паровозов. Несмотря на то, что вода подогревалась до 125° и экономия в топливе достигала 21%, ввиду их сложности эти подогреватели распространения не получили [1].

Кроме того, это был период первоначального введения и исследования перегрева пара, и подогрев воды пока был отодвинут на второй план, так как производить опыты одновременно с тем и другим было найдено неудобным в интересах получения точных данных.



Фиг. 379

Тем не менее выгода применения подогрева воды настолько уже была ясна, что целый ряд изобретений следовали один за другим.

В 1905 г. был предложен подогреватель Кайль Потонье (Caille Potonie), имеющий много остроумных деталей; с него начинается систематическое распространение подогрева на паровозах. Но все подобные подогреватели с движением по трубкам пара, а не воды, не рациональные с точки зрения теоретической, практически оставлены, хотя и имеются примеры постановки [например, системы Caines на паровозах (Gentral of Georgia), а у нас подогреватели Кайль Потонье были поставлены на паровозах 1—3—0 Н и на некоторых других], давшие благоприятные результаты; одной из причин выходов из употребления послужила чрезвычайная сложность.

К 1900 г. поверхностные подогреватели воды получили широкое распространение в германском флоте, и был поднят вопрос о применении их на паровозах. Подобными подогревателями систем Вира, Шихау, Кнорра и многих других в настоящее время снабжены тысячи паровозов во всех странах.

В Англии и Америке получили распространение подогреватели смешения Воргинтена. Как известно, принцип нагревания воды путем смешения применяется в паровозах, работающих высоконагретым паром, и таковых также предложено теперь несколько простых систем.

Последнее время начинают находить широкое применение инжекторы мятого пара, более компактные, простые и

[1] В 1907 г. был поставлен газовый подогреватель на паровозе 2—2—0 заводом Геншеля в Касселе.

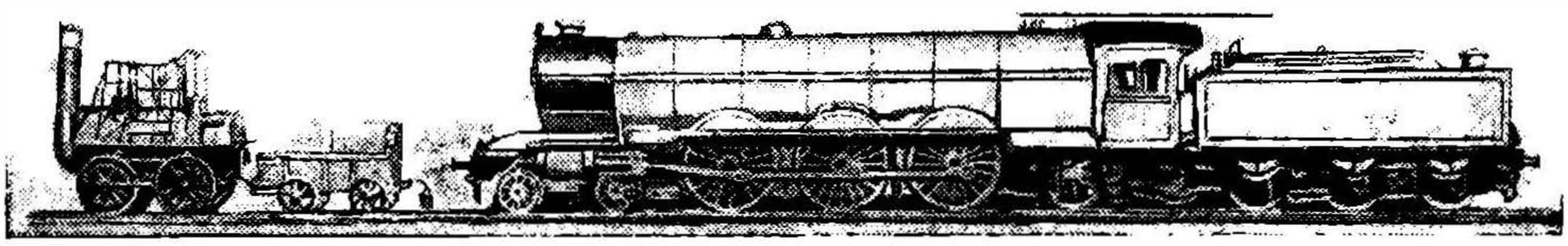
НВ УДУНТ (ДИТ)

дешевые и в постройке и в эксплоатации, что особенно важно для наших условий. У нас предположено их ставить на новых паровозах и при модернизации старого парка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

§ 44. ЭВОЛЮЦИЯ ПАРОВОЗА ЗА 100 ЛЕТ

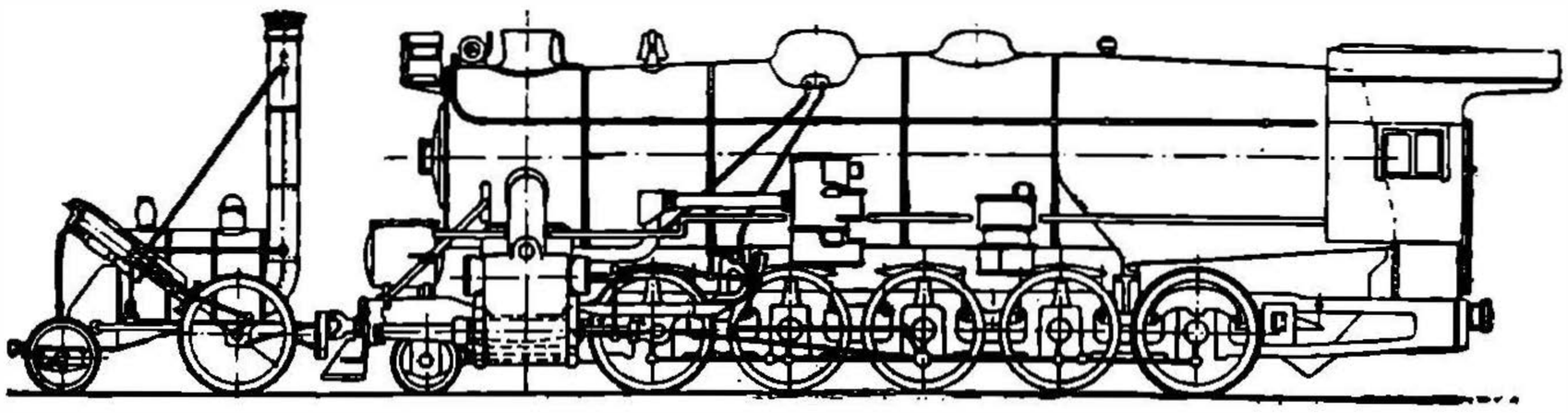
Охватить эволюцию паровозов в целом можно, только сравнивая начальную и конечную стадию развития в известных рамках времени, что неоднократно и производили в разных странах, отмечая ту или другую юбилейную железнодорожную дату, например, отмечая развитие английского паровозостроения за 100 лет (1825—1925).



Фиг. 380

Приводим на фиг. 380 следующее интересное сопоставление типов начала и конца этого периода (фотографии сделаны в одинаковом масштабе), дающее возможность судить о его прогрессе.

Если сравнить эпоху Стефенсона и современную, например (фиг. 381) «Ракету» Стефенсона 1829 г. с рядом современных паровозов 1—5—0 1923 г. Пенсильванской ж. д., то их сравнительные разме-



Фиг. 381

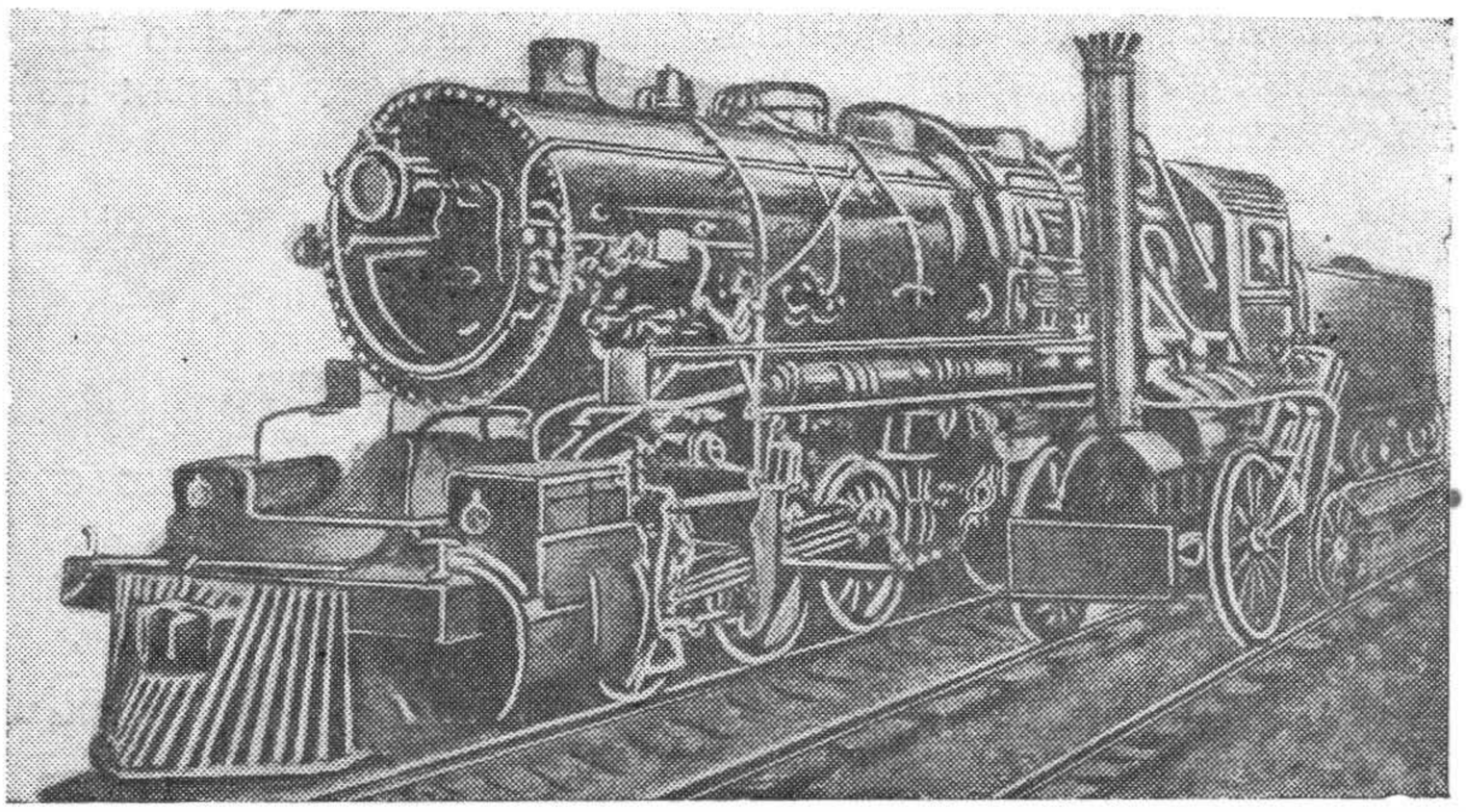
ры таковы: «Ракета» 1829 г.: поверхность нагрева 13 *м*², вес 4,5 *т*, мощность 13 *л. с.*; 1—5—0 1923 г. поверхность нагрева 630 *м*², вес 165 *т*, мощность 3 000 *л. с.*

Сила тяги «Ракеты» была 280 *кг*, современные же паровозы типа 1—5—1 развивают 32 000—35 000 *кг*, «Маллеты» же значительно больше, например, 1—4—0 + 0—4—1 Виргинских ж. д. — от 52 000 до 62 000 *кг* в зависимости от сцепления, а триплекс при коэфициенте сцепления 1/4 дает силу тяги — 85 000 *кг*.

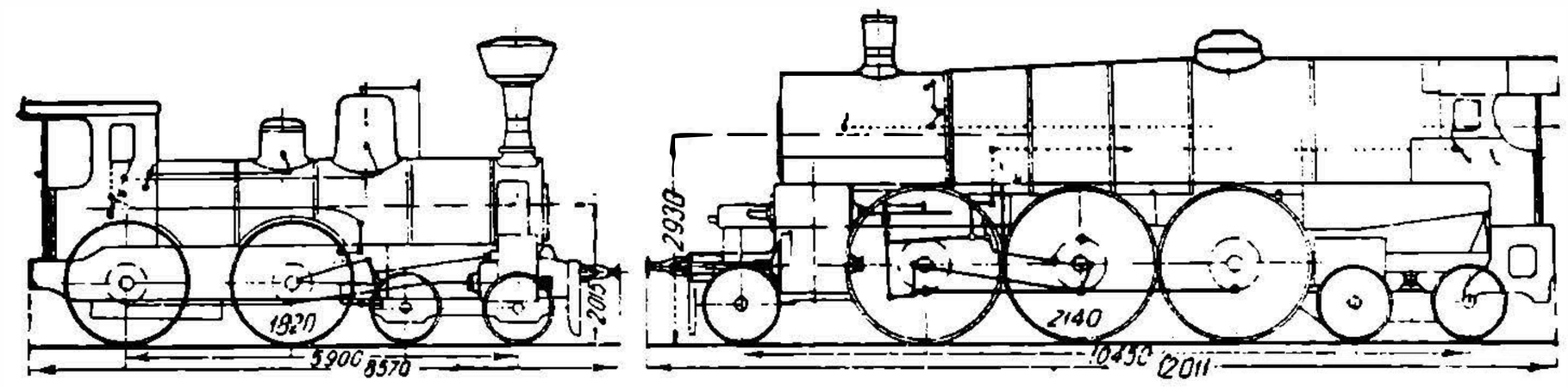
На фиг. 382 показана «Ракета» Стефенсона 1829 г. рядом с паровозом Маллета 0—3—0 + 0—3—0.

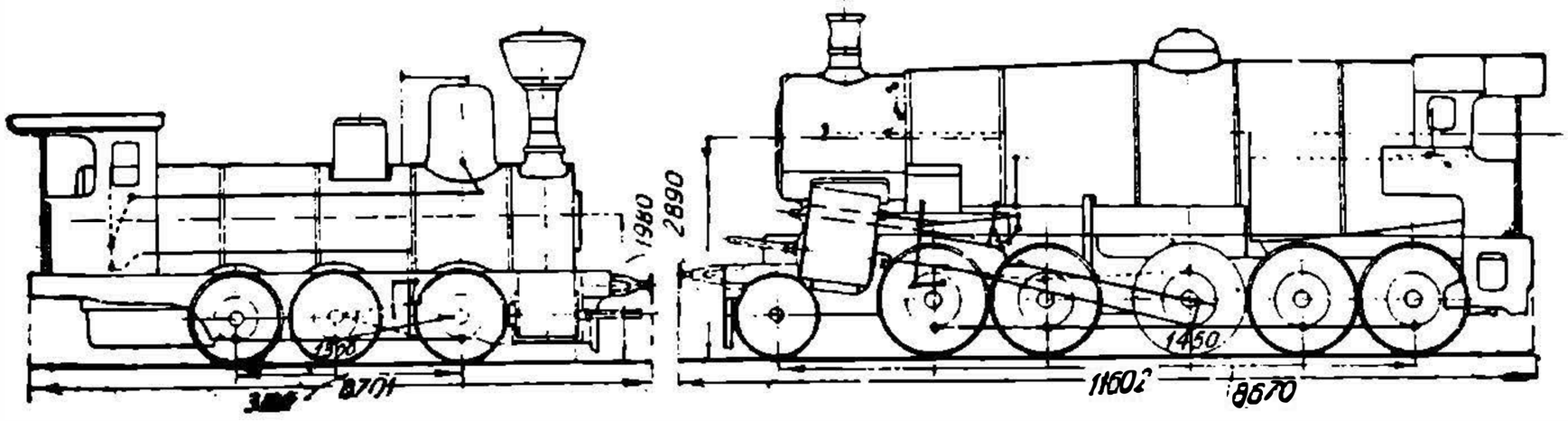
Также велики достижения и экономические. Приводим данные, показывающие последовательное уменьшение расхода угля *K* и пара *D* в килограммах на одну индикаторную лошадиную силу в час

НБ УДУНТ (ДИТ)



Фиг. 382





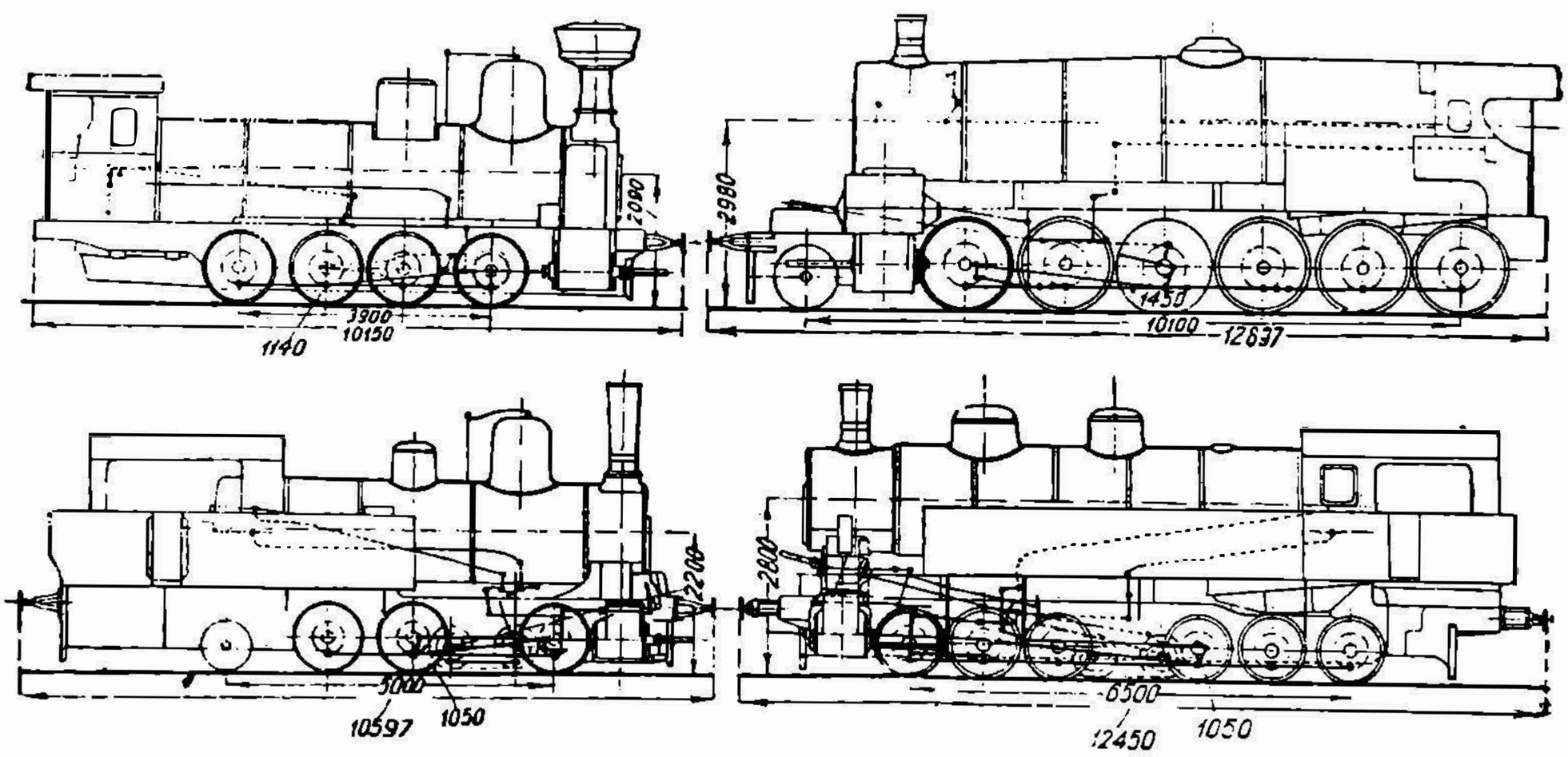
Фиг. 383, 384, 385 и 386

(*p* — котловое давление в *ат*, *H*/*G* — отношение поверхности нагрева к площади колосниковой решетки):

		K	*D*
1.	Период от 1820 до 1830 г. Паровозные котлы с жаровыми трубами, $p = 3{,}5$ примитивное парораспределение, вертикальные цилиндры	10	37
2.	Период 1830—1835 гг. Котлы трубчатые, $p = 3{,}5$; $\frac{H}{g} = 35-40$. Перекрыша золотника — 1,5 *мм*. Наполнение постоянное около 90%	5	31
3.	Около 1837 г. Давление $p = 4{,}2$. Остальное, как во втором периоде	4,5	25
4.	Около 1839 г. $p = 4{,}2$, внешняя перекрыша до 25 *мм*, предварение выпуска около 5%, наполнение 65%	3,0	20
5.	1847 г. $\frac{H}{G}$ увеличивается до 80	2,6	20
6.	1845 г. $p = 5$, парораспределение с расширением пара	1,9	15
7.	1845—1884 гг. Дальнейшее понижение *K* и *D* вследствие увеличения *p* до 12; пар насыщенный, расширение однократное	1,4	11,2
8.	Новое время:		
	а) паровозы компаунд, $p = 12$	1,2[1]	9,6
	б) однократное расширение при перегретом паре	0,98[1]	7,0
	в) компаунд при перегретом паре	0,83[1]	6,7

[1] При подогреве воды мятым паром на 10% меньше.

НБ УДУНТ (ДИТ)



Фиг. 387, 388, 389 и 390

С введением же пара высокого давления и высокоперегретого эти расходы уменьшатся весьма значительно (при давлении пара в 100 *ат* — вдвое). Таким образом прогрессирование и усовершенствование паровоза идет гигантскими шагами.

Приведем еще примеры.

1. Отмечая развитие австрийского паровозостроения за 30 лет под руководством знаменитого инж. Гельсдорфа (Gölsdorf), в «Organ» за 1925 г. № 7 приводятся следующие интересные сопоставления типов начала и конца этого периода, дающие возможность судить о его прогрессе (фиг. 383—390 и табл. 5).

2. На фиг. 391 дано очень наглядное сопоставление поперечных размеров паровозов завода Шварцкопфа типов 1—2—0 1868 г. и 2—3—1 1927 г., откуда можно получить представление об изменении их размеров за 60 лет.

Фиг. 391

Тем не менее до сих пор техника была весьма консервативна в основных чертах паровоза, которые остались теми же со времен

НБ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 5

Система паровозов	Первый год постройки	Площадь колосниковой решетки в $м^2$	Давление пара в *ат*	Общая поверхность нагрева в $м^2$	Служебный вес в *т*	Мощность в *л. с.*
2-2-0 Быстроходный паровоз. Насыщенный пар. Однократное расширение . . .	1885	2,06	11	127,0	46,5	500
1-3-2 Быстроходный четырехцилиндровый. Компаунд. Перегретый пар .	1911	4,62	16	256,3	86,0	1800
0-3-0 Товарный, насыщенный пар. Однократное расширение	1888	1,81	11	133,8	41,5	450
1-5-0 Горный четырехцилиндровый. Компаунд. Перегретый пар . . .	1909	4,46	16	230,8	81,1	1800
0-4-0 Товарный, насыщенный пар. Однократное расширение	1885	2,25	11	182,0	51,5	650
1-6-0 Горный четырехцилиндровый. Компаунд. Перегретый пар .	1911	5,00	16	296,0	95,8	2100
3-2 зуб. Зубчатый паровоз. Сист. Абта. Насыщенный пар. Однократное расширение	1890	2,1	11	145,0	62,0	600
6-2 зуб. Зубчатый. Насыщенный пар. Однократное расширение	1912	3,3	13	195,7	88,0	900

Стефенсона, так как совместными усилиями целого ряда замечательных техников была создана машина простая, сильная, выносливая и экономичная. Она настолько гибко приспособилась к переменным условиям службы, что все попытки заменить ее другими двигателями в широких размерах до сих пор не удавались, и только теперь мы стоим перед новой эпохой — паровозов высокого давления.

В заключение следует отметить следующее: XI международный ж.-д. конгресс, состоявшийся в мае 1930 г. в Мадриде (присутствовало 900 делегатов со всего света), рассмотрел ряд докладов об улучшениях в конструкциях обыкновенных паровозов, снабженных поршневыми машинами, причем докладчики заявили, что, принимая во внимание те усовершенствования, которые произведены с 1922 по 1928 г. и которые дали возможность значительно увеличить техническую и экономическую производительность паровозов, можно заключить, что эволюция указанных паровозов не может считаться законченной и в будущем можно ожидать дальнейших успехов.

Конгресс, между прочим, постановил: «Поощрять стремления к выработке новых типов и к усовершенствованию паровозов, работающих с обыкновенными поршневыми машинами, облегчая самым широким образом инициативу в этом деле паровозостроительных заводов».

§ 45. СОВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПАРОВОЗНОГО ПАРКА

В настоящей работе разобран вопрос об эволюции типов паровозов и их конструктивных форм, не касаясь распространенности этих типов, т. е. их удельного веса при эксплоатации ж. д. Имеются примеры, когда паровозы крайне неудачной конструкции, например

НБ УДУНТ (ДИТ)

русского типа 0—4—0 серии 0, были построены в огромном количестве (более 10 000) и на много десятилетий засорили паровозный парк страны и, обратно, паровозы, прекрасно сконструированные, строились в ограниченном количестве и особого влияния на парк оказать не могли.

Принимая во внимание, что паровозы служат десятилетия (наши паровозы серии 0 строились в конце прошлого столетия и, следовательно, служат 35—40 лет; в США 53% всех паровозов служат 21 год и более и около 6 000 паровозов служат более 28 лет и даже в парке США имеется некоторое число паровозов, служащих 50 лет и более), что технический прогресс очень велик, — можно сделать общее заключение, что мировой паровозный парк в среднем устарел, не соответствует современному прогрессу паровозостроения и требует энергичного обновления.

Так как современные мощные паровозы сложной конструкции, несмотря на серийную постройку, дороги, а подобное обновление в большом масштабе требует колоссальных капиталовложений и поэтому происходит медленно, то указанная засоренность парка устаревшими и слабосильными паровозами составляет в данный момент нормальное явление.

В переживаемый этап истории, с одной стороны, стоят страны капиталистические, переживающие жесточайший кризис, а с другой,— наше социалистическое государство, мощно и планомерно развивающееся.

Все капиталистические страны находятся в более или менее аналогичном состоянии, поэтому в качестве примера приводим данные о США, как о стране, где техника и развитие капиталистического режима достигли наибольшей высоты [1].

Как во всех капиталистических странах — в США при отсутствии государственного планового хозяйства господствует конкуренция. По отношению к ж.-д. транспорту ожесточенным конкурентом является дешевый и удобный автомобильный транспорт, достигший в США невиданного развития. Густая сеть прекрасных шоссейных дорог позволяет широко развить как грузовое, так и пассажирское автобусное движение.

Конкуренция заставила обратить особое внимание на усовершенствование паровозов, и за последние 10 лет произошли большие сдвиги: введены одно- и двухосные задние тележки, позволяющие значительно увеличить объем топок; ставятся усовершенствованные водоподогреватели и перегреватели пара, бустера и стоккера, термосифоны и инжектора мятого пара и пр. С другой стороны, применение высококачественных сталей, введение электросварки вместо клепки, усовершенствование стального литья и пр. удешевили постройку паровозов и подняли их экономичность. Поэтому за последние 10—12 лет явилась возможность повысить мощность паровозов с 600 до 1000 *л. с.* на спаренную ось и одновременно снизить количество сжигаемого угля на каждую полезную лошадиную силу (на крюке) в час с 2,3 до 1,4 *кг* и ниже и расход пара на индикаторную лошадиную силу в час с 9,5 до 8 *кг*.

Таким образом американский паровоз быстро прогрессирует и достигает высокой степени совершенства, что влечет за собой повы-

---

[1] Данные о США взяты из интересной статьи американского специалиста, работающего на заводе Балдвина в Филадельфии, инж. Р и в к и н а, Паровозный парк США, помещенной в сборнике „Локомотивостроение“ № 2 (11) за 1935 г. и содержащей данные по 1935 г. включительно.

УДУНТ (ДИТ) НБ

шение технической скорости движения поездов (товарных с 17,5 *км/час* в 1923 г. до 25,3 в 1933 г. — увеличение на 45%), при значительном снижении расхода топлива, например, для товарного движения с 50,6 *кг угля* в 1922 г. на 1000 *т/км* до 37,4 *кг* в 1933 г. (уменьшение на 24%).

Как видим, технический и экономический, связанный с ним, прогресс бесспорен.

Но тем не менее охвативший США экономический кризис настолько велик и финансовые затруднения ж. д. (особенно в связи с указанной конкуренцией автомобилизма) достигли такой степени, что 25% первоклассных дорог США [1] с протяжением около 65 000 *км* уже обанкротились, а остальные близки к этому.

Это сказалось на выпуске новых паровозов, который упал за последнее десятилетие черезвычайно низко, как видно из табл. 6.

Таблица 6

Заказы локомотивов в США с 1920 по 1933 г. (в штуках)

Годы	Местные заказы	Канадские заказы	Иностранные заказы
1920	1998	180	718
1921	239	35	546
1922	2600	68	131
1923	1944	82	116
1924	1413	71	142
1925	1055	10	209
1926	1301	61	180
1927	734	58	54
1928	603	98	27
1929	1212	77	106
1930	440	95	20
1931	235	2	28
1932	12	1	1
1933	42	—	7

По заявлению новообразованного Ассоциацией локомотивостроительных компаний так называемого Локомотивного института, в докладе Государственному отделу по реконструкции промышленности США (NRA), локомотивная индустрия пострадала от кризиса чрезвычайно сильно: выпуск продукции с 66 870 тыс. долл. в 1929 г. упал до 2 842 тыс. долл. в 1933 г., т. е. на 95,8%, а сумма заработной платы рабочих снизилась до 90%.

Таким образом за последние 5 лет (1929—1933 гг.) для ж. д. США построен 1941 паровоз, т. е. около 390 паровозов в год, что составляло только 0,75% парка, следовательно, его обновление шло ничтожно медленным темпом, за последние же 10 лет построено 8979 паровозов, т. е. около 900 паровозов в год, или 1,7% парка [2].

Следовательно, количество построенных новейших усовершенствованных паровозов в процентном отношении ничтожно, хотя даже такое количество, как указано выше, все же оказало большое влияние на общую работу паровозного парка, и это показывает, каких результатов можно было бы достигнуть при более интенсивном обновлении паровозного парка.

Произведено большое число исследований новейших паровозов и роль их в поднятии общего уровня ж.-д. хозяйства общепризнана, почему и первоклассные ж. д. и паровозостроительные заводы глубоко заинтересованы в введении их в паровозный парк в широких размерах. Тем не менее финансовые затруднения ж. д. и общий кризис в США, а также стремление во чтобы то ни стало получить желаемые дивиденды — препятствуют введению в эксплоатацию доста-

---

[1] Первоклассными дорогами считаются те, которые имеют ежегодный валовой доход свыше миллиона долларов.

[2] Дла сравнения указываем, что в СССР при среднем поступлении теперь 1000 новых паровозов в год—при наличии парка в 18 000 паровозов — имеем поступление 5,5%.

НБ УДУНТ (ДИТ)

точного количества новых паровозов. По исследованию завода Балдвина установлено, что при нормальных условиях можно выбросить в лом паровоз после 21-го года службы и даже раньше, заменив его таким же новым паровозом без всяких дополнительных затрат, так как экономия в расходах по ремонту нового паровоза в продолжение следующих 21 года равнялась бы стоимости этого нового паровоза. Но этот новый паровоз, сверх того, был бы снабжен усовершенствованиями, что дало бы еще известную экономию по эксплоатации и ремонту. Но этого не делается, так как необходимо одновременное вложение новых крупных капиталов, что избегается вследствие кризиса, поэтому ж. д. продолжают пользоваться существующими старыми паровозами, несмотря на их неэкономичность и значительные расходы по ремонту. Об удельном значении паровозов каждого типа в парке первоклассных ж. д. США и об их сроке службы дают понятие интересные данные, приводимые федеративным координатором транспорта М. Истманом (табл. 7 и 8).

Из этих данных видно:

1. В товарном парке имеется устаревших типов 1—4—0, 1—3—0 и 1—3—1 всего 13 213 шт. со средним сроком службы около 25 лет, т. е. более 45% общего числа товарных паровозов. Эксплоатация их вообще крайне нецелесообразна.

2. В пассажирском парке имеются совершенно устаревшие типы: 2—2—0 (750 шт. со средним сроком службы 34,2 года), 2—2—1 всего 862 шт. со средним сроком службы 26,7 лет, 2—3—0—4451 шт., прослуживших 28,6 лет и 2—4—0—409 шт., прослуживших 29,9 лет, всего же 6472 шт., что составляет 48% по отношению ко всему пассажирскому парку.

Таким образом парк США наполовину совершенно не удовлетворяет современным требованиям и подлежит изъятию из обращения. В большей или меньшей степени

Таблица 7

Количество и срок службы паровозов по типам

Типы паровозов	Количество паровозов	Процент от общего числа годных для работы	Средний срок службы
Маневровые			
0-3-0	5 797	65,8	23,1
0-4-0	2 821	32,1	15,2
0-2-0	142	1,6	24,4
Всего маневровых	8 803	100,0	—
Линейные			
1-4-0	11 266	26,4	25,9
1-4-1	9 830	23,1	15,9
2-3-1	5 528	13,0	18,8
2-3-0	4 451	10,4	28,6
1-5-1	2 054	4,8	14,5
2-4-1	1 809	4,2	8,9
1-3-0	1 171	2,8	29,6
2-2-1	862	2,2	26,7
1-5-0	843	2,0	12,0
1-3-1	776	1,8	27,5
2-2-0	750	1,7	34,2
1-3-3-1	649	1,5	19,4
1-4-4-1	525	1,2	12,6
2-4-0	409	0,9	29,9
1-4-2	293	0,7	5,7
2-3-2	285	0,7	4,3
2-4-2	282	0,7	3,6
1-4-2	226	0,5	14,7
1-5-2	186	0,4	4,4
Все другие	427	1,0	—
Всего линейных	42 622	100,0	—
Всего паровозов	51 425	—	—

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 8

Распределение паровозов первоклассных ж.-д. по сроку службы

Срок службы в годах	Количество паровозов в парке на 1 октября 1933 г.	Процент от общего количества паровозов
0—3 .	763	1,5
4—6 .	1 932	3,8
7—10	6 132	11,9
11—15	6 948	13,5
16—20	8 052	15,7
21—25 .	9 740	18,9
26—30 .	11 853	23,0
31—35 .	4 441	8,6
36—40 .	606	1,2
41—45 .	712	1,4
46—50 . .	180	0,4
50 и более .	86	0,1
Всего .	51 425	100,0

подобный кризис коснулся всех капиталистических стран; там наблюдается такое же положение на транспорте, как и в США. Например, в Германии были закрыты почти все главнейшие паровозостроительные заводы (Борзига, Геншеля, Маффей, Ганомаг).

Совершенно обратную картину мы видим в СССР. При наличии государственного планового порядка основная первопричина нездорового ажиотажа и широко развитого хищничества — конкуренция—в СССР отсутствует, почему все виды транспорта развиваются гармонически.

Заводы не закрываются, а, наоборот, строятся (новый Луганский, Новочеркасский, Кузнецкий) и паровозостроение развивается гигантскими шагами.

Наш паровозный парк в общем также устарел благодаря ряду перенесенных войн и разрушению промышленности во время гражданской войны, но в настоящее время паровозный парк быстро обновляется и устаревшие паровозы (особенно серии О) последовательно списываются с инвентаря. Строятся мощные паровозы типов 1—5—1 ФД и 1—4—2 ИС, снабженные всеми усовершенствованиями; они являются основными типами второй пятилетки.

Таким образом мы находимся в стадии быстрого развития и прогрессивной реконструкции нашего транспорта. Но это обстоятельство влечет за собою необходимость непрерывной смены типов, которые быстро стареют (например, к стареющим типам относятся и паровозы 0—5—0 серии Э всех индексов), поэтому проектируются новые мощные быстроходные паровозы с увеличенным давлением на спаренные оси, которые будут основными типами будущих пятилеток.

Поэтому в течение ближайших пятилеток наш паровозный парк будет вполне соответствовать всем требованиям, предъявляемым к транспорту современной техникой.

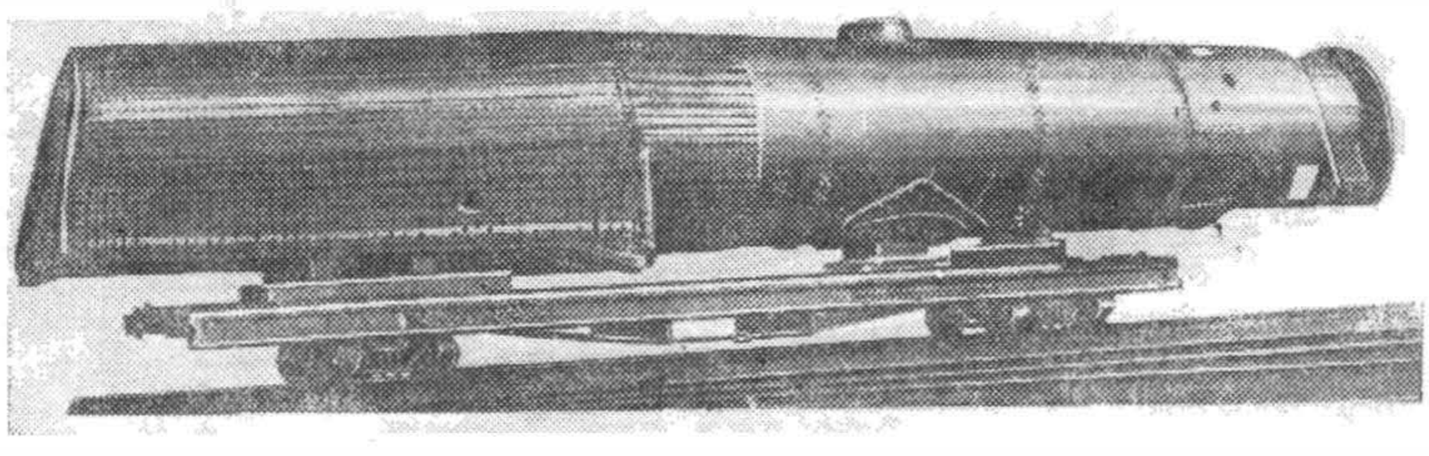
Заметим, что в указанные выводы внесены теперь значительные поправки стахановским движением на транспорте. Выявлены значительные неиспользованные ресурсы паровозов путем надлежащей их эксплоатации; повышая форсировку паровозных котлов, можно значительно увеличить вес поездов и среднюю техническую скорость их движения. Таким образом существующий парк оказался более мощным, чем его считали до сих пор и это, естественно, окажет влияние на дальнейшее развитие нашего паровозостроения, задержав введение более мощных новых типов, т. е. наша сеть еще довольно значительное время может обслуживаться существую-

НБ УДУНТ (ДИТ)

щими типами паровозов, особенно при усиленной смене устаревших типов нашими новыми мощными типами СО, ФД и ИС.

§ 46. ПРЕДЕЛЫ БУДУЩЕГО ПАРОВОЗОСТРОЕНИЯ

При переходе к плановому государственному хозяйству вопрос о пределах мощности паровозов приобретает у нас исключительное значение. Ввиду конкуренции других видов транспорта и требований на непрерывное увеличение пропускной способности дорог на этот вопрос обращено внимание и за границей[1]. Еще недавно считали, что паровозы подошли к пределу мощности вследствие невозможности удлинять топки при ручной загрузке и высказывались за переход на более широкую колею (Harriman), но изобретение стоккера позволило увеличить размеры топок в несколько раз. Как пример той величины, до которой уже дошли современные паровозные котлы, приводится котел паровоза Маллета 1—4—0 + 0—4—2 Великой Северной ж. д. (Great Northern) в США (фиг. 392). Этот паровоз имеет следующие размеры: длина топки—6 790 *мм*, ширина топки—2 502 *мм*;



Фиг. 392

диаметр цилиндрической части котла—2 800 *мм*; длина дымогарных и жаровых труб (диаметром 57 *мм* — 92 шт. и диаметром 89 *мм* — 280 шт.) — 6 705 *мм*, давление пара — 17,6 *ат*, вес котла — 75 *т*; полная внешняя поверхность нагрева — 1 012,2 $м^2$, площадь колосниковой решетки — 17 $м^2$.

Затем появились электровозы, которые, повидимому, превзошли по мощности паровозы, но фактически, например, товарный электровоз Пенсильванской ж. д. в 2 800 *л. с.* состоит из трех групп движущих осей, что соответствует сложным сочлененным паровозам, мощность которых выше.

Мощность современных наиболее сильных европейских паровозов, развивающих до 2 000 *л. с.*, можно значительно увеличить, применяя больших размеров колосниковые решетки, нагрузки на оси и пр.; при применении большого числа тележек можно довести мощность до 8 000 *л. с.* Но есть пределы, ограничивающие мощность паровозов, которые разберем ниже.

Предел по работоспособности кочегара

Можно для современных паровозов считать, что 1 *кг* угля дает мощность около 1 *л. с.* (на окружности колеса). Фактически опыты с танк-паровозом 1—3—1 германских государственных ж. д. дали

[1] См. VDI 1930, № 34, статья Метцельтин.

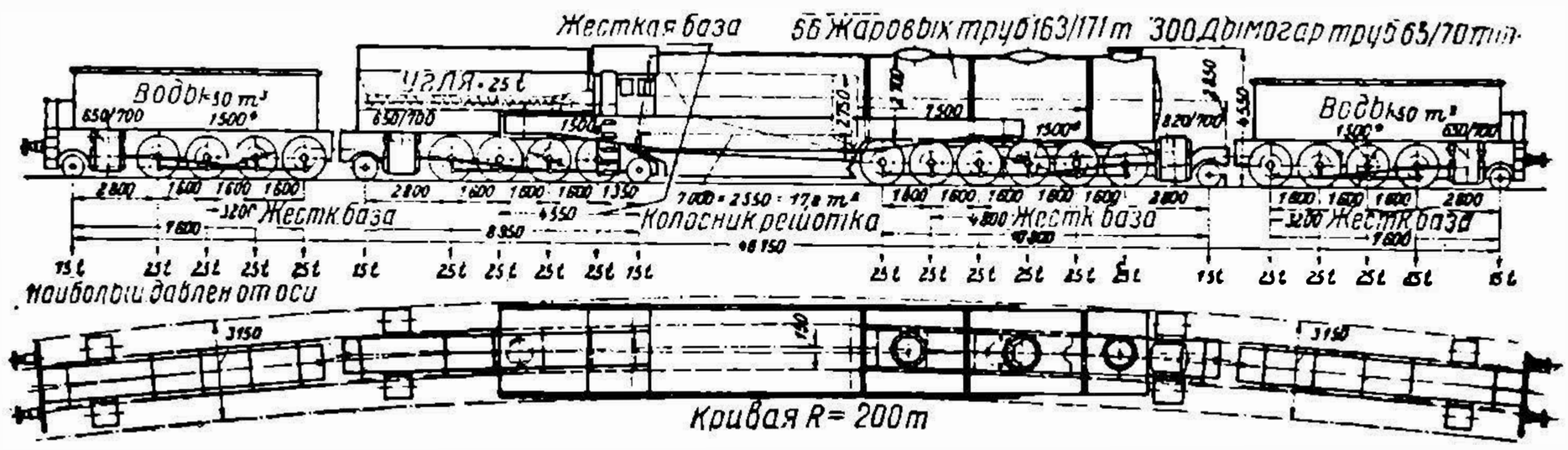
НБ УДУНТ (ДИТ)

расход угля (7 000 *кал)* на 1 *л. с.* — 1,04 *кг* на упряжном крюке при мощности от 500 до 800 *л. с.* При лучших углях этот расход понижается. Так как сильный кочегар может перебросать в топку не более 2 500 *кг* угля в час, то, следовательно, мощность обыкновенных паровозов без механического отопления ограничивается 2 500 *л. с.* При этом едва ли кочегар может обслужить топку длиннее 3 500 *мм.*

Стоккер в настоящее время обслуживает решетки площадью до 17 *м²*, и бесспорно эта площадь может быть увеличена до 20 *м²*, и при форсировке отопления 500 *кг/м²* можно сжигать 10 000 *кг* угля в час, т. е. можно получить 10 000 *л. с.* (в четыре раза выше современных европейских паровозов). Еще лучшие результаты можно выше получить при пылевидном топливе.

Предел по верхнему строению пути

Допускаемое давление от оси в Америке — до 35 *т* и в некоторых местах даже до 40 *т*. Предельное число спаренных осей в одной раме в настоящее время — шесть [1]; паровозы 2—6—1 ж. д. Union —



Фиг. 393

Pacific (фиг 225), которых построено уже 88 шт. (1930 г.), имеют диаметр колес 1 700 *мм,* из чего видно, что при меньшем диаметре спаренных осей число их может быть доведено до семи при надлежащих приспособлениях для прохода кривых и стрелок.

При шести осях и давлении от оси в 40 *т* получаем сцепной вес 240 *т,* что при коэфициенте сцепления $^1/_{4,5}$ дает силу тяги 53 500 *кг* или при скорости 40 *км/час* около 8 000 *л. с.* При европейской величине давления от оси в 20 *т* мощность соответственно уменьшается вдвое.

При паровозах сочлененных (шарнирных), например Маллета или Гарраты, число осей может быть увеличено вдвое, и тогда получим соответственно 16 000 и 8 000 *л. с.*

Так как при хороших песочницах коэфициент сцепления можно повысить до $^1/_4$, давление же от оси в Европе на многих дорогах будет повышено минимум до 25 *т,* то последняя цифра может быть увеличена до 10 000 *л. с.*

На фиг. 393 приведен проект Метцельтина — гибкого сочлененного паровоза типа Гарраты, имеющего на каждом конце тележку Маллета, по схеме 1—4—0 + 1—4—1 + 0—6—1 + 0—4—1 (фиг. 393), и тогда при давлении от спаренной оси только 20 *т* уже имеет сцеп-

[1] В СССР построен единичный паровоз с семью спаренными осями типа 2—7—2 (§ 28).

НБ УДУНТ (ДИТ)

ной вес 360 *т*, что дает возможность при коэфициенте сцепления от $^1/_6$ до $^1/_4$ и при скорости 35 *км/час* иметь от 9 350 до 11 500 *л. с.*

Предел по габариту

Габарит ограничен в ширину и высоту.

Среднеевропейский габарит имеет ширину 3 150 *мм* и высоту 4 300 *мм* (в некоторых случаях до 4 550 *мм*). Наименьший в Англии — 2 946 × 4 191; в Америке разные: в ширину — до 3 353 и в высоту — до 4 927 *мм*. Новый русский габарит наибольший — ширина 3 600, высота 5 500 *мм* (1929 г.).

Ограничение по высоте не является пока обременительным, но по ширине оказывает влияние на размеры цилиндра, колосниковой решетки и цилиндрической части котла.

Цилиндры. Наибольший диаметр внешних цилиндров высокого давления при европейских габаритах — 880 *мм* (на танк-паровозе 0—6—0 болгарских ж. д. цилиндр низкого давления 900 *мм*). При европейских малых отсечках и потому высокой экономичности, на основании опытов германских государственных ж. д., можно считать, что 1 $дм^3$ объема цилиндра может дать в среднем 4 *л. с.* (при быстроходных — немного более, при товарных — немного меньше). Поэтому при двух внешних цилиндрах диаметром 880 *мм*, при ходе поршня 750 *мм* и при одном внутреннем цилиндре того же диаметра при ходе 700 *мм* можно получить около 5 250 *л. с.*, следовательно, в сочлененном паровозе при двух тележках — около 10 500 *л. с.*

В Америке работали с значительно большими отсечками (понятно, в ущерб экономичности) при других отношениях объема цилиндров к площади колосниковой решетки. В Германии в среднем на 1 $м^2$ площади колосниковой решетки объем цилиндров от 100 (2—3—1) до 130 *л* (1—5—0), а в Америке от 80 (2—3—1) до 95 *л* (1—5—0). Следовательно, при увеличении средних отсечек до 0,4 можно получить существенное увеличение мощности. Кроме того, габарит позволяет диаметр цилиндров увеличить до 930 *мм*, что даст еще 10% увеличения мощности.

Площадь колосниковой решетки. При среднеевропейских нормах топка может иметь предельные внешние размеры 3 100 *мм* или ширину колосниковой решетки — 2 800 *мм*. Длина может быть 7 000 *мм*, а площадь равна 7 000 × 2 800 = 19,6 $м^2$. При форсировке 500 $кг/м^2$ в час получим мощность 9 800 *л. с.*

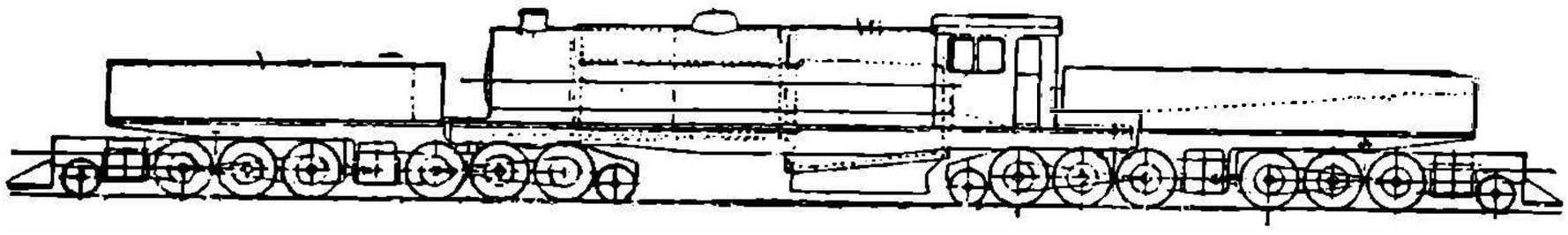
Диаметр котла можеть быть до 3 000 *мм* (внешний), но при этом закрывается для машиниста вид вперед, почему при таком диаметре надо уже ставить будку впереди дымовой коробки или итти всегда задним ходом, что возможно при отоплении нефтью или угольной пылью (фиг. 340 и 341). При обыкновенных же паровозах внешний диаметр возможен около 2 800 *мм*, что при 7 500 *мм* длины дымогарных труб дает испаряющую поверхность 860 $м^2$, количество пара 55 500 *кг* и число *л. с.* — 7 400, которое при увеличении интенсивности может быть увеличено до 8 000 *л. с.*

Таким образом для обыкновенных паровозов, работающих перегретым паром и отапливаемых углем, при европейских отношениях имеем наибольшее ограничение по котлу — 8 000 *л. с.*, но это вполне достижимо. При увеличении ширины топки на 200 *мм* — мощность увеличится на 10% (до 8 800 *л. с.*); при этом увеличивать мощность пассажирских паровозов для получения возможности вести поезда весом свыше 1 200 *т* едва ли рационально по соображениям

НБ УГЛТУ (ДИТ)

эксплоатационным, так как подобные поезда уже трудно обслуживать и принимать на современных станциях.

Эти данные выведены из современных соотношений нормальных паровозов, но возможно и дальнейшее повышение пределов мощности при уменьшении расхода пара, повышении его давления (хотя бы до 20 *ат* при сохранении конструкции современного котла или при употреблении очень высоких давлений при котлах специальных типов),



Фиг. 394

при улучшении утилизации тепловых потерь и продуктов сгорания путем воздухо- и водоподогрева и пр.

Понятно, сцепные приборы должны соответствовать развиваемой силе тяги. У нас, при нашем габарите, есть еще большая возможность повысить предел мощности при условии реконструкции пути и сцепки.

На фиг. 394 приведен проект фирмы Байер, Пикок и К^0 (Англия) гибкого сочлененного паровоза Гарратa, мощностью около 8 000 *л. с.* при давлении от оси 25 *т* и скорости 35 *км/час*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	10
§ 1. Главнейшие периоды в развитии паровоза	10
§ 2. Основная программа .	12

I. Развитие паровоза с эксплоатационной точки зрения

Глава первая

Период независимого развития пути и двигателя (до XIX века)

§ 3. Рельсовый путь	15
§ 4. Состояние паротехники к XIX веку	18
§ 5. Безрельсовый двигатель .	21

Глава вторая

Период 1800—1830 гг. — первоначальное формирование паровоза

§ 6. Первые паровозы	23
§ 7. Первые железные дороги частного и общего пользования . .	28
§ 8. Состояние паровозостроения в 1830 г. и состязание в Ренхилле	31

Глава третья

Периоды 1830—1850 гг. — окончательное формирование паровоза

§ 9. Отделение пассажирского движения от товарного	35
§ 10. Начало американского паровозостроения .	41
§ 11. Борьба за ширину колеи и проблема скорости . . .	48
§ 12. Железнодорожный транспорт Европы. Паровозостроение в Германии и Франции	59
§ 13. Общее развитие железных дорог и паровозов к середине XIX века	60

Глава четвертая

Период 1850—1900 гг.

§ 14. Эволюция паровозов во второй половине XIX века	61
§ 15. Американские паровозы .	66
§ 16. Европейские паровозы	75
§ 17. Сочлененные паровозы	89
§ 18. Горные (зубчатоколесные) паровозы	106
§ 19. Паровозы особых типов (периода 1850—1900 гг.).	113
§ 20. Взаимодействие паровоза и пути. Уравновешивание паровозов. Вписывание в кривые . .	118

Глава пятая

XX век. Период 1900—1920 гг. — эпоха интенсивной эволюции паровоза

§ 21. Общие положения .	122
§ 22. Товарные паровозы	125
§ 23. Маневровые паровозы .	138
§ 24. Пассажирские паровозы .	138

НБ УДУНТ (ДИТ)

Глава шестая

Новейшее время (после 1920 г.). Эпоха новых течений в области паровозостроения

§ 25. Современные проблемы . 142
§ 26. Диаметр ведущих колес 146
§ 27 Увеличение силы тяги посредством утилизации нагрузок тендерных и поддерживающих осей . 148
§ 28. Стандартизация типов паровозов . 151

Глава седьмая

Паровозостроение в дореволюционной России и в СССР

§ 29. Начало русского железнодорожного строительства и паровозостроения 158
§ 30. 1-й период — до 1860-х годов 159
§ 31. 2-й период — 1860—1870 гг. 162
§ 32. 3-й период — 1870—1900 гг. 165
§ 33. 4-й период — XX век . . . 172
§ 34. Узкоколейные железные дороги 185

II. Развитие паровоза с точки зрения термического совершенства

Глава первая

Проблема улучшения индикаторной диаграммы и уменьшение внутреннего трения

§ 35. Усовершенствование парораспределительных механизмов 188

Глава вторая

Борьба с конденсацией

§ 36. Паровые и газовые рубашки . 204
§ 37. Примененне принципа компаунд . 206
§ 38. Прямоточные машины 217
§ 39. Перегрев пара 218

Глава третья

Проблема повышения идеального коэфициента полезного действия

§ 40. Применеиие пара высокого давления, пылевидного топлива и конденсации мятого пара 225
§ 41. Турбовозы . 232

Глава четвертая

Проблема повышения коэфициента полезного действия котла

§ 42. Эволюция паровозиого котла 238
§ 43. Подогрев питательной воды . 241

Заключение

§ 44. Эволюция паровоза за 100 лет 243
§ 45. Современное положение паровозного парка 246
§ 46. Пределы будущего паровозостроения 251

ДИИТ
БИБЛИОТЕКА
№ 19757

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Сканировали: Сидорчик Е.В.; Покровская Т.В.

НБ УДУНТ (ДИТ)