Конец формы





<http://pro-parovoz.ru/index.php/component/k2/content/49-glava-8-obshchee-ustrojstvo-i-rabota.html>

Глава 8 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО И РАБОТА (3)

### [§ 27. Принципиальная схема](http://pro-parovoz.ru/index.php/component/k2/59-27-printsipialnaya-skhema.html)

Паровая машина преобразует потенциальную энергию приготовленного котлом пара в механическую работу, используемую для передвижения паровоза и поезда, и состоит из силовой части, в которой происходит упомянутое преобразование энергии из одного вида в другой, и парораспределительного механизма, обеспечивающего подачу пара в соответствующие полости машины, перемену направления движения паровоза и наиболее эффективное и экономичное использование пара. Паровая машина и движущий механизм схематически изображены на рис. 58.***Рис. 58. Схема силовой части паровой машины и движущего механизма***

В цилиндро-поршневую группу, обеспечивающую возвратно-поступательное перемещение ползуна 10, входят, кроме параллелей 8 и парового цилиндра 14, укрепленных с помощью болтов на раме/ паровоза, неподвижно соединенные между собой гайкой, запрессовкой и клином 11 поршень 13, делящий объем цилиндра на заднюю А и переднюю Б полости, поршневая скалка 12 и ползун 10.

Шатунно-кривошипный механизм преобразует возвратно-поступательное движение во вращательное и состоит из валика 9 ползуна, поршневого (ведущего) дышла 7 и пальца 6 кривошипа ведущего колеса 5.

В механизм, передающий на сцепные колеса часть развиваемой на пальце 6 кривошипа ведущего колеса мощности, входят сцепные дышла 4, пальцы 3 кривошипов сцепных колес 2 и соединяющие дышла шарниры, не показанные на схеме.

На первых паровозах имелись кривошипы К, закрепленные на паровозных осях. Позднее пальцы кривошипов стали запрессовывать в приливы дисков или спиц движущих колес, а кривошип, как деталь, перестал существовать. Под кривошипом теперь подразумевают палец и линию, соединяющую его центр с центром колеса. Размер этой линии, т. е. расстояние между осями пальца и колеса (иначе говоря эксцентриситет пальца), называют длиной или радиусом кривошипа R.

На анимационной схеме подробно показана работа паровой машины и кулисного механизма.  (оригинал видео можно посмотреть на сайте разработчика:<http://www.mekanizmalar.com/walschaerts_valve_gear.html> )

Ознакомление с кинематикой любого механизма удобнее производить на так называемой скелетной схеме, передающей не формы деталей, а взаимное расположение их рабочих осей, шарниров и, в нужных случаях, конфигурацию деталей.

***Рис. 59. Скелетная схема силовой части паровой машины и внутреннего механизма парораспределения***

На рис. 59 приведена скелетная схема силовой части паровой машины паровоза (без сцепных колес и дышел) и внутренний механизм парораспределения, состоящий из золотника 4 и его камеры 5.

В некоторый момент в начале или процессе работы паровой машины паровоза свежий пар из котла через канал 2 (рис. 59, а) поступает в золотниковую камеру 5, попадая в пространство между дисками золотника 4, и по каналу 7 направляется в заднюю полость парового цилиндра 8. В это время передняя полость парового цилиндра 8 через канал 6, переднюю полость золотниковой камеры 5 и канал 3, соединенный с форсовым конусом (на рисунке не показано), сообщена с атмосферой. Поэтому неуравновешенное давление пара на поршень 9 (см. стрелки р) заставляет последний перемещаться вперед вместе с соединенными с ним поршневой скалкой 10 и ползуном 12.

Действующая вдоль скалки 10 сила Р (суммарное давление пара на поршень) по известному правилу параллелограмма (см. схему сил над ползуном) раскладывается в точке А (геометрическая ось валика 13 ползуна) на две составляющие: (2 — действующую вдоль продольной оси ведущего дышла 14, и паразитную силу Т — давящую на верхнюю параллель 11 и вызывающую поперечную качку паровоза. Через заднюю головку ведущего дышла 14 сила Q воздействует на палец 17 кривошипа 16, заставляя ведущее колесо 15 вращаться по часовой стрелке, и паровоз движется вперед, пока кривошип находится выше оси колеса.

На рис. 59, б кривошип располагается ниже оси колеса; этому соответствует новое положение золотника. Теперь пар по каналу 2 через пространство между дисками золотника и по каналу 6 поступает в переднюю полость цилиндра и давит на поршень с другой стороны, заставляя его двигаться в обратном направлении — от передней крышки цилиндра к задней, задняя же полость цилиндра при этом сообщается через каналы 7, 1 и заднюю полость золотниковой камеры 5 с форсовым конусом (атмосферой). В результате разложения силы Р от действия пара в точке А на силы Т1 и Q1 (см. параллелограмм сил под ползуном), оказывается, что силой Т1 ползун и в этом случае прижимается к верхней параллели, а сила Q1 через кривошип продолжает вращать колесо по часовой стрелке, вынуждая паровоз по-прежнему двигаться вперед.

Вращающий момент силы Q заставляющий колеса катиться по рельсам, равен произведению этой силы на перпендикулярное к направлению этой силы плечо h (см. рис. 59, а), т. е. М = Qh

Но это плечо h, равное длине перпендикуляра, опущенного из центра колеса на продольную ось ведущего дышла, изменяется в зависимости от угла поворота кривошипа в широких пределах: от максимальной величины, равной радиусу кривошипа R, когда кривошип оказывается под прямым углом к продольной оси ведущего дышла (вблизи от своего отвесного положения), до нуля, когда кривошип приходит в переднюю (п.м.т) или заднюю (з.м.т) мертвую точку. Именно потому, что вращающий момент в этих точках из-за отсутствия плеча становится равным нулю и паровая машина не может при таком положении тронуться с места, эти точки называются мертвыми. Поэтому паровоз снабжен двумя паровыми машинами — правой и левой — и кривошип левой расположен так, что он при переднем ходе отстает от правого ровно на угол 90°. Благодаря этому, когда кривошип одной машины находится в п.м.т или з.м.т и вращающий момент на этой стороне паровоза равен нулю, кривошип другой машины расположен отвесно и ее вращающий момент близок к наибольшему.

Ход поршня Н, совершаемый за время поворота кривошипа из п.м.т в з.м.т (или наоборот), равен длине двух радиусов R кривошипа, т. е. Н = 2R.

Но если вынуть валик ползуна и продвинуть поршень от удара в заднюю крышку до удара в переднюю крышку, окажется, что в этом случае пройденная им длина H1 больше его хода при собранном механизме: Н<н sub="">1 = Н + lз + lп

Следовательно, при работе поршень не доходит до передней крышки на величину lп, а до задней — на lз.

Это необходимо, во-первых, чтобы даже при незначительном износе подшипников поршневого дышла или диаметра шейки кривошипа и валика ползуна предотвратить возможность удара поршня в крышки цилиндра, а главное-—обеспечить создание упругой паровой подушки перед изменением направления движения поршня в з.м.т и п.м.т, тем самым исключить инерционные удары в силовом механизме н организовать плавный переход его через мертвые положения, когда поршень изменяет направление своего движения.

Пар, заполняющий объем паровой подушки, не производит полезной работы, но после каждого опорожнения полости цилиндра вновь расходуется из котла при следующем наполнении этой полости свежим паром. Поэтому объем паровой подушки называют вредным объемом или вредным пространством, а недоходы поршня до ударных положений, т. е. lп и lз — линейными величинами переднего и заднего вредных пространств.

Так как действие паровой подушки со стороны каждой передней и задней крышек должно быть одинаковым, то и объемы переднего и заднего вредных пространств обязаны быть равными. Но наличие скалки по одну сторону поршня, а также различная конфигурация его сторон заставляют делать переднюю и заднюю крышки цилиндра разной формы, и тогда линейная величина вредного пространства (недоход поршня до крышки) спереди и сзади может оказаться неодинаковой, т. е. lп не равно lз

.

***Рис. 60. Раздвижной золотник***

Парораспределительный механизм, обеспечивающий своевременный впуск пара в полости цилиндра и выпуск пара из них и тем самым создающий требующийся цикл работы, состоит из внутренней и внешней частей. Внутреннюю часть парораспределительного механизма составляют золотники и их втулки, в которых они перемещаются.

На паровозах СССР установлены круглые раздвижные золотники системы Трофимова. При беспарном ходе подвижные диски 2 и 4 (рис. 60) золотников сдвигаются к середине золотниковой камеры и стоят неподвижно и только скалка 3 с закрепленными на ней упорными шайбами 1 и 5 продолжает двигаться взад и вперед, не касаясь своей более тонкой средней частью горловин золотниковых дисков. При открытии регулятора пущенный в машину свежий пар поступает в пространство между дисками 2 и 4, раздвигает их до упора в шайбы 1 и 5, и золотник начинает двигаться как одно целое. Диски снабжены уплотнительными кольцами, препятствующими пару перетекать из одной полости золотниковой коробки в другую.

### [§ 28. Парораспределение и схема кулисного механизма Вальшерта](http://pro-parovoz.ru/index.php/component/k2/60-28-paroraspredelenie-i-skhema-kulisnogo-mekhanizma-valsherta.html)

***Контркривошип.*** Движения золотника и поршня должны быть строго согласованы друг с другом, иначе паровая машина не сможет нормально работать. Поэтому привод золотника осуществляется от дополнительного —золотникового — кривошипа, посаженного на ту же ось, что и главный поршневой кривошип, и соединенного с ползуном золотника своим дышлом.

В предыдущем параграфе было наглядно показано, что при переднем ходе паровоза, когда главный кривошип находится выше оси колеса (см. рис. 59, а), золотник (изображен сплошными линиями) должен быть смещен назад от своего среднего положения, чтобы обеспечить снабжение рабочей (на рисунке задней) полости цилиндра паром и сообщение нерабочей его полости (на рисунке передней) с фарсовым конусом. Когда же главный кривошип находится ниже оси колеса, то при том же переднем ходе паровоза золотник должен быть сдвинут вперед от своего среднего положения (см. рис. 59,б). Следовательно, в момент перемены направления движения поршня, т. е.  в п.м.т  и  з.м.т, золотник обязательно-должен находиться в своем среднем положении, готовясь к впуску пара в одну полость цилиндра и выпуску пара из другой. Отсюда ясно: если приводить золотник в движение от специального золотникового кривошипа, то этот кривошип должен быть посажен под углом 90° к главному кривошипу, почему его и принято называть контркривошипом.

Для движения паровоза задним ходом необходимо, чтобы при расположении кривошипа выше оси колеса (см. рис. 59, а) свежий пар из котла подавался в переднюю полость цилиндра, а задняя полость в это время была бы сообщена с атмосферой. Это возможно осуществить, если диски золотника займут положение, обозначенное на рис. 59, а штриховыми линиями, т. е. зеркальное по отношению к их местонахождению при переднем ходе (очерчено сплошными линиями). В этом случае пар из котла по патрубку 2 попадет в золотниковую камеру 5 между дисками золотника 4, показанными штриховыми линиями, затем по каналу 6 поступит в переднюю полость цилиндра и начнет давить на поршень 9, заставляя его перемещаться в сторону задней крышки. Вместе с поршнем в том же направлении будут двигаться соединенные с ним детали•— скалка 10 и ползун 12.

***Действующие силы.*** Сила пара Р (см. на рис. 59 параллелограмм сил над валиком ползуна), приложенная к скалке 10, делится в точке А (центр валика 13 ползуна) на две силы: Q — вдоль оси ведущего дышла 14 и Т — перпендикулярную рабочей плоскости параллелей 11. Следует обратить внимание на то, что при заднем ходе эта «паразитная» сила Т будет направлена вниз и нагрузит нижнюю параллель.

В том что воздух (в начале движения) или пар, находящиеся в задней полости цилиндра, и при заднем ходе не будут противодействовать силе свежего пара, легко убедиться. В этом случае задняя полость цилиндра соединена с атмосферой через канал 7 (см. рис. 59,а), пространство золотниковой камеры 5 сзади заднего диска золотника (изображен штрихами), патрубок 1 и форсовый конус.

Точно так же и при движении кривошипа в пределах полукруга, лежащего ниже оси колеса (см. рис. 59,6), золотник при заднем ходе должен занимать положения, оппозитные по отношению к своим соответствующим положениям при переднем ходе; одно из таких оппозитных положений показано на рис. 59, б штриховыми линиями. В этом случае пар из котла, вошедший через патрубок 2 в пространство золотниковой камеры 5, ограниченное дисками золотника 4 (штриховые линии), по каналу 7 направится в заднюю полость цилиндра и заставит поршень 9 двигаться в сторону передней крышки цилиндра 8. Воздух или пар из передней полости цилиндра будут удаляться через канал 6 в часть золотниковой камеры 5, расположенную перед передним диском (штриховые линии) золотника 4, и далее через патрубок 3 и форсовый конус —в атмосферу.

Соединенный с поршнем скалкой 10 ползун 12 также будет двигаться вперед, увлекая за собой поршневое дышло 14. В точке А (ось валика 13 ползуна) сила Р, передающаяся от поршня, разделится на две: Q1— направленную по оси ведущего дышла 14 и заставляющую колесо вращаться против часовой стрелки, и паразитную силу Т1 — действующую на нижнюю параллель 11 перпендикулярно ее плоскости. Как и при переднем ходе, паразитные силы Т правой и левой машин паровоза, действуя совместно, вызывают поперечную качку его надрессорного строения.

***Рис. 61. Угол насадки а***

***Кривошип и контркривошип, взаимное положение.*** Рассматривая рис. 61, легко прийти к выводу: если при положении главного кривошипа и поршня в з.м.т золотник находился в среднем положении, как указано на рисунке, то при дальнейшем движении паровоза передним ходом золотник должен двинуться навстречу поршню, чтобы открыть канал 7 для впуска пара в заднюю полость цилиндра и одновременно открыть канал 6 для выпуска пара из передней полости цилиндра. А такое встречное движение поршня и золотника возможно только в том случае, если контркривошип 13 отстает в своем вращении от кривошипа 15, т. е. посажен так, как указано на рис. 61. Это можно проверить. У паровоза, двигающегося передним ходом (см. стрелку направление вращения), главный кривошип 15 из з.м.т будет описывать верхнюю полуокружность своего пути, а связанная поршневым дышлом с его пальцем 14 поршневая группа: поршень, скалка и ползун (на рисунке не показаны) — удаляться от ведущего колеса, тогда как контр кривошип 13, следуя в своем вращении по часовой стрелке, вслед за кривошипом 15 и воздействуя пальцем 12 через тягу 11 на золотниковый ползун 10, направляемый параллелями 9, и соединенную с ним золотниковую скалку 8, заставит золотник 4 двигаться в сторону ведущего колеса, т. е. навстречу поршневой группе. При этом задний диск золотника, сдвигаясь влево, начнет открывать канал 7 для впуска свежего пара в заднюю полость цилиндра через патрубок 2 и пространство золотниковой камеры 5, расположенное между дисками золотника 4. Одновременно передний диск золотника, сдвигаясь тоже в сторону ведущего колеса, сообщит переднюю полость цилиндра с атмосферой через канал 6, пространство золотниковой камеры между ее передней крышкой и передним диском золотника и далее через патрубок 3 с форсовым конусом.

***Задний ход.*** Представим, что паровоз двигается задним ходом, т. е. колеса вращаются против часовой стрелки (см. рис. 61). Тогда, чтобы заставить кривошип 15 описывать нижнюю полуокружность своего пути, надо направить свежий пар в заднюю полость цилиндра через канал 7 и для этого сдвинуть золотник 4 в сторону ведущего колеса. Однако контркривошип 13, наоборот, начнет сдвигать золотник к его передней крышке и подаст свежий пар в переднюю полость цилиндра, соединив заднюю полость каналами 7 и 1 с форсовым конусом. Это произойдет потому, что при заднем ходе контркривошип 13 изображенный на рис. 61 не будет следовать через 90° за кривошипом 15, а наоборот, станет опережать его на тот же угол. Чтобы заставить машину двигаться задним ходом, необходимо повернуть контркривошип 13 в зеркальное (оппозитное) положение, обозначенное на рис. 61 штрихпунктиром; тяга 11, связывающая палец контркривошипа с золотниковым ползуном 10 при новом положении контркривошипа, также изображена штрих-пунктиром. Итак, чтобы паровоз мог двигаться и вперед и назад» контркривошип должен для каждого направления движения устанавливаться в соответствующее положение — переднего или заднего хода.

Однако изменять положение контркривошипа на ведущем колесе с «прямого» (передний ход) на «оппозитное» (задний ход) неконструктивно. Проще снабдить машину двумя контркривошипами переднего и заднего хода и в зависимости от нужного направления движения соединять заднюю головку тяги 11 (к золотнику) с соответствующим контркривошвпом. Вплоть до Великой Отечественной войны в паровозном парке СССР имелись еще машины с двумя контркривошипами, выполненными в виде эксцентриков, насаженных на среднюю часть ведущей оси; это паровозы с двухэксцентриковым парораспределительным механизмом Стефенсона, Гуча и Аллана (паровозы Р, Чн, Чк и др.).

***Механизм перемены хода с одним контркривошипом.***Между тем не представляет труда применить для движения в обоих направлениях один жестко установленный контркривошип, если привод золотника организовать через равноплечий рычаг первого рода 6 (рис. 62, а), вставленный между половинками разрезанной на две части тяги к золотнику; здесь ее переднюю половинку 2 назовем золотниковой тягой, а заднюю часть 3 — контркривошипной (эксцентриковой) тягой. Рычаг 6 закреплен своей серединой с помощью шарнира 7 на раме паровоза. Следует обратить внимание: чтобы перемещения золотника были при обоих случаях закрепления золотниковой тяги — на передний ход за нижний конец рычага (сплошная линия), на задний ход за верхний конец рычага (штриховая линия)—совершенно одинаковыми, ось качания (точка подвеса о) рычага 6 должна находиться на оси золотниковой камеры, как показано на рис. 62, а. Если это условие не будет соблюдено и между горизонтальными плоскостями, в которых лежат ось золотниковой камеры и ось точки подвеса о рычага 6 (рис. 62,б), окажется расстояние h, — движение золотника при переднем и заднем ходе паровоза будет различным. Это легко проверить. Если при переднем ходе золотниковая тяга 2, соединенная с нижним концом рычага 6, установит при з.м.т золотник в среднее положение, то когда задний конец q золотниковой тяги будет соединен с верхним концом q' рычага 6, при з.м.т окажется, что золотник сместится из среднего положения назад. Новое положение валика 1 золотникового ползуна будет s'; найти его просто: ведь длина золотниковой тяги qs остается неизменной, поэтому приложив острие ножки циркуля, раздвинутого на эту величину qs, к верхнему концу q' двуплечего рычага 6 при з.м.т, делаем другой ножкой засечку на оси золотниковой втулки. Расстояние s's равно смещению золотника из среднего положения из-за неверного расположения точки подвеса о рычага 6. Мало того, чтобы перемещения золотника при переднем и заднем ходе были идентичны, а в з.м.т и п.м.т он занимал среднее положение, необходимо точку захвата q двуплечего рычага 6 контркривошипной (эксцентриковой) тягой 3 располагать в горизонтальной плоскости, в которой лежит ось ведущего колеса, как показано на рис. 62, а.

***Рис. 62. Построение кулисного механизма перемены хода***

В самом деле, при установке машины в з.м.т и п.м.т местонахождение оси валика 1 золотникового ползуна должно быть в обоих случаях одинаковым, определяющим среднее положение золотника. Представим, что точка захвата равноплечего рычага при з.м.т будет расположена на h мм выше горизонтальной плоскости, в которой лежит ось колеса (рис. 62, в), центр валика 1 золотникового ползуна занимает положение s, соответствующее среднему положению золотника. Когда ведущее колесо сделает пол-оборота и кривошип 4 займет положение п.м.т, палец n контркривошипа 5 встанет в положение п1. Чтобы найти новое положение точки захвата равноплечего рычага 6, очертим из точки качания о этого рычага часть дугового пути t-t точки захвата q, а из центра нового положения контркривошипного пальца n1 сделаем на этом пути t-t засечку, раздвинув ножки циркуля на длину контркривошипной (экедентриковой) тяги 3, определяемой расстоянием nq. Эта засечка q1 определит местоположение точки захвата при п.м.т. Из точки q1 сделаем засечку на линии перемещения центра валика золотникового ползуна 1, раздвинув ножки циркуля на длину золотниковой тяги 2, равную qs. Полученная точка s1 укажет местоположение центра валика золотникового ползуна при п.м.т., а расстояние ss1 определит сдвиг золотника вперед из среднего положения, которого при правильно сконструированном механизме быть не должно. Таким же путем можно показать, что смещение точки захвата равноплечего рычага при з.м.т вниз также вызовет при п.м.т недопустимый сдвиг золотника из среднего положения.

Правильное местоположение точки захвата а равноплечего рычага устанавливает этот рычаг в среднее (отвесное) положение и в з.м.т и п.м.т. Центр 5 валика 1 золотникового ползуна (см. рис. 62, с), определяющий положение золотника при з.м.т и п.м.т, будет находиться в одном и том же месте (среднем положении), если треугольники оqs и оq's будут равны. Их сторона os общая, q's = qs, поскольку это неизменяемая в процессе работы длина золотниковой тяги 2, а стороны оq и оq' равны между собой по условию— рычаг 6 равноплечий. Такое возможно только в том случае, когда точки о — качания рычага 6 и s — центра валика золотникового ползуна лежат на оси золотниковой камеры и треугольники оqs и оq's прямоугольные. Теперь можно сформулировать два основных принципа, которым должен отвечать внешний парораспределительный механизм.

1. ***Ось (точка подвеса) двуплечего рычага перемены хода должна располагаться на оси золотниковой камеры.***
2. ***Точка захвата двуплечего рычага головкой контркривошипной (эксцентриковой) тяги должна лежать в горизонтальной плоскости, в которой располагается ось ведущей колесной пары.***

***Кулиса***. Менять место соединения золотниковой тяги с равноплечим рычагом перед каждым изменением направления движения паровоза так же неудобно, как попеременно соединять ее с контркривошипом переднего или заднего хода. Чтобы избежать такого неудобства, двуплечий рычаг цоц' заменяют кулисой 2 (рис. 63)—рамкой, внутри которой может скользить без перекоса камень 3. Задний конец золотниковой тяги 4 делают в форме вилки, облегающей боковые торцы кулисы, и соединяют с камнем валиком 5, удерживаемым на месте с помощью шплинтов 6. Для соединения кулисы с контркривошипной (эксцентриковой) тягой у нее внизу сзади отковывают ушко 1. При кулисе нет надобности перед изменением направления движения паровоза производить какую-либо разборку и сборку в механизме парораспределения; достаточно опустить камень с соединенной с ним вилкой золотниковой тяги вниз и паровоз будет двигаться передним ходом; если же поднять камень с вилкой в самый верх кулисы, паровоз пойдет задним ходом.

***Рис. 63. Устройство кулисы***

Скелетная схема такого механизма представлена на рис. 62, г. На схеме задний конец золотниковой тяги 2 шарнирно соединен с кулисным камнем 8, а передний конец контркривошипной (эксцентриковой) тяги 3 шарнирно соединен с нижним концом кулисы 6, которая подвешена и может колебаться на шарнире 7, расположенном в ее середине.

***Отсечка; перекрыши; рабочая ширина золотникового диска***. До сих пор работа паровой машины рассматривалась в предположении впуска пара в цилиндр за все время хода поршня от одного мертвого положения до другого. Хотя в таком случае машина, казалось, развивает максимальную силу и мощность, однако это и неверно и невыгодно.

Невыгодно потому, что по приходе поршня в мертвую точку весь пар котлового давления из отработавшей полости цилиндра придется выбрасывать в атмосферу, хотя он продолжает обладать тем же, практически, запасом потенциальной энергии, который он имел при впуске. Мало того, выпуск такого количества пара с высоким давлением будет происходить с трудом: выпускаемый пар будет оказывать большое противодавление на нерабочую сторону поршня и тем самым отнимать значительную часть силы и энергии, развиваемых паром в рабочей полости цилиндра. Чтобы использовать потенциальную энергию свежего пара более рационально, впуск его в цилиндр прекращают задолго до прихода поршня в мертвую точку. Тогда остаток своего хода в данном направлении поршень будет двигаться за счет расширения находящегося в цилиндре пара. При этом давление и температура работающего пара будут заметно падать, а поэтому при выпуске его из цилиндра во время обратного хода поршня отработавший пар окажет значительно меньшее сопротивление; противодавление, оказываемое им на нерабочую сторону поршня, резко снизится и одновременно существенно возрастет к.п.д. паровой машины. Прекращение (отсекание) впуска пара в рабочую полость цилиндра до прихода поршня в мертвую точку называется отсечкой, измеряется в десятых долях хода поршня и обозначается греческой буквой **е** (эпсилон). Так, например, отсечка **е** =0,6 означает, что на шести десятых хода поршня в цилиндр впускается свежий пар, а остальные четыре десятых своего хода поршень движется под действием расширяющегося пара. Расчетами и практикой установлено, что паровоз с двумя паровыми машинами (правой и левой), кривошипы которых заклинены под углом 90° друг к другу, при любом положении своих машин может двинуться с места, если отсечка установлена е = 0,7-:-0,75.

Но, чтобы произвести отсечку, т. е. до прихода золотника в среднее положение закрыть в золотниковом зеркале окно — отверстие канала, но которому свежий пар поступает в рабочую полость цилиндра, необходимо увеличить ширину золотникового диска со стороны впуска пара на некоторую величину, определяющую максимальный размер отсечки. Этот добавок к ширине диска носит наименование перекрыша впуска и его размер обозначается буквой **е**; на эту величину золотниковый диск в среднем положении золотника перекрывает впускную кромку окна в золотниковой втулке (рис. 64); отсюда название — перекрыша.

***Рис. 64. Золотник с перекрышами: а — ширина окна; е — перекрыша впуска; i — перекрыша выпуска; b — ширина золотникового диска***

Поршень со скалкой, ползун и передняя головка поршневого дышла, подходя к мертвой точке, в которой они должны изменить направление движения, обладают значительным запасом инерции. Чтобы погасить ее и сделать переход через мертвую точку более плавным, безударным, окно, через которое выходит из нерабочей полости цилиндра отработавший пар, закрывают до прихода поршня в з.м.т и п.м.т. Этим создается так называемая подушка из остатка пара в цилиндре. Для этого золотниковые диски с наружных, выпускных сторон уширяют так, чтобы при среднем положении золотника выпускные рабочие кромки дисков перекрывали кромку окна на некоторую величину г, называемую перекрышей выпуска. Тогда общая рабочая ширина каждого диска оказывается равной сумме ширины окна **а** и обеих перекрыш — впуска **е** и выпуска **i**, т. е. **b = а + е + i**.

***Промежуточные отсечки, кривизна кулисы.*** Нагрузка на паровоз изменяется в весьма широких пределах; он может везти поезд большой массы с наибольшей возможной скоростью, используя всю мощность, которую позволяют ему развить его паровая машина и котел, а иногда требуется, чтобы паровоз следовал без состава, резервом и тогда затрата мощности на собственное перемещение, конечно, будет во много раз меньше. Следовательно, паровая машина паровоза должна обеспечивать изменение развиваемой ею мощности в весьма широких пределах. Очевидно, изменять для этого параметры приготовляемого котлом пара, уменьшая его давление и температуру, нерационально: снижение давления и температуры свежего пара существенно ухудшит к.п.д. паровой машины. Но не это главное. Даже обслуживая один и тот же поезд в одинаковых погодных условиях, машинист вынужден часто варьировать мощность паровой машины в довольно широких пределах — от максимальной до нуля. Например, следуя по затяжному спуску, он закрывает регулятор, и паровоз с составом движется под действием сил инерции и слагающей силы тяжести; на равнинном участке — использует только часть той мощности, которую может дать паровоз, а на крутом подъеме заставляет паровоз развить максимальную мощность. Так как эти .изменения мощности следуют друг за другом в различных комбинациях и через небольшие промежутки времени, то регулировать изменение давления пара в котле и его температуру оказывается не только невыгодным, но и невозможным.

Мощность, развиваемая паровой машиной паровоза, при прочих равных условиях будет изменяться пропорционально количеству расходуемого пара на цикл работы машины. Чем раньше будет происходить отсечка (т. е. чем меньше она будет), тем меньше пара будет подано в цилиндры паровой машины и тем большую часть своего хода поршень будет проходить под действием расширяющеюся пара. Но размах кулисы вследствие неизменности размера радиуса контркривошипа для данной машины постоянен, и уменьшить отсечку можно только одним путем: сдвинув кулисный камень ближе к центру качания (точке подвеса) кулисы. Это уменьшит ход золотника пропорционально удалению оси валика камня кулисы от точки ее подвеса и тем самым заставит золотник производить отсечку раньше, т. е. уменьшит ее. А этом как раз и требуется. Итак, изменение расстояния от оси валика кулисного камня до точки подвеса кулисы пропорционально меняет отсечку, т. е. наполнение цилиндров свежим паром. На некоторой величине упомянутого расстояния отсечка становится нулевой, т. е. впуск пара не происходит. В этом случае перемещение золотника на открытие не превышает перекрыши впуска, и паровое окно в золотниковой камере не открывается вовсе. Когда же ось валика кулисного камня совпадает с осью качания кулисы (точкой подвеса), то движение золотника прекращается полностью, хотя кулиса продолжает делать полный размах.

Казалось бы найден простой выход для получения на паровой машине паровоза малых отсечек. Однако, если кулиса сохранит прямолинейность своего лаза для камня, то на малых отсечках она станет работать плохо, неравномерно. В самом деле, если поставить машину в п.м.т или з.м.т, когда кулиса займет среднее положение, и начать смещать камень в сторону точки подвеса кулисы, то золотник не будет при этом оставаться на месте в своем среднем положении. Благодаря неизменности длины золотниковой тяги золотник по мере приближения камня к точке подвеса кулисы начнет уходить вперед из среднего положения тем дальше, чем ближе к точке подвеса кулисы будет передвинут кулисный камень (см. рис. 62, д).

Это несложно установить и доказать также математическим путем. В самом деле, треугольники оаs и оа's' прямоугольные и по теореме Пифагора

**(аs)2= (оа)2+ (оs)2 и (а's1')2 = (оа')2+ (оs'1)2.**

Но гипотенузы этих треугольников равны друг другу, так как представляют собой неизменяющуюся от перемещения камня в кулисе длину золотниковой тяги, т. е. **аs = а's'1**. Естественно, равны друг другу и квадраты этих гипотенуз, т. е.**(аs)2 = (а's'1)2**, а значит и **(оа)2+ (оs)2 = (оа')2+ (оs'1)2.**

Так как по построению **оа'<оа**, то и **(оа')2< (оа)2**. Но тогда предыдущее равенство может быть соблюдено лишь в том случае, когда**(оs1')2 > (оs)2**, т. е. **оs1' > оs**, что и требовалось доказать: золотник при установке кулисного камия в позицию **а'** сдвинется из своего среднего положения вперед на величину **ss1'**, если кулиса находится в своем среднем (отвесном) положении.

Решение поставленной задачи сколь элементарно, столь и изящно: достаточно паз в кулисе для камня сделать не прямолинейным, а описать радиусом, равным длине золотниковой тяги, т. е. равным расстоянию между осями валика кулисного камня и валика золотникового ползуна (см. рис. 62,е). Тогда, если кулиса поставлена в среднее (отвесное) положение и точка ее подвеса лежит на оси камеры золотника, то перемещение камня по всей ее длине не будет вызывать никакого сдвига золотника из его среднего положения. Это уже механизм не только перемены хода, но и механизм наполнения (отсечек).

Теперь в двух основных принципах, которым должен отвечать внешний парораспределительный механизм (см. с. 83), слова «двуплечего рычага перемены хода» следует заменить словом «кулиса» и добавить к ним еще третий.

***3. Кулиса должна быть описана радиусом, равным длине золотниковой тяги и направлена выпуклостью назад.***

***Рис. 65. Механизм наполнения и переводной механизм: 1- валик золотникового ползуна; 2— золотниковая тяга; 3— кулиса; 4 — коитркривошипная: (эксцентриковая) тяга; 5 — коитркривошип; 3—кривошип; 7 — маховик; 8 — переводной винт; 9 — гайка переводного винта; 10 — переводная тяга; 11, 13—рычаги переводного вала; 12 — переводной вал; 14 — подвеска радиальной тяги***

***Переводной механизм.*** Чтобы машинист мог изменять величину отсечки и направление движения паровоза со своего места в будке, паровую машину паровоза снабжают переводным механизмом (рис. 65). Поперек рамы паровоза укладывают в подшипниках переводной вал 12, концы которого снабжены рычагами 13. С помощью валиков подвеска 14 соединяет рычаг 13 с золотниковой тягой 2 и позволяет по мере поворота переводного вала 12 перемещать кулисный камень по кулисе в нужное положение. Винт 8 с гайкой 9 крепят возле кресла машиниста. Вращая этот винт за рукоятку маховика 7, машинист перемещает гайку 9 вдоль винта, а соединенная с гайкой переводная тяга 10, воздействуя на рычаг 11, закрепленный на переводном валу 12, поворачивает последний и через рычаг 13 и подвеску 14 устанавливает кулисный камень в требуемое положение. Чтобы исключить произвольный поворот винта 8, его снабжают зубчатым колесом. С помощью укрепленной на раме защелки (на схеме не показана) машинист фиксирует зубчатое колесо и тем самым положение камня в кулисе.

***Опережение (предварение) впуска и выпуска пара.*** При нахождении машины в з.м.т или п.м.т рассмотренный выше механизм наполнения ставит кулису, а тем самым и золотник в среднее положение, при котором диски золотника, даже с нулевыми перекрышами впуска и выпуска, закрывают окна в зеркале золотника. Тогда в мертвой точке свежий пар не может попасть в цилиндр, а отработавшнй — начать покидать цилиндр. И только когда колеса провернутся на некоторый угол, рабочая полость цилиндра начнет наполняться свежим паром, а отработавший пар начнет выходить в конус и атмосферу. В первые моменты в открывшихся узких щелях между рабочими кромками окон и золотника будет происходить сильное мятие пара, в результате которого давление пара в рабочей полости будет нарастать весьма медленно, а противодавление на нерабочую сторону поршня также медленно падать. Так будет при отсутствии перекрыш. А если золотник, как это всегда бывает, имеет перекрышн, да еще достаточно большие, то впуск свежего пара в рабочую полость и выпуск отработавшего пара из другой полости начнутся, когда колесо провернется на значительный угол. Чтобы такого не случилось, чтобы свежий пар в рабочую полость уже в мертвой точке поступал без существенного мятия, а давление отработавшего пара в мертвой точке резко упало, необходимо заранее к приходу машины в з.м.т или п.м.т сдвинуть золотник из среднего положения на величину, большую перекрыши впуска (и выпуска), т. е. организовать опережение (предварение) впуска и выпуска. Линейную величину опережения принято обозначать греческой буквой V с индексом внизу, указывающим предварение впуска \'е или выпуска лч. Линейная величина опережения впуска колеблется на паровозах СССР в пределах от 4 до 8 мм.

Сдвинуть золотник из среднего положения на величину перекрыши впуска плюс линейная   величина   опережения    впуска  (е+vе) возможно за счет соответствующего изменения угла насадки контркривошипа относительно кривошипа, как показано на рис. 66, где d — угол опережения, обеспечивающий получение нужной величины ve.

***Рис. 66. Опережение за счет изменения угла насадки***

В некоторых системах парораспределения применялся такой способ создания потребного предварения впуска. Можно было бы применить его и в рассматриваемом механизме. Однако это нельзя считать рациональным и прежде всего из-за переменной линейной величины опережения, которая будет зависеть от отсечки.

В самом деле, уменьшение отсечки приближением кулисного камня к точке подвеса кулисы сокращает ход золотника и соответственно уменьшает величину линейного предварения. Но малые отсечки, особенно на быстроходных паровозах, применяются на больших скоростях, когда заметно сокращается продолжительность открытия окна. А уменьшение произведения величины открытия окна на продолжительность его открытия (время — сечение) существенно влияет на мятие пара н наполнение цилиндра паром и его опорожнение от отработавшего. При обеспечении предварения за счет угла насадки получается неустранимое противоречие; при больших скоростях уменьшается отсечка, а вместе с ней уменьшается время — сечение и предварение, что приводит к резкому падению мощности паровой машины.

Поэтому на паровозах имеется специальный механизм опережения, обеспечивающий сдвиг золотника при нахождении поршня в мертвых точках из среднего положения на величину перекрыши впуска плюс линейная величина опережения впуска (е + vе). Он состоит (рис. 67) из маятника 3, подвешенного в верхней точке й и соединенного с валиком золотникового ползуна в промежуточной точке f. Поводок 1, закрепленный на поршневом ползуне, соединяется с нижней точкой g маятника с помощью маятниковой тяги 2 такой длины, чтобы при нахождении поршня (ползуна) на середине хода ось маятника была перпендикулярна оси цилиндра (рис. 67, а).

***Рис. 67. Маятниковый механизм опережения***

Здесь следует обратить внимание на то, что при положении поршня (ползуна) на середине хода кривошип не находится в отвесном положении, а сдвинут в сторону цилиндра на некоторый угол у. В самом деле, расстояние аb, если точка b соответствует положению центра валика ползуна на середине его хода, равно длине поршневого дышла. Но ведь и расстояние сb есть тоже длина этого же дышла, надетого на палец кривошипа, т. е. сb—аb. Чтобы найти положение точки с, достаточно раствором циркуля, равным аb, сделать на окружности движения центра пальца кривошипа засечку с, используя центрам ось b валика ползуна. Угол у или соответствующая ему линейная величина недохода центра пальца кривошипа до вертикали называются углом перебега у и перебегом поршня hа.

Перебег поршня несложно определить. Треугольники сhа и сhb прямоугольные. По теореме Пифагора

{сh)2+ (hb)2 = {сb)2; (1)

(сh)2+ (hа)2= (са)2;  (2)

Но hа+hb = аb = сb = L — это длина поршневого дышла, са = R — радиус кривошипа, а hа=Х—искомый перебег. Тогда из (1) (сh)2 + [L-Х]2 = L2; (сh)2 + L2~2LХ+Х2=L2, следовательно, (сh)2+Х2 = 2LХ. Но из (2) (сh)2+Х2=R2, значит 2LХ=R2 и окончательно перебег поршня равен X=R2/ 2L

Когда поршень придет в мертвую точку, т. е. совершит из своего среднего положения путь, равный радиусу кривошипа R, золотник должен оказаться в положении предварения впуска, т. е. быть сдвинутым из среднего положения на величину, равную сумме перекрыши впуска и предварения впуска, т. е. е+vе (рис. 67, а, б).

Отсюда соотношение плеч маятника  . Тогда  ve

Все величины в правой части уравнения для данного паровоза неизменны. Отсюда следует, что такой маятниковый механизм обеспечивает постоянство линейного опережения впуска при любых отсечках и скоростях движения.

***Кулисный механизм Вальшерта1***. Кулисный механизм наполнения и маятниковый механизм опережения в своей работе удачно сочетаются друг с другом. Когда поршень находится в мертвой точке, механизм опережения сдвигает золотник на ту максимальную величину, на которую он может его сдвинуть. Но в этот самый момент кулиса занимает свое среднее положение и потому воздействие от контркривошипа на золотник равно нулю. Ведь если бы не было механизма опережения, золотник под действием механизма наполнения находился бы в своем среднем положении и перемещение камня по кулисе в любом направлении на любую величину не оказывало на положение золотника никакого воздействия.

***Рис. 68. Скелетная схема парораспределительного механизма Вальшерта 1— маятник; 3 — тяга маятника; 3 — радиальная тяга; 4 — кулисный камень; 5 — контркривошипная (эксцентриковая) тяга; 6 — контркривошип; 7 — переводной винт; 8 — гайка переводного винта; 9 — переводная тяга; 10 — переводной вал; 11 — рычаг переводного вала; 12 — кулиса; 13 — подвеска радиальной тяги; 14 — золотниковый ползун***

Наоборот, когда поршень находится на середине своего хода, воздействие механизма наполнения на золотник наибольшее — он сдвигает его на максимальную величину, соответствующую установленной положением камня в кулисе отсечке. В этот же момент маятник устанавливается перпендикулярно оси цилиндра и его воздействие на золотник отсутствует. Если бы механизма наполнения не было или, что то же самое, камень в кулисе был бы поставлен в точку качания кулисы, золотник находился бы в своем среднем положении.

  ***Рис. 69. Изменение положения точки захвата кулисы***

Указанное обстоятельство позволяет соединить оба эти механизма в один общий. Для чего достаточно расположить точку подвеса кулисы на высоте верхней точки маятника и соединить переднюю головку золотниковой тяги с этой точкой маятника (рис. 68). Теперь тягу 3 следует называть радиальной (ее длина представляет радиус кривизны кулисы).

Необходимо заметить, что золотник в таком механизме получает от кулисной части перемещения, уменьшенные на соотношение плеч маятника в к=(tg)/(dg) раз.

Особенности механизмов парораспределения паровозов СССР.

1. При отсечке ***?=0,75*** в правильно собранной и отрегулированной двухцилиндровой паровой машине простого действия при любом положении кривошипов, по крайней мере, одна полость какого-нибудь цилиндра сообщена с пространством между дисками золотника; следовательно, при открытом регуляторе паровоз обязательно тронется с места. Поэтому размеры кулисы ограничены максимальной отсечкой ***?=0,75***.

Но тогда для соблюдения второго принципа механизма наполнения пришлось бы снабдить кулису очень длинным хвостовиком ***dp0*** (рис. 69), а это в свою очередь потребовало бы значительно увеличить радиус контркривошипа для создания необходимого хода золотника. Чтобы сохранить радиус контркривошипа в определенных пределах, уменьшают длину хвостовика кулисы, поднимая точку захвата ее на высоту ***h*** над совпадающими осью цилиндра и линией центров движущих колесных пар А—А.

На паровозах Эв/и' наименьшее расстояние точки захвата от оси цилиндров h=230 мм, а на паровозах Л-—около 100 мм.

Новое положение точки захвата ***р*** определяют переносом прежнего положения ***р0*** по дуге, описанной из центра ***о*** ведущей колесной пары, до пересечения с прямой, параллельной оси цилиндра и отстоящей от нее на ***h***, мм. Тогда равносторонний треугольник ***m0p0m1***0 поворачивается на угол ? в новое положение ***mpm1*** уменьшая свое основание (удвоенный радиус контркривошипа) пропорционально уменьшению расстояния от точки подвеса ***о'*** кулисы до точки захвата ее, т. е

 

Вследствие этого угол между кривошипом и контркривошипом (угол насадки) не остается прямым, а увеличивается на угол поворота ***?.***

2. Желание, не нарушая габаритных рамеров, вписать цилиндр большего диаметра для получения большей мощности, заставило приподнять цилиндр.

В паровозах Эв/и это достигнуто наклоном оси цилиндра Б—Б, пересекающейся с геометрической осью ведущей колесной пары (рис. 70, а). При этом з.м.т., п.м.т. и точка захвата кулисы ***р0*** остаются на одной прямой — оси цилиндра; радиус контркривошипа (***ом0*** и ***ом10***) поворачивается в новое положение, сохраняя угол насадки 90°, и уменьшается соответственно укорочению хвостовика кулисы за счет подъема точки захвата на ***h***, мм. При этом надо учитывать, что при среднем положении поршня маятник, оставаясь перпендикулярным оси цилиндров, уже не будет вертикален. Наклон цилиндров к горизонтали на паровозах Эв/и n:l=1:30.

 В других случаях конструкторы, оставив ось цилиндра Б—Б горизонтальной, подняли ее па некоторую высоту ***h1*** (рис. 70, б) над осью центров движущих колесных пар А—А. На паровозах Л разность высот ***h1*** = 20 мм, на Еа, Ем — ***h1*** = 50,8 мм.

Тогда, как видно на рис. 70,б, мертвые точки центра пальца кривошипа окажутся расположенными не оппозитно, а по концам ломаной линии ***к3окп***: точки ***к3*** и ***кп*** — суть места пересечения окружности, описываемой центром пальца кривошипа, с прямыми, проходящими через крайние положения ***sз*** и ***sп*** центра валика поршневого ползуна и через проекцию о геометрической оси ведущей колесной пары.

Местонахождение центра пальца контркривошипа при п.м.т. (точка ***м0***) и з.м.т. (точка ***м10***) определяют пересечением описываемой им окружности с перпендикулярами, восстановленными из точки ***о*** к соответствующим положениям радиуса кривошипа, так как угол насадки контркривошипа остается равным 90°.

***Рис. 70. Часть механизма паровой машины: а — с наклонными цилиндрами; б — с горизонтальными, но приподнятыми***

Поскольку углы **?** и **?** между вертикалью и направлениями радиуса контркривошипа при п.м.т. и з.м.т. различны, то линия ***м0ом10***не прямая, а ломаная, и для определения среднего положения точки захвата ***р0*** кулисы нужно найти пересечение дуг ***а—а*** и ***б—б***, описанных радиусом, равным длине контркривошипной (эксцентриковой) тяги (***м0р0 = м10ро***), из точек ***м0*** и ***м10***. Как видно на рис. 70, б, точка ***р0*** лежит на биссектрисе угла **sзоsп** образованного положениями оси поршневого дышла при п.м.т. и з.м.т. и оказывается поднятой над плоскостью центров движущих колесных пар А—А на ***h***, мм. Следует отметить, что для лучшего выявления происходящих в механизме изменений на рис. 70, б ***h1*** взято в масштабе, в несколько раз большем, чем все остальные элементы.

***Круговая диаграмма.*** Наглядную связь перемещений золотника, величины открытия окон и смены фаз парораспределения в зависимости от угла поворота кривошипа позволяет установить круговая диаграмма. Для ее построения необходимо знать следующие параметры машины: длину поршневого дышла **L**, радиус кривошипа **R**, перекрыши впуска ***е*** и выпуска ***i***, линейное предварение впуска ***vе*** и ширину окна ***а*** на рабочей поверхности золотниковой втулки.

Построение диаграммы начинается с проведения двух взаимно перпендикулярных осей — диаметров кривошипной окружности (рис. 71, а). Выбрав масштаб (обычно используют 1:4 или 1:5), проводят очерк кривошипной окружности.

***Рис. 71.. Процесс построения круговой диаграммы***

Для учета конечной длины поршневого дышла по известной формуле ***Х=R2/2L*** подсчитывают перебег поршня в середине его хода (поправку Брикса) и в том же масштабе откладывают его от вертикальной оси кривошипной окружности в сторону, противоположную цилиндру. Поскольку на рис. 71 диаграмма чертится для правой машины паровоза, поправка Брикса отложена влево от вертикальной оси. Точку пересечения линии поправки Брикса с горизонтальной осью кривошипной окружности обозначают буквой ***o0***. Это в дальнейшем будет центр вращения кривошипа (полюс кривошипных лучей). Подсчитав размер условного контркривошипа опережения (***r1 = е+vе***), откладывают его влево от точки ***о0*** в масштабе, выбранном для величин, связанных с перемещением золотника (чаще всего используют М 1:1 или М 2:1). Полученную точку обозначают цифрой***I'*** так как она соответствует положению золотника в первой позиции, когда кривошип находится в з.м.т. Соответственно, на кривошипной окружности точка з.м.т. — пересечение луча кривошипа с его окружностью — отмечается цифрой ***I***. Это точка начала впуска пара в цилиндр.

Чтобы найти второе положение кривошипа, соответствующее концу впуска, следует по горизонтальному диаметру кривошипной окружности отложить от з.м.т. путь, проходимый поршнем до расчетной отсечки, определяющей наполнение цилиндра свежим паром. На рис. 71 отложена величина, соответствующая отсечке ***? =0,4***. Путь, проходимый поршнем до отсечки ***Н?=?Н***, где ***Н= 2R*** — ход поршня за поворот колеса на 180°.

Точка пересечения перпендикуляра, восстановленного из места на горизонтальном диаметре, соответствующего положению поршня в момент отсечки, с верхней половиной кривошипной окружности даст точку ***II***, определяющую положение кривошипа в конце впуска. Линию кривошипа получают, соединив точку ***II*** с точкой ***о0***.

Если в избранном для золотника масштабе (1:1 или 2:1) раскрыть циркуль на величину перекрыши впуска и из полюса ***о0***, как из центра, сделать засечку на линии кривошипа в момент данной отсечки, то определится положение золотника в тот же момент, т. е. точка ***II'.***

Поскольку точка***I'*** представляет в избранном масштабе отклонение золотника от среднего положения в момент начала впуска (положение кривошипа в точке ***I***, т. е. в з.м.т.), точка ***II'*** — есть отклонение золотника от среднего положения в момент отсечки (положение кривошипа в точке ***II***—«отсечка»), а точка ***о0*** соответствует нулевому отклонению золотника от среднего положения, т. е., по сути, его среднему положению, то все эти точки должны лежать на общей золотниковой окружности наполнения (впуска). Известны различные способы нахождения местоположения центра окружности, проходящей через три заданных точки как математические, так и графические. На рис. 71, б показан элементарный графический способ — с помощью перпендикуляров к середине хорд, соединяющих точки ***I'*** и ***II'*** с точкой ***о0***. Произвольно взятым радиусом ***гx*** сделаны засечки из каждой из трех точек, а полученные соответственные точки ***а*** и ***b***, а также ***с*** и ***d*** соединены между собой прямыми. Пересечение этих прямых дает центр золотниковой окружности наполнения, проходящей через три основные, принадлежащие ей точки ***I'***, ***II'*** и ***о0***, как это показано на рис. 71, в.

Через центр золотниковой окружности ***о'*** и полюс кривошипных лучей ***о0*** проводят прямую до пересечения ее в двух местах с кривошипной окружностью, получая линию наибольших отклонений золотника из среднего положения. Расстояние места ее пересечения с золотниковой окружностью наполнения ( точка***f***) от горизонтального диаметра кривошипной окружности представляет собой условный контркривошип наполнения при данной отсечке, численно равный . Иначе говоря: такое расстояние от центра ведущего колеса должен был бы иметь при дайной отсечке центр пальца контркривошипа, оказывающего своим непосредственным воздействием на золотник такое же влияние, как весь действительный кулисный механизм Вальшерта, представленный на рис. 68. Одновременно, точка ***f*** определяет величину наибольшего отклонения золотника ( расстояние ***о0f***) из среднего положения при принятой отсечке **?=0,4**.

Отложив от точки ***о0*** на нижней части линии наибольших отклонений золотника радиус золотниковой окружности наполнения (***r?=о'о0***) из полученной точки ***о''***, как из центра, проводят золотниковую окружность выпуска того же радиуса ***г?***, поскольку отклонение золотника от среднего положения будет в обе стороны одинаковым (см. рис.. 71, в). Расстояние между точками***f*** и ***h*** представит ход золотника за половину оборота ведущего колеса в принятом масштабе.

Продляя дугу отсечки, описываемую из центра ***о0*** радиусом, равным перекрыше впуска ***е***, получают на золотниковой окружности впуска точку***VI'***, а проведя через эту точку и центр ***о0*** луч до пересечения с кривошипной окружностью, — точку ***VI***. Эти точки определяют положение кривошипа в момент начала открытия окна на впуск, т. .е. момент предварения впуска.

В масштабе, принятом для перемещений золотника (1:1 или 2:1), поставив иглу циркуля в точку***о0***, наносят на золотниковой окружности выпуска дугу «отсечки выпуска» радиусом, равным перекрыше выпуска ***i*** (рис. 71, г). При этом на золотниковой окружности получают точки пересечения ***III'*** и ***V'***, через которые из центра ***о0*** проводят лучи до пересечения их с кривошипной окружностью. Тогда на последней определяются еще две точки положения кривошипа: ***III*** — соответствующая началу предварения выпуска, и ***V*** — указывающая момент закрытия окна на выпуск и начала сжатия оставшегося в задней полости цилиндра пара.

Построение круговой диаграммы заканчивают отметкой точек ***IV'*** и***IV***, лежащих на горизонтальном диаметре кривошипной окружности, т. е. отвечающих положению кривошипа в п.м.т. Эти точки— момент начала выпуска (см. рис. 71, г).

Так как точка ***f*** лежит на перпендикуляре, восстановленном в точке ***I'*** к горизонтальному диаметру кривошипной окружности, то диаметр золотниковой окружности ***fо0=2r?*** в принятом при построении ее масштабе выражает и половину наибольшего отклонения золотника от его среднего положения, и величину суммарного (эквивалентного) контркривошипа, заменяющего при данной отсечке весь парораспределительный механизм Вальшерта, изображенный на рис. 68. Численно этот контркривошип равен



поскольку условные контркривошипы опережения и наполнения, как явствует из круговой диаграммы (***r1*** лежит на горизонтальном диаметре кривошипной окружности, а ***r2*** параллелен ее вертикальному диаметру), перпендикулярны друг другу и для их сложения можно использовать теорему Пифагора. Это свойство заложено было при построении внешнего механизма парораспределения Вальшерта: когда кулисная часть механизма оказывает на перемещение золотника наибольшее влияние (середина хода поршня), часть, осуществляющая опережение, вовсе не воздействует на золотник (см. рис. 67, а). И наоборот: когда маятниковый механизм опережения сдвигает золотник на наибольшую величину, на которую он может его сдвинуть (мертвые точки, см. рис. 67, б), механизм наполнения вовсе не оказывает влияния на золотник (кулиса в среднем положении).

***Анализ круговой диаграммы.*** В избранном масштабе (М 1:1 или М 2:1) величина эквивалеитиого коитркривошипа определяется на диаграмме отрезком ***fо0*** (см. рис. 71,, г), т. е. наибольшим отклонением золотника от среднего положения, а угол опережения ***??*** для него при данной отсечке заключен между вертикальным диаметром кривошипной окружности и линией наибольшего сдвига золотника ***fh.***

Если принять большую величину отсечки, то центр золотниковой окружности впуска из-за ухода точки ***II'*** вправо поднимется, а благодаря этому размер ее радиуса увеличится, так как точки ***I'*** и **о0**, через которые она проходит, останутся на прежних местах. Соответственно поднимется и точка ***f***, а следовательно, изменится (уменьшится) угол между линией наибольших отклонений золотника из среднего положения и вертикалью (перпендикуляром к линии движения поршня). Расстояние ***fо0*** (так как точка ***о0*** останется на прежнем месте) тоже должно увеличиться; значит, с увеличением отсечки возрастает ход золотника.

Итак, с увеличением отсечки:

1) растет ход золотника (***r0,6>r0,4***);

2) существенно увеличивается наибольшая величина открытия окна;

3) уменьшается угол опережения — ***?0,6<?0,4.***

Все это обеспечивает увеличение силы, развиваемой в цилиндре паровой машины с увеличением отсечки, уменьшая мятие пара при впуске с одновременным ростом количества вошедшего в цилиндр пара за один цикл.

Круговая диаграмма позволяет связать математически угол поворота кривошипа из з. м. т. и перемещение золотника при этом повороте. Допустим (см. рис. 7!1„ г) кривошип из з. м. т. повернулся на угол ***?***. В этом случае отклонение золотника нз среднего положения представлено отрезком***f?о0 = у***.

Угол ***ff?о0*** = 90°, как вписанный, опирающийся на диаметр. Тогда ***f?о0*** = ***fо0cos?*** или ***у = rэк соs (90 — ?? — ?) = rэк sin (?? + ?)***

Полученное выражение представляет уравнение движения золотника в парораспределительном механизме Вальшерта, связывающее угол поворота кривошипа ***?***, отсечку ***rэк*** и ***??***, с перемещением золотника***у***.

Следует, однако, сказать, что в реальном механизме нет полного совпадения фактического отклонения золотника от среднего положения с подсчитанным по выведенным математическим уравнениям. Это зависит прежде всего от конечной длины тяг, передающих движение. Ведь в круговой диаграмме учтена поправка только для поршня. Но главное, необходимость подвешивания деталей механизма вносит свои погрешности в движение его звеньев. Так, кулисный камень устанавливается в каждое положение за счет того, что радиальная тяга удерживается подвеской 13 на определенной высоте (см. рис. 68). При качании кулисы 12 под действием усилия, передаваемого ей контркривошипной (эксцентриковой) тягой 5 от контркривошипа 6 во время движения паровоза, место кулисы, где в данный момент находится кулисный камень 4, описывает дугу ***а — а*** с центром А в точке подвеса кулисы. В то же время, точка подвеса радиальной тяги 13 описывает дугу ***b — b*** с центром В на валике рычага 11, на котором качается подвеска 13. Мало того, и передний конец радиальной тягн тоже описывает направленную выпуклостью в обратную сторону дугу ***h — h*** с центром в точке ***f*** — проекций оси валика золотникового ползуна 14. Все это приводит к тому, что кулисный камень во время работы не остается на одном расстоянии от точки ее подвеса, а совершает сложное движение, называемое игрой камня в кулисе. Это не только вызывает увеличение износа камня и паза кулисы, но влияет и на точность парораспределения, в результате чего возникает разница в отсечке, а следовательно, и в развиваемом усилии по скалке в передней и задней полости одного и того же цилиндра. Еще хуже обстоит дело, когда кулисный камень находится в верхней половине кулисы, так как при этом дуга ***с — с***, описываемая им, и дуга ***b — b*** места соединения радиальной тяги 3 с подвеской 13 направлены выпуклостями в разные стороны; от этого «игра» кулисного камня существенно возрастает. Именно поэтому конструкцией механизма предусмотрено использование верхней половины кулисы для заднего хода паровоза, который применяется значительно реже переднего и обычно с меньшими нагрузками.

Следует обратить внимание на то, что точки ***II*** и ***VI*** на круговой диаграмме, а также точки ***III*** и ***V*** (см. рис. 71) попарно связаны друг с другом. Изменение отсечки заставляет передвинуться и занять новое положение не только точку ***II***, определяющую конец впуска, т. е. собственно отсечку, но и точку ***VI*** — начало предварения впуска. С увеличением отсечки предварение впуска начинается позднее, вследствие уменьшения угла опережения ***?е*** .

Еще теснее связаны друг с другом точка ***III*** — начало предварения выпуска и ***V*** — конец выпуска (начало сжатия). Их положение определяют два фактора: линия наибольшего сдвига золотника, представляющая биссектрису охватываемого их лучами угла, а также величина и знак перекрыши выпуска. Дело в том, что малое сжатие невыгодно: оно увеличивает расход свежего пара на заполнение вредного пространства и поднятия в нем давления до впускного. Однако в быстроходных машинах, чтобы давление в конце сжатия не превысило котлового, перекрышу выпуска делают отрицательной, т. е. при среднем положении золотника окно на выпуск пара уже открыто. На круговой диаграмме отрицательная перекрыша откладывается внутрь золотниковой окружности впуска в виде дуги радиуса ***i***. Величина открытия окна на выпуск представляет для данного положения кривошипа сумму отрезка внутри золотниковой окружности выпуска и перекрышн выпуска. Любое изменение перекрыши выпуска тотчас изменяет положение лучей ***III*** и***V***, но при этом сохраняется симметричность их расположения относительно линии наибольшего сдвига золотника, а следовательно, и равенство составляемых ими с нею углов. При этом соответственно изменяются фазы парораспределения, между которыми проходят лучи ***III*** и ***V***.

Следует отметить, что ширина окна у некоторых паровозов меньше перемещения золотника за вычетом перекрыши впуска, т. е. **а< у— е**.

В этом случае при перебеге золотника открытие окна, не меняясь, остается максимальным. Это учитывает дуга окружности, проведенная из точки ***о0*** как из центра радиусом

***r = е + а.***

***Теоретическая индикаторная диаграмма.*** Последовательная связь фаз парораспределения, их длительность, измеряемая в долях хода поршня, изменение давления пара в полости цилиндра и совершаемая паром работа за ход поршня наглядно представлены в индикаторной диаграмме. В верхней части рис. 72 построена круговая диаграмма при отсечке ***? = 0,4*** для задней полости правой машины паровоза со следующими данными, мм:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Длина поршневого дышла |   | L = 3100 |
| Радиус кривошипа |   | R = 325 |
| Перекрыша впуска |   | e = 38 |
| Перекрыта выпуска |   | i = 4 |
| Линейное предварение впуcка |   | ve= 5 |
| Ширина окна |   | ? = 58 |

Вдоль кривошипной окружности расписаны фазы парораспределения, заключенные между соответствующими лучами положения кривошипа:

***I*** (з. м. т.) — ***II*** впуск;

***II*** — ***III*** — расширение;

***III*** — ***IV*** (п.м.т.)—предварение выпуска;

***IV***—***V*** — выпуск;

***V*** — ***VI*** — сжатие;

***VI***—***I*** (з. м. т.) — предварение впуска.

На золотниковых окружностях показаны части ах лучей положения кривошипа; длина этих частей является в выбранном масштабе (М 1:1 или М 2:1) шириной открытия окон для впуска (на верхней окружности) или выпуска (на нижней окружности).  ***Рис. 72. Построение индикаторной диаграммы***

Под круговой диаграммой построена теоретическая индикаторная диаграмма. Для этого на соответствующем расстоянии от круговой диаграммы параллельно горизонтальному диаметру кривошипной окружности проводят ось перемещений поршня Н, представляющую линию нулевого давления р = 0. Из точек ***I*** (з.м.т.) и ***IV*** (п.м.т.) круговой диаграммы на ось Н опускают перпендикуляры, основания которых определяют на оси крайние точки хода поршня. От левой из них откладывают влево в масштабе, принятом для кривошипной окружности, величину вредного пространства ***Vвр*** и из полученной точки восстанавливают перпендикуляр — ось давлений **р**.

В справочной литературе (например, в паспортных книжках паровозов) вредное пространство указано в процентах от рабочего объема цилиндра. Поскольку последний



где ***d***—внутренний диаметр цилиндра, а следовательно ***?d2/4=S***представляет поперечное сечение цилиндра (площадь поршня), очевидно, что ось хода поршня ***H*** одновременно является осью объемов цилиндра ***V***, значения которых связаны постоянным коэффициентом ***S***. Поэтому на диаграмме линейная величина вредного пространства будет составлять столько же процентов от хода поршня, сколько процентов имеет объем вредного пространства от рабочего объема цилиндра.

Для построения линии впуска откладывают в принятом масштабе по оси давлений абсолютное рабочее котловое давление ***рк***(т. е. пренебрегая потерями на сопротивление в трубах и каналах) и переносят эту ординату на перпендикуляры, опускаемые из точек ***I*** и ***II*** круговой диаграммы на ось ***Н***. Полученные точки 1 я 2 соединяют горизонтальной линией — прямой впуска.

Линию расширения строят из точки 2 индикаторной диаграммы как адиабату (т. е. учитывая отсутствие подвода тепла) с показателем степени (для перегретого пара) к=1,33. Для этого из начала координат ***0*** (рис. 73) проводят две вспомогательные прямые: одну ***В*** под углом 30° к оси абсцисс ***Н***, другую ***Б*** под углом 40° к оси ординат ***р***. Порядок определения точек адиабаты показан стрелками: из точки 2 проводится горизонталь до оси ординат; под углом 45° полученная точка проектируется на вспомогательную линию ***Б*** и из этой проекции ***к*** проводится новая горизонталь ***кl***. Затем из точки 2 проводится вертикаль до пересечения ***t*** с вспомогательной линией ***В***; точка***t*** сносится под углом 45° на ось абсцисс, и из пересечения с нею ***u*** восстанавливается перпендикуляр; точка встречи перпендикуляра ***с*** ранее полученной горизонталью ***кl*** дает новую точку ***А1***принадлежащую адиабате. Повторяя этот прием из точки ***А1*** получают положение точки ***A2*** и т. д. Через найденные точки адиабаты проводят плавную кривую, которая должна обязательно пересечь вертикаль, соединяющую точки ***IV*** и ***4*** обеих диаграмм.

Место пересечения перпендикуляра, опущенного из точки ***III*** на ось абсцисс, с построенной адиабатой определяет момент начала предварения выпуска на индикаторной диаграмме — точку 3 (см. рис. 72).

Для проведения линии выпуска на перпендикуляре, опущенном из точки ***IV***, откладывают от точки его пересечения с осью абсцисс отрезок, соответствующий в принятом масштабе величине атмосферного давления, т. е. 0,1 МПа (1 кгс/см2) — точка 4; через эту точку проводят горизонтальную линию выпуска до пересечения с перпендикуляром из точки ***V*** — точка 5. Соединив прямой точки 3 и 4, получают линию предварения выпуска.

***Рис. 73. Построение адиабаты расширения***

Из точки 5, используя вспомогательные прямые, находят точки адиабаты сжатия, беря за начальную точку 5. Порядок построения этой кривой ясен на диаграмме рис. 73, где начальная точка обозначена для этого случая буквой ***A4***. Проводя линии, как указано стрелками, получают точку ***А3*** и т. д. Построение продолжают до перпендикуляра, опущенного из точки ***I*** (см. рис. 72). Плавную кривую сжатия проводят из точки 5 до встречи ее с перпендикуляром из точки ***VI***, это и будет точка 6 — начало предварения впуска. Соединив прямой точки 6 и /, получают линию предварения впуска, и построение теоретической индикаторной диаграммы закончено.

***Действительная индикаторная диаграмма.*** Ряд причин, из которых главные — мятие пара при проходе через котловой и цилиндровый тракты и потеря тепла, существенно уменьшают площадь и искажают форму индикаторной диаграммы, как это видно на рис. 72.

На пути из парового пространства котла пар мнется и теряет давление из-за сопротивлений в паросушителе, регуляторе, паро-перегревательных элементах и паровпускных трубах. В результате в золотниковой коробке давление пара ощутимо меньше, чем было в котле. В цилиндровом тракте пару предстоит проходить через щели, открываемые золотником, окна и каналы, что также вызывает значительное мятие. Большинство потерь паром своей потенциальной энергии возрастает с увеличением числа циклов в единицу времени, т. е. с ростом скорости движения паровоза, так как в этом случае скорость движения пара по паровому тракту возрастает, а сопротивление, вызывающее мятие, пропорционально квадрату расхода пара, который в свою очередь пропорционален скорости пара. Поэтому разница между теоретической и действительной индикаторной диаграммами зависит от отсечки.

Итак, точка ***I'*** (см. рис. 72) — начало впуска — действительной индикаторной диаграммы лежит существенно ниже точки ***I*** теоретической диаграммы. Эта разность может достигать нескольких десятых МПа (нескольких кгс/см2).

В начальные моменты впуска свежий пар соприкасается с охлажденными мятым паром каналами, стенками цилиндра и поршня и значительно понижает свою температуру перегрева. Это явление называют *контракцией* перегретого пара. Она может в некоторых случаях доходить до частичной конденсации пара. Кроме того, в открытой золотником относительно небольшой щели для прохода пара происходит его интенсивное мятие. Поэтому линия впуска ***1'—2'*** действительной диаграммы имеет резкое падение вначале, а затем идет не горизонтально, как линия ***1—2*** теоретической диаграммы, но с большим или меньшим наклоном.

Перед точкой ***2'***, когда для прохода пара остается все более сужающаяся щель, падение давления ускоряется. За точкой ***2'*** кривая расширения пара наклонена сначала более круто, чем адиабата, а с некоторой точки ***Г***, наоборот, она становится положе адиабаты вплоть до точки ***3'***. Это объясняется тем, что на участке ***2'—Г*** пар отдает часть своего тепла новым участкам более холодных стенок цилиндра, тогда как на участке ***Г—3'*** температура продолжающего расширяться пара становится ниже температуры окружающих его стенок, и последние начинают возвращать ему накопленное в них тепло.

В точке ***3'*** начинается предварение выпуска, и давление пара резко падает до точки ***4'***. Отличие кривой ***3'—4'*** от прямой ***3—4*** объясняется теплообменом пара со стенками, подобным такому же явлению на линии ***2'—3'***.

Выпуск проходит при давлении несколько выше атмосферного, так как поршню приходится выталкивать «лениво» выходящий пар почти атмосферного давления. В зависимости от скорости движения паровоза, влияющей на скорость поршня, линия ***4'—5'*** приподнята над линией ***4—5*** на большую или меньшую величину. В своей второй половине на близкой к прямой линии ***4'—5'*** в некоторой точке ***Е***возникает «бугор», исчезающий в точке ***Ж***. Дело в том, что линейная скорость движения поршня не одинакова в различных местах его хода; она наибольшая в средней части хода поршня, когда угол между кривошипом и осью цилиндра близок к 90° и, наоборот, значительно уменьшается по мере приближения поршня к мертвым точкам. Ведь при вращении колеса, когда кривошип составляет с осью цилиндров угол, близкий прямому, некоторому числу градусов его поворота соответствует значительно больший отрезок пути, чем описываемый поршнем недалеко от мертвой точки при повороте кривошипа на тот же угол. Поэтому в цилиндре на участке между точками***Е—Ж*** интенсивное выталкивание пара из цилиндра приводит к повышению давления.

Начинающееся в точке ***5'*** сжатие благодаря большему начальному давлению, чем в точке ***5***, отклоняет линию действительного сжатия ***5'—6'*** от теоретической адиабаты ***5—6***.

***Эллиптическая диаграмма.*** Хотя зависимость величины и направления перемещения золотника наглядно представляет круговая диаграмма, но на практике гораздо удобнее пользоваться для этого эллиптической диаграммой, на которой перемещение золотника связано с местоположением и направлением движения поршня. Дело в том, что измерение угла поворота кривошипа на паровозе весьма затруднительно, благодаря чему возникают совершенно недопустимые погрешности, тогда как положение поршня в каждый данный момент можно определить с любой достаточной точностью очень простыми приемами.

Кроме того, эллиптическую диаграмму можно с помощью элементарного оборудования записать на каждой стороне любого паровоза и, сравнив ее с построенной теоретической, выявить погрешности и соответственно исправить механизм парораспределения.

Построение эллиптической диаграммы, после того как построена круговая, начинают с проведения оси ***х — х*** (рис. 74) параллельно горизонтальному диаметру круговой диаграммы (з.м.т. — п.м.т.) и на достаточном от нее расстоянии, чтобы наибольшие отклонения золотника уложились вне ее пределов. Для этого достаточно, чтобы ось ***х — х*** была удалена от самой нижней точки круговой диаграммы на диаметр золотниковой окружности.

Затем линию хода поршня от з.м.т. до п.м.т. делят на 10 равных частей и намечают на кривошипной окружности 18 мест положений кривошипа (точки 1,2,3, . . . 9,9', 8' . . . 2',1') и одновременно отмечают все 11 положений поршня (точки 0, 1 ... 9, 10) на оси ***х — х.*** Проводят лучи из полюса ***о0*** к 18 точкам положения кривошипа. Измерителем определяют сдвиг золотника по каждому лучу и на восстановленном из соответствующей точки на оси ***х — х*** перпендикуляре отмечают сдвиг золотника от оси, т. е. от его среднего положения. Например, для положения кривошипа в з.м.т. (точка ***I*** ) берут расстояние ***o0—I'*** — от полюса до внешнего края золотниковой окружности и откладывают его от точки ***о*** пo оси ***х — х*** по перпендикуляру вверх — линия ***о — о (I)***. Эту операцию продолжают, получая отрезки перпендикуляров, до точки 8, соответствующей для принятой отсечки (***? = 0,4***) приходу золотника в среднее положение (точка 8 ложится на ось ***х — х***, так как перемещение золотника равно нулю). Продолжая эту операцию дальше, перпендикуляры откладывают вниз от оси ***х—х***, а пройдя точку 3, сдвиг золотника снова откладывают вверх от оси ***х— х***. Другими словами, сдвиг золотника, замеряемый по окружности впуска, откладывается вверх от оси ***х — х***, а сдвиг, замеряемый по окружности выпуска, откладывается вниз.

Последними наносят точки наибольшего сдвига (А и Б с длиной перпендикуляра, равной диаметру золотниковой окружности) и оставшиеся точки границ фаз (***II, III, V и VI***). Через все полученные на планшете эллиптической диаграммы точки проводят плавную кривую, очертание которой напоминает эллипс. Если бы круговая диаграмма строилась без учета поправки Брикса, то эллипс получился бы математически точный. Конечная длина шатуна вызывает его искажение, делая «разными» половины хода поршня: в задней части цилиндра меньше (***о0***—з.м.т.), а в передней больше (***о0*** — п.м.т.) на величину поправки ***R2/2L***.

Заканчивается построение эллиптической диаграммы проведением линий перекрыш. От оси***х — х*** вверх откладывают величину перекрыши впуска ***е***, а вниз — перекрыши выпуска ***i***, если она положительная, и вверх — если отрицательная. Через полученные точки проводятся горизонтали в пределах всей длины хода поршня. Если построение велось аккуратно и правильно, точки ***II*** и ***VI***должны оказаться на линии перекрыши впуска, а точки ***III*** и ***V*** — на линия перекрыши выпуска. Заштрихованные вертикалями части диаграммы над перекрышей впуска и под перекрышей выпуска представляют собой открытие парового окна соответственно на впуск и выпуск.

При проверке качества регулировки парораспределения можно легко и с желаемой точностью замерить перемещения поршня и золотника, а по ним построить эллиптическую диаграмму, которая при сравнении ее с паспортной позволит выявить дефекты в регулировке.

***Рис. 74. Построение эллиптической диаграммы***

***Мощность паровоза. Сила тяги.*** Площадь индикаторной диаграммы выражает работу, .которую совершает пар в цилиндре за один оборот колеса. В самом деле, если измерить площадь действительной индикаторной диаграммы и разделить ее на ход поршня, получается среднее индикаторное давление пара в цилиндре ***рi***.

Умножив его на поперечное сечение цилиндра (площадь поршня 5), получают среднюю силу, действующую на поршень во все время его хода. Произведение этой силы на ход поршня и на две рабочие полости цилиндра даст индикаторную работу за один цикл (за один оборот колеса) в одном цилиндре: 

Это можно проверить правилом размерности 

Если работу умножить на число цилиндров паровой машины паровоза ***М*** и на число циклов, совершаемых машиной за 1 с, т. е. на частоту вращения ***n***, то определится индикаторная мощность, развиваемая паровозом:



Это можно связать со скоростью движения паровоза ***V*** и диаметром его движущих колес ***D***

Частота вращения движущих колес паровоза равна скорости движения, деленной на длину окружности движущего колеса:



и тогда формула индикаторной мощности, развиваемой паровозом, будет



Но ***Н=2R***. Тогда для двухцилиндрового паровоза (М = 2) после сокращения ? и числовых множителей формула приобретает вид:





Если среднее давление в цилиндре (***рi***) определять не в ньютонах на квадратный метр, а в мегапаскалях, в которых удобнее строить индикаторные диаграммы, то надо иметь в виду соотношение 1 МПа = 9,80665 х 105 Н/м2. Тогда формула мощности паровоза по СИ приобретает вид:



если ***V*** — в м/с, а d, D и R — в м.

Из тяговых расчетов известно, что , где ***Fк***-—касательная (т. е. приложенная к ободу движущих колес) сила тяги паровоза, кгс, которая указывается в паспортных книжках паровозов и по которой делают тяговые расчеты; ***v1 = 3,6 v*** —скорость движения паровоза, км/ч, соответствующая скорости ***V***, м/с, при которой снята индикаторная диаграмма.



1 В а л ь ш е р т — бельгийский инженер, который предложил этот механизм в 1844 г.

Эв/и — паровоз Э всех индексов (Эу, Эм и т. д.).

### [§ 29. Контрпар. Минимальная отсечка](http://pro-parovoz.ru/index.php/component/k2/61-29-kontrpar-minimalnaya-otsechka.html)

***Контрпар***. В особых случаях, когда требуется добавка к силе, создаваемой тормозными приборами состава и тендера, а также при отказе автотормозов, машинисту паровоза приходится применять контрпар. Так именуется работа паровой машины, когда установка камня в кулисе не соответствует направлению движения, т. е. при переднем ходе паровоза камень установлен в положение заднего хода. В этом случае паровая машина превращается из двигателя в тормоз.

На рис. 75, относящемся к задней полости правого цилиндра паровой машины, стрелкой указано направление вращения кривошипа — передний ход, а так как камень в кулисе поставлен на задний ход, то и положение осей золотниковых окружностей, построенных на круговой диаграмме для отсечки ***?4 = 0,4***, зеркально смещено по отношению к предыдущим диаграммам. Поэтому и чередование фаз парораспределения идет на круговой диаграмме не по часовой стрелке, как раньше, а в обратном направлении.

Построение индикаторной диаграммы начинается, как всегда, с подготовки планшета для нее. Выбрав местоположение оси абсцисс (ход поршня ***H***) и отметив на ней положение з.м.т., откладываем влево отрезок, соответствующий вредному объему, и, восстановив из конца отрезка перпендикуляр к оси абсцисс, получаем ось ординат (давлений ***р***). Отмечаем на оси ординат атмосферное давление ***р0*** и давление пара в котле***рк***.

В з.м.т. (точка ***I***) окно для впуска пара, как это видно на золотниковой окружности с центром ***о'***, открыто; на планшете индикаторной диаграммы на перпендикуляре, опущенном из точки ***I***, на высоте ***рк*** отмечаем точку 1, Следуя по направлению вращения кривошипа, встречаем следующую междуфазовую точку ***VI***, в которой происходит «отсечка» — окно для впуска пара закрывается. С этого момента начинается расширение пара. Построение кривой расширения ведется, как было указано ранее, с помощью вспомогательных линий, пока кривая не достигнет нового перпендикуляра, заранее опущенного из следующей, встреченной при продолжении вращения кривошипа междуфазовой точки ***V***, в которой начинает открываться окно для выпуска пара, и давление в задней полости цилиндра быстро падает до атмосферного. Далее до прихода поршня в п.м.т. (точка ***IV***) начнется разрежение в задней полости, и газы сгорания вместе с изгарью начнут засасываться в цилиндр. ** *Рис. 75. Индикаторная диаграмма контрпара***

Это неминуемо повлечет усиленный износ уплотнительных колец золотника и поршня, а также стенок золотника и цилиндра. Чтобы воспрепятствовать этому, машинист перед применением контрпара должен открыть специальный вентиль, подающий воду из котла в паровыпускные трубы или каналы, где она обращается в пар и препятствует подсосу газов и изгари в цилиндры, или, как на паровозах Еа и Ем, открыть клапан холостого хода (если он не демонтирован), подводящий пар от котла прямо в цилиндры, в которых благодаря этому не возникает разрежение.

Продолжая вращение, кривошип заставляет поршень двигаться из п.м.т. к з.м.т., выталкивая содержимое цилиндра в конус. Этот процесс длится до междуфазовой точки ***III*** (3), в которой окно закрывается, и поршень сжимает оставшийся в цилиндре пар, пока в междуфазовой точке ***II*** (2) не начнет открываться окно на впуск пара, и давление быстро поднимается до котлового.

Дальнейшее движение поршня к задней крышке происходит по прямой котлового давления до з.м.т., т. е. точки 1 на индикаторной диаграмме.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что контур индикаторной диаграммы при нормальной работе паровой машины (см. рис. 72) описан по часовой стрелке, как показывают стрелки возле наименования фаз парораспределения. Однако контур индикаторной диаграммы для контрпара описан против часовой стрелки, что указывает на важнейший момент: площадь индикаторной диаграммы при контрпаре в определенном масштабе представляет отрицательную работу, т. е. работу, оказывающую противодействие движению паровоза, создающую тормозной эффект.

Машинист должен использовать контрпар такой силы, чтобы не вызвать пробуксовки движущих колес, вызывающей резкое нарастание проката и порчу головок рельсов. Еще более недопустим контрпар, вызывающий остановку движущих колес; в этом случае значительно понижается тормозной эффект, так как колеса начинают скользить по рельсам, а коэффициент трения меньше коэффициента сцепления колес с рельсами. Но гораздо хуже то, что при этом усиленно истирается бандаж в одном месте и теряет форму правильной окружности. В дальнейшем, при проходе конца хорды, образовавшейся на окружности, вес всего паровоза падает на высоту образовавшегося ползуна; в результате в рельсах могут возникнуть трещины или образоваться изломы, а все места соединений на паровозе разбиваются и слабнут. По правилам технической эксплуатации не разрешается выпускать из депо паровозы с ползунами более 1 мм при буксовых подшипниках скольжения и более 0,7 мм при роликовых.

При установке действительного контрпара действия машиниста должны протекать в такой последовательности:

* выключите или (если заторможен) отпустите паровозный тормоз;
* произведите экстренное торможение тендера и поезда, если автотормоза его работают;
* откройте вентиль (кран) подачи котловой воды в выпускные каналы или трубы либо откройте клапан беспарного (холостого) хода на паровозах Еа и Ем, если он не снят;
* закройте регулятор, если он был открыт;
* установите рычаг перемены хода на первое деление обратного хода;
* приведите в действие инжектор (при следовании передним ходом), чтобы .при резком торможении не оголить потолок;
* откройте цилиндропродувательные клапаны;
* медленно откройте регулятор до полного сечения;
* осторожной постепенно увеличивайте отсечку обратного хода, одновременно подавая под колеса песок, пока не будет достигнут необходимый тормозной эффект, но не допуская пробуксовки и остановки движущих колес.

Когда надобность в контрпаре миновала, машинист: подтягивает камень к оси качания кулисы; закрывает регулятор; прекращает подачу песка; плавно перемещает камень в крайнее положение по ходу, а затем подтягивает рычаг перемены хода к нулевому положению; закрывает вентиль подачи котловой воды.

***Минимальная отсечка***. Многие полагают, что поставив рычаг перемены хода на нуль и тем самым приведя кулисные камни на середину кулисы, они при открытом регуляторе заставляют паровую машину паровоза прекратить выработку мощности. Это мнение ошибочно, так как указанным выше приемом только выключают из работы механизм наполнения (отсечки), точнее сказать, этот механизм перестает воздействовать на перемещение золотника. Однако в парораспределительном механизме Вальшерта есть второй механизм—опережения, который все время хода паровоза заставляет золотник перемещаться. Этот механизм не выключается никогда и перестает работать только при остановке паровоза.

Золотник от механизма опережения совершает из среднего положения путь в каждую сторону, равный сумме перекрыши впуска и опережения впуска, а следовательно, полный его ход при камнях в центрах кулис будет равен удвоенной сумме ***е*** и ***е***, т. е.***h0 = 2(е + ?е).***

При этом поршень будет проходить под действием пара некоторый путь от мертвой точки до отсечки, когда золотник закроет окно, открывавшееся на величину опережения впуска. Подсчитать этот ход поршня от м.т. до отсечки несложно.

Если линейное опережение впуска равно ***Vе***, плечо маятника от радиальной тяги до золотникового ползуна ***l1*** а полная длина маятника ***l***, то поршень от м.т. до отсечки при выключенном механизме наполнения пройдет путь ***Н0 =vеl/l1***

Тогда отсечка в долях от полного хода поршня H=2R составит



Можно эту операцию — вычисление отсечки при выключенном механизме наполнения — упростить, если учесть, что ход золотника от маятника пропорционален ходу поршня и коэффициент пропорциональности равен отношению плеч маятника, т. е. ***H=h0l/l1***. Если в ранее выведенном выражении  заменять ход поршня из предыдущего уравнения, то получится



Остается подставить в последнее уравнение выведенное ранее выражение хода золотника при нулевом положении рычага перемены хода и тогда



т. е. минимальная («нулевая») отсечка в парораспределении Вальшерта (при выключенном механизме наполнения) в долях хода поршня равна отношению линейного опережения впуска к удвоенной сумме перекрыши впуска и линейного опережения впуска. Отсюда вывод: нулевой отсечки в механизме Вальшерта нет и быть не может, поскольку не может быть выключен механизм опережения.

Для примера произведем подсчет «нулевой» отсечки для паровоза Л (данные см. табл. 2) обоими способами:

***По ходу поршня.***

Ход поршня от м.т. до отсечки при движении золотника только от механизма опережения ***H=h0l/l1*** = 8 - 1000/145 = 55,2 мм.

«Нулевая» отсечка в долях от хода поршня



По ходу золотника. «Нулевая» отсечка в долях от хода поршня



Второй способ проще и точнее, так как при нем нет промежуточных действий с округлением частного.

Как видно из данных табл. 2, минимальная отсечка в долях хода поршня у приведенных серий паровозов колеблется между 0,051 и 0,069, т. е. между 5,1 и 6,9%.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Паровозы | Перекрышавпуска е, мм | Линейное опережение впускаve, мм | Ход поршняН, мм | Маятник  | Минимальная отсечка ε0 |
| Верхнее плечоl1, мм | Вся длинаl, мм |
| Еа, Ем | 31,75 | 4,76 | 711 | 79,4 | 773,1 | 0,065 |
| Эр, Эм | 35 | 4 | 700 | 110 | 987,2 | 0,051 |
| Л | 5.0 | 8 | 800 | 145 | 1000 | 0,069 |



## Глава 11 КОНСТРУКЦИЯ ПАРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА (2)

### [§ 35. Внутренний парораспределительный механизм](http://pro-parovoz.ru/index.php/component/k2/65-35-vnutrennij-paroraspredelitelnyj-mekhanizm.html)

Парораспределительный механизм делят на внутренний, не доступный для осмотра на работающем паровозе, и внешний.

К внутреннему парораспределительному механизму относят золотники и золотниковые втулки. В § 27 дано описание работы раздвижного золотника системы Трофимова. При беспарном ходе он обеспечивает перетекание воздуха по широким каналам из одной плоскости цилиндра в другую, почти не создавая сопротивления. Только на индикаторных диаграммах, снятых мягкой пружиной при значительных скоростях движения, можно уловить разницу давления в полости при всасывании и выталкивании воздуха.

Опасность для целости как золотника, так и связанных с ним других деталей механизма парораспределения представляет момент раздвижки его дисков. Золотниковые диски диаметром 300 мм и более обладают значительной массой и, буквально разлетаясь с середины камеры, могут нанести мощный удар в упорные шайбы, ограничивающие их перемещение. Чтобы этого не происходило, принят ряд конструктивных мер (рис. 97).

При раздвигании дисков пар, проходя через кольцевой зазор между скалкой 6 золотника и горловиной диска 1, заполняет пространство А между торцами золотникового диска и упорной шайбы 3. Когда суженная часть горловины золотникового диска надвигается на стальную втулку 2, зажатую между бортом скалки 6 и упорной шайбой 3, в суженную часть внутренней поверхности  обода диска входит кольцевая лабиринтная .поверхность шайбы. Так как остающиеся в этих местах кольцевые зазоры К и И очень малы (разность диаметров находится в пределах 0,2—0,5 мм), то в пространстве А происходит упругое сжатие попавшего в него пара; эта паровая подушка быстро гасит скорость подхода золотникового диска к упорной шайбе и обеспечивает значительное ослабление силы их соударения; посадка происходит достаточно мягко с легким ударом, не влияющим на состояние деталей золотника.

***Рис. 97. Диск золотника иа упорной шайбе***

На обращенных друг к другу торцах диска и шайбы имеются притирочные кольцевые выступы 7, которые, сомкнувшись, предотвращают утечку пара вдоль скалки. Стальную втулку 2 сажают на скалку с натягом, упорная шайба имеет подвижную посадку и ее удерживают на месте корончатой зашплинтованной гайкой 5. На внешней цилиндрической части диска протачивают от четырех до шести ручьев под золотниковые чугунные кольца 4 как одинарные, так и сдвоенные. При постановке в один ручей двух колец их замки размещают диаметрально противоположно.

Так как при остановке дисков во время беспарного хода скалка золотника продолжает двигаться, золотники системы Трофимова обязательно имеют контрскалку, опирающуюся на бронзовую втулку, установленную в передней золотниковой крышке.

Чтобы при беспарном ходе диски были как можно ближе придвинуты друг к другу, необходимо после закрытия регулятора перевести, рычаг перемены хода в положение наибольшей отсечки по ходу движения. Тогда перемещения скалки станут наибольшими и упорные шайбы сдвинут золотниковые диски ближе к середине камеры. Затем следует подтянуть реверс к нулевой отметке на планке, чтобы максимально сократить перемещение скалки. При возникновении надобности в езде с паром надо убедиться, что указатель отсечки сдвинут от нуля в направлении движения, осторожно приоткрыть регулятор и, дождавшись мягкого удара золотниковых дисков в упорные шайбы, выставить требуемую отсечку и открыть шире регулятор.

### [§ 36. Внешний парораспределительный механизм](http://pro-parovoz.ru/index.php/component/k2/66-36-vneshnij-paroraspredelitelnyj-mekhanizm.html)

Золотниковая скалка и ползун. Выходящий через сальник задней золотниковой крышки конец золотниковой скалки на большинстве паровозов соединен с золотниковым ползуном с помощью клина. На паровозах Л хвостовик золотниковой скалки 6 конический и всю регулировку положения золотника осуществляют только за счет изменения его размеров при сборке (рис. 98, а).

***Рис. 98. Соединение золотникового ползуна со скалкой золотника***

Сам ползун выполнен в виде вилки, щеки 4 которой скользят в направляющих, либо отлитых заодно с задней золотниковой крышкой, либо приболченных к кронштейну. Изображенный на рис. 98, а золотниковый ползун снабжен игольчатыми подшипниками 2, в которых вращается валик 3, соединяющий ползун с маятником. Смазка к подшипникам поступает из масленок, наполняемых через штуцера 1.

Несколько иначе решен вопрос регулировки в модернизированном клиновом соединении золотникового ползуна со скалкой на паровозах Эв/И. Заранее заготавливают установочную стальную втулку 7 (рис. 98, б) длиной 65 мм, свободно надетую на цилиндрический хвостовик скалки. Хвостовик вставляют в отверстие ползуна и забивают клин 5, чтобы втулка плотно прижалась к заточке скалки. После этого определяют смещение золотника из среднего положения при камне, находящемся в центре кулисы, и поршне, поставленном на середину хода. Найденное смещение золотника указывает, на сколько миллиметров следует уменьшить длину установочной втулки, если золотник оказался смещенным вперед.

На многих паровозах (в том числе и на немодернизированных Эв/и) можно отрегулировать установку золотника в сборе. Для этого цилиндрический хвостовик золотниковой скалки 6 (рис. 98, в) на некоторой длине имеет нарезку. После плотной посадки клина 5 при любом положении регулировочной гайки 9 и отвернутой контрагайке 10 определяют смещение золотника от среднего положения (при камне в центре кулисы и поршне на середине хода). Если окажется, что золотник смещен вперед, то осторожно отвертывают гайку 9, пока расстояние между ее торцом и обращенным к ней торцом горловины ползуна 8 не станет равным только что определенному смещению; тогда клин осаживают до плотного прижатия горловины ползуна к гайке. После чего остается только еще раз проверить правильность установки золотника и, убедившись в этом, затянуть контргайку 10 и зафиксировать положение клина гайками 11.

Если же при первоначальной проверке положения золотника окажется, что он смещен на п мм назад, следует, подвернув вручную контргайку 10, чтобы зафиксировать положение гайки 9, выбить клин повыше и сдвинуть скалку вперед на величину больше размера смещения золотника. Затем осторожно осаживать клин, навертывая верхнюю гайку 11 на его хвостовик до тех пор, пока расстояние между торцами горловины 8 ползуна и обращенной к нему стороны гайки 9 не станет равным найденному смещению золотника. После этого, расконтрив гайку 9 и контргайку 10, завернуть гайку до плотного упора в торец горловины ползуна. Затем законтрить гайки 11 и 9.

***Кулиса и камень.***Существует две разновидности кулисы — закрытая (рис. 99) К достоинствам кулисы закрытого типа относят уменьшение запыленности ее рабочих поверхностей, существенно понижающее их износ. Недостатки: затруднения с заправкой масленки кулисного камня и осмотром рабочей поверхности кулисы.

***Рис. 99. Кулиса закрытого типа***

***Рис. 100. Кулиса открытого типа***

В кулисе открытого типа щеки 2 (рис. 100) выполнены в виде кронштейнов, несущих цапфы 3 и укрепленных на развитой средней части заднего полотнища рамки 1 тремя болтами 6. Подвод смазки к цапфам и рабочей поверхности кулисы осуществлен через центральный канал в одной из цапф, сверления в щеках и рамке и далее на другую сторону —по трубке, укрепленной на рамке кулисы. Как и в кулисе закрытого типа, на цапфы и в отверстие хвостовика 5 кулисы запрессованы сменные стальные втулки.

 Следует упомянуть, что рабочие поверхности камней 4 снабжены канавками для распределения смазки.

Характерная особенность кулисы открытого типа паровозов Л —наличие усиливающего бурта (обводки) толщиной 12 мм; это значительно увеличивает прочность кулисы. Подобная конструкция оказалась возможной благодаря тому, что кулисы этих паровозов изготовлены штамповкой. На паровозах данной серии кулисные камни оборудованы игольчатыми подшипниками, так же как и подшипники хвостовика и цапф. При движении задним ходом, когда камень занимает место в верхней половине кулисы, к нему не поступает жидкое масло от пресс-масленки централизованной смазки и возникает необходимость во избежание повреждения рабочих поверхностей от сухого трения использовать местную масленку для камня. Именно поэтому в камне предусмотрен штуцер 7 для заправки мазеобразной смазкой.

 Чтобы надежнее зафиксировать положение контркривошипа, щека стоит на шпонке, а для пропуска болтов в заточке пальца кривошипа сделаны углубления. Описанные особенности хорошо видны на рис. 101 и дополнительных пояснений не требуют.

***Рис. 101. Контркривошип: а—с одним болтом; б —с двумя болтами***

***Тяги.*** Сравнительно небольшие усилия, которые приходится передавать тягам механизма парораспределения, позволили сделать их относительно небольшого и прямоугольного сечения. Соответственно и валики шарнирных соединений этих тяг тоже небольшого диаметра. Точно так же не предъявляется особых повышенных требований к стали, из которой они изготовлены. Между тем у паровозов Л в соединениях парораспределительного механизма частично использованы игольчатые подшипники.

***Рис. 102. Переводной винт***

***Переводной механизм.*** На паровозах Л изменение отсечки и перемены направления движения осуществляют с помощью воздушного реверса, тогда как на прочих сериях эти операции совершают вручную вращением винта 8 перемены хода рукояткой 10 (рис. 102).

Станина 3 укреплена на боковой стенке топки или на стойке, соединенной с полом будки машиниста. В вставленных в торцовые стенки станины чугунных втулках 4 и 9 может вращаться переводной винт 8, имеющий многозаходную нарезку трапецеидального профиля. По резьбе горизонтального переводного винта движется гайка, собранная из двух половин 5 и 7, между которыми зажаты прокладки 6. Такая конструкция гайки позволяет при износе обеспечивать ее плотное прилегание (без люфта) к резьбе винта за счет изменения толщины пакета прокладок. На передней половине 5 гайки имеются горизонтальные цапфы для соединения с вилкой тяги переводного винта, идущей к рычагу переводного вала. На одной из половин гайки переводного винта (на рисунке на задней 7) сверху имеется указатель, перемещающийся вдоль рейки 2, чтобы можно было видеть величину отсечки в десятых долях хода поршня. Перемещение гайки вперед и назад ограничено упорами 1. Установленную отсечку фиксируют защелкой 12, конец которой вдвигают между зубцами маховика 11.

В тех случаях, когда станина переводного винта укреплена на топке, тяга к переводному валу сделана из двух половин, в разрез между которыми вставлен равноплечий рычаг, который называют компенсаторным, поскольку он своим поворотом компенсирует изменение расстояния между переводными винтом и валом от температурного удлинения котла и тем сохраняет определенные при разбивке рейки отсечки. Однако вращение переводного вала требует значительных мускульных усилий и не позволяет быстро изменить отсечку на большую величину и перемену хода.

Схема воздушного реверса для изменения отсечки и хода приведена на рис. 103, а. Когда рукоятка 7 стоит на нулевом делении, двуплечий рычаг 3 занимает отвесное положение. Тогда золотник распределительной головки 5 занимает среднее положение, при котором его края только частично перекрывают отверстия А и В каналов, идущих первый — в заднюю полость цилиндра 6, а второй— в переднюю полость. В камеру над золотником через отверстие Г подается воздух из главного тормозного резервуара, проникающий через открытые отверстия Л и В в обе полости цилиндра, надежно удерживая поршень 7 в занимаемом им положении.

***Рис. 103. Воздушный реверс: а—схема; б — распределительная головка***

Если машинист сместит рукоятку 1 реверса вперед, то двуплечий рычаг наклонится, вращаясь около нижнего шарнира, и своим верхним концом заставит кривошип 4 и соединенный с ним золотник повернуться по часовой стрелке. Тогда золотник накроет своей выемкой (очерчена на рис. 103, б штриховой линией) отверстие В, соединив тем самым переднюю полость цилиндра с отверстием Б, ведущим в атмосферу. Равновесие поршня нарушится и под влиянием большего давления в задней полости цилиндра он двинется вместе с ползуном 8 вперед, приведя через переводную тягу 10 во вращение переводной вал //. Камень в кулисе начнет опускаться.

Но как только ползун 8 двинется вперед по направляющей 9, он через наглухо соединенный с ним поводок 12 и тягу 13 потянет вперед нижний конец двуплечего рычага 3. Теперь этот рычаг будет вращаться относительно среднего своего шарнира, удерживаемого на месте тягой 2 от рукоятки 1 реверса. Одновременно верхний конец рычага будет вращать кривошип 4 и соединенный с последним золотник против часовой стрелки. Это будет продолжаться, пока золотник не займет свое среднее положение, яри котором отверстие В окажется разобщенным с атмосферным отверстием Б, но тогда через него пойдет сжатый воздух в переднюю полость цилиндра. Сравнявшееся давление в обеих полостях цилиндра удержит поршень в новом положении, соответствующем новому положению рукоятки реверса, и кулисный камень останется на отметке, которая отвечает новому делению шкалы реверса.

При отклонении рычага реверса в обратном направлении с атмосферой окажется соединенной задняя полость цилиндра, так «ак золотник накроет выемкой отверстия А и Б. Поршень сместится назад и поднимет кулисный камень вверх по кулисе.

В аварийном случае (при отсутствии воздуха в главном тормозном резервуаре) питать реверс можно паром. Для этого закрывают кран питания от главного тормозного резервуара и открывают вентили у пароразборной колонки и у входа паропровода в трубу между краном питания и отверстием Г над распределительным золотником. Поршень в цилиндре воздушного реверса уплотнен резиновыми манжетами, которые при использовании пара довольно быстро приходят в негодность, поэтому и разрешено пользоваться паром только в аварийных случаях.

На паровозах Л цилиндр воздушного реверса прикреплен к одному из барабанов цилиндрической части котла.

В месте выхода скалки из цилиндра установлен поршневой сальник. Цилиндр смазывается из масленки, расположенной на трубе, подводящей воздух в распределительную головку. От установленной над воздушным реверсом трехфитильной масленки питают смазкой верхнюю параллель с ползуном и нижней параллелью, скалку возле сальника и вал кривошипа распределительной головки.