Расчет распределительных органов двухтактных и четырехтактных машин.

Процесс продувки и выхлопной процесс очень сложные изменения состояния газов, с переменным весовым количеством. Связать все эти изменения уравнениями, без всяких допущений и условностей не представляется возможным. Вся современная литература по этому вопросу дает только приближенные результаты расчета, указывая параллельно значение того или иного фактора и допущения; принятого в расчете. Тем не менее результаты расчета распределительных органов приводят к величинам размеров, совпадающих с конструктивными данными существующих машин.

Продувка двухтактных машин производится в короткий период рабочего процесса в цилиндре, когда поршень открывает продувочные окна перед мертвым своим положением. К моменту продувки газы в цилиндре должны понизить свое давление почти до атмосферного давления ($p = 1,05 - 1,10$ кгр/см²), а затем под давлением продувочного воздуха или смеси должны быть удалены из цилиндра. Как бы не был короток по времени период продувки (от $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{30}$ сек.), тем не менее в нем можно различить целый ряд процессов, различных по свойству, а потому требующих отдельного исследования и расчета.

В начале, когда открываются окна, газ начинает вытекать с критической скоростью, т. е. со скоростью звука в данной среде. Это будет продолжаться до тех пор, пока отношение давлений в цилиндре и в выхлопной трубе не будет равным $p_0 : p_2 = 0,528$, так как при всяком большем отношении ($p : p_2 > 0,528$) расход и скорость газа остаются постоянными.

При дальнейшем понижении давления в цилиндре скорость истечения постепенно уменьшается в зависимости от разности давлений в цилиндре и выхлопной трубе.

Этот второй период продолжается от давления $p_2 = 1,9 p_0$ до давления, которое выбирается в зависимости от продувочного воздуха или смеси в приемнике или канале между рабочим цилиндром и продувочным насосом. Это давление должно быть ниже давления в приемнике, чтобы при открытии продувочных окон или клапана продукты горения не устремлялись бы в приемник.

Третий период будет собственно продувка цилиндра, которая у машин жидкого топлива производится воздухом, у газовых—смесью, но порядок подачи воздуха и газа ведут так, чтобы воздух поступал в цилиндр первым, а затем уже смесь. Такое сложное движение через цилиндр продуктов горения, воздуха и смеси возможно только при спокойном движении всех газов, а этого можно достигнуть только при условии, что каждый слой не будет отличаться от другого большой разностью давлений при вступлении в цилиндр. Отсюда вытекает требование, чтобы продувочный воздух или смесь не имели высокого давления.

Если машина четырехтактная, то продувочный процесс отпадает. Расчет приходится вести для определения предварения выпуска газов при условии, что к мертвому положению поршня давление в цилиндре должно упасть до 1,10—1,15 кгр.

Расчет всех периодов выхлопного процесса и продувки сводится к определению живого сечения клапана и времени его подъема, выраженных уравнением

$$\int_{t_1}^{t_2} f dt = \frac{v}{w}$$

где f площадь сечения клапана, t — время, v — объем газов и w их скорость.

Объем газов приходится вычислять по объему цилиндра, скорость по одному из трех уравнений —

$$w_1 = \varphi_1 18,3 \sqrt{T},$$

$$w_2 = \varphi 44,8 \sqrt{T_2 \left[1 - \left(\frac{p_{mp}}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]},$$

$$w_3 = \varphi 24 \sqrt{T_3 \left(1 - \frac{p_{mp}}{p_2} \right)},$$

где φ скоростной коэффициент *), p_{mp} — давление в трубе, p_2 — давление в цилиндре. Первое из этих уравнений употребляется для вычисления критической скорости, второе для вычисления скорости при большой разности давлений p_{mp} и p_2 и третье при малой разности тех же давлений.

Таким образом вопрос определения времени и сечения решается как будто бы просто; но если принять во внимание, что величины T_1 , p и v переменные, то придется определение времени и сечения вести по некоторым средним величинам температуры и давления за каждый из трех выше описанных периодов. Что касается объема газа, который должен вытечь за тот или иной период из цилиндра, то он будет равен

$$v = v_2 - v_1,$$

где v_1 объем газа в начале периода при давлении и температуре p_1 и T_1 , v_2 объем газа в конце периода при температура p_2 и T_2 . Но это уравнение действительно при условии, что объем, v вытечет без остатка, т. е. при условии, что поршень остается без движения, чего в действительности нет. Поршень движется и часть газа остается в этом приращенном объеме цилиндра и допущение, что поршень не движется приводит к ошибке около 15%. Для исправления этой ошибки необходимо произвести повторный расчет, вводя исправление на величину этой ошибки.

Не имея возможности в этом кратком реферате излагать все подробности расчетов, автор считает необходимым лишь отметить, что в отличие от своих предшественников Balog'a, Borth'a, Föppl'a Gutmann'a и Kreglewsk'ого расчеты свои он вел по средним арифметическим величинам p и T двух крайних точек. Такое упрощение вопроса в виду малости рассматриваемых периодов дало прекрасные результаты в смысле согласованности размеров клапанов по расчету с размерами, даваемых практикой. Но не только это. Расчеты по этому упрощенному методу дают величины времени—сечения $\int f dt$, мало отличающие-

*) Hütte 8 Русск. изд. стр. 382 и 385.

ся от тех же величин, получаемых другими авторами более сложным расчетом.

Время—сечение $\int f dt$ продувочных окон занимает площадь OAB (черт. 1), время—сечение необходимое для предварительного открытия выхлопных окон, отвечающее двум первым периодам выхлопного процесса, выражается площадью AMN . Таким образом графически определяется длина выхлопных окон OK , которая будет больше длины продувочных окон OL , а потому перекрытие их поршнем при обратном движении будет происходить позже. Но это допускается только в кривошипно-камерных двухтактных машинах, где это неизбежно, во всех других машинах продувочные окна или клапана закрываются или одновременно с выхлопными окнами или несколько позже. Чтобы определить время открытия продувочных окон, для этого смещают на диаграмме продувочную площадь вниз так, чтобы конец продувки совпал с концом выхлопа. $O^1A^1B^1$. Площадка AMN сместится в положение amn , вследствие чего уменьшится длина выхлопных окон от OK до OK^1 . Нанесение и перемещение площадей диаграммы может быть произведено только постепенным подбором с помощью планиметра.

У четырехтактных машин расчет сводится к расчету двух первых периодов выхлопного процесса. Так как выхлоп производится через клапан, то и время—сечение относится к движению этого клапана. При построении диаграммы принимают движение клапана пропорциональным движению поршня. Тогда, принимая диаметр клапана $d \leq \frac{1}{3} D$ цилиндра, можно рассматривать движение клапана, как движение поршня в цилиндре меньшего диаметра d . Путь пройденный этим поршнем к моменту мертвого положения рабочего поршня будет высотой подъема клапана h . Найденное время—сечение должно быть выполнено до мертвого положения поршня, а потому на диаграмме 2 оно выразится площадью OAB . Величина OB будет пропорциональна или равна подъему клапана.

При нанесении кривой подъема клапана на кулачную шайбу (чертеж 3) можно величины h брать из диаграммы 2, откладывая их для простоты по направлению радиусов шайбы. Если при нанесении обнаруживается, что подъем кулака получается слишком крутой, то для плавности движения ролика приводят плавную кривую gsp , делая площадку gsa приблизительно равной площадке shp .

Все выше изложенное становится особенно ясным в изложении вопроса с подтверждением расчетами существующих машин, что к сожалению автор в кратком реферате сделать не может.