

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОТНОШЕНИЯ ОБЪЕМОВ ЦИЛИНДРОВ ПАРОВОДНЫХ МАШИН ДУВКРАТНОГО РАСШИРЕНИЯ

И. Н. БУТАКОВ и Е. Н. ШАДРИН

В паровых машинах речного флота мы оказываемся ограниченными в выборе периодов действия пара в цилиндрах условиями парораспределительных органов. Так, например, коробчатый золотник может обеспечить степень наполнения обычно не менее 50—60% хода поршня; при золотниках Трика-Вейсса степень наполнения не бывает обычно менее 35% хода поршня и т. д. Эти условия предопределяют выбор отношения объемов цилиндров машин компаунд, будучи поставлены в связь с требованием распределить работу по возможности поровну между цилиндрами.

Исходя из равенства весового количества насыщенного пара, проходящего через машину, имеем, приняв приближенно, что вредный расход пара будет одинаковым для обоих цилиндров

$$\gamma_i O_{цвд} (m_0 + \varepsilon) = \gamma_r O_{цнд} (M_0 + E).$$

Пусть ε и E — степени наполнения в частях хода поршня в ЦВД и ЦНД, c и C — степени сжатия, m и M — вредные пространства в частях рабочего объема в цилиндрах, P_1 и P_2 — давления впуска пара в ЦВД и выпуска из ЦНД в конденсатор в *ата*, P_r — давление в *ата* при впуске в ЦНД, $\rho = 1,05$ — коэффициент, характеризующий увеличение противодействия в ЦВД против P_r . Тогда

$$m_0 = m - \frac{\rho P_r (c + m)}{P_1}, \quad M_0 = M - \frac{P_2 (C + M)}{P_r}.$$

Полагая приближенно $\gamma_i = \rho P_1$ и $\gamma_r = \rho P_r$, а также называя $\delta = \frac{O_{цнд}}{O_{цвд}}$ отношением объемов цилиндров, получим

$$\delta P_r (E + M) + \rho (c + m) P_r - \delta P_2 (C + M) - P_1 (m + \varepsilon) = 0 \quad (1)$$

Как видно, зависимость между P_r и δ гиперболическая. Из уравнения (1) определяем

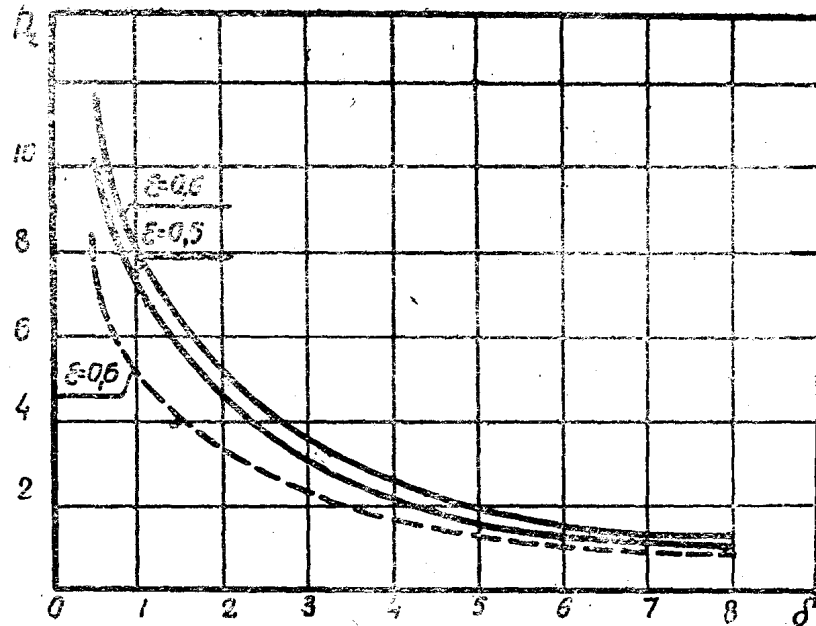
$$\delta = \frac{P_1 (m + \varepsilon) - \rho P_r (c + m)}{P_r (E + M) - P_2 (C + M)} = - \frac{\rho (c + m)}{E + M} + \frac{P_1 (m + \varepsilon) - \frac{\rho P_2 (C + M) (c + m)}{E + M}}{P_r (E + M) - P_2 (C + M)}$$

Если $P_r = \infty$, то $\delta = - \frac{\rho (c + m)}{E + M}$. Если $\delta = \infty$, то $P_r = \frac{P_2 (C + M)}{E + M}$. Не-

обходимую точку для построения гиперболы найдем, полагая $\delta = 0$. Тогда $P_r = \frac{P_1 (m + \varepsilon)}{\rho (c + m)}$. Гипербола построена на фиг. 1 для нижеуказанного частного примера.

Для среднего индикаторного давления ЦВД записываем

$$P_i' = \sigma_{цвд} (k' P_1 - k_2 \rho P_r) = \sigma_{цвд} \left\{ \left[\alpha_{цвд} \varepsilon + \beta_{цвд} (\varepsilon + m) \ln \frac{1+m}{\varepsilon+m} \right] P_1 - \right. \\ \left. - \rho \frac{P_1 (m + \varepsilon) + \delta P_2 (C + M)}{\delta (E + M) + \rho (c + m)} \cdot \left[1 - c + (c + m) \ln \frac{m+c}{m} \right] \right\},$$



Фиг. 1

что преобразовывается таким образом:

$$(E + M) \delta P_i' + \rho (c + m) P_i' - F \delta - Q = 0, \quad (2)$$

причем $F = \sigma_{цвд} (E + M) \left[\alpha_{цвд} \varepsilon + \beta_{цвд} (\varepsilon + m) \ln \frac{1+m}{\varepsilon+m} \right] P_1 -$

$$- \sigma_{цвд} \rho P_2 (C + M) \left[1 - c + (c + m) \ln \frac{m+c}{m} \right],$$

а $Q = \rho \sigma_{цвд} (c + m) \left[\alpha_{цвд} \varepsilon + \beta_{цвд} (\varepsilon + m) \ln \frac{1+m}{\varepsilon+m} \right] P_1 -$

$$- \rho P_1 (m + \varepsilon) \sigma_{цвд} \left[1 - c + (c + m) \ln \frac{m+c}{m} \right].$$

Уравнение (2) характеризует опять гиперболу. Определяем

$$\delta = \frac{Q - \rho (c + m) P_i'}{(E + M) P_i' - F} = - \frac{\rho (c + m)}{E + M} + \frac{Q - \frac{F \rho (c + m)}{E + M}}{(E + M) P_i' - F}.$$

Если $\delta = \infty$, то $P_i' = \frac{F}{E + M}$. Если $P_i' = \infty$, то $\delta = - \frac{\rho (c + m)}{E + M}$. Необходимую для построения гиперболы точку находим, полагая $P_i' = 0$. Тогда

$\delta = -\frac{Q}{F}$ Наконец, для среднего индикаторного давления ЦНД получаем

$$P_i'' = \sigma_{цнд} (k'' P_r - k_2 P_2) = \\ = \sigma_{цнд} \left\{ \left[\alpha_{цнд} E + \beta_{цнд} (E + M) \ln \frac{1 + M}{E + M} \right] \left[\frac{P_1 (m + \varepsilon) + \delta P_2 (c + m)}{\delta (E + M) + \rho (c + m)} \right] - \right. \\ \left. - P_2 \left[1 - C + (C + M) \ln \frac{M + C}{M} \right] \right\},$$

откуда

$$(E + M) \delta \cdot P_i'' + \rho (c + m) P_i'' - P \delta - S = 0, \quad (3)$$

т. е. и здесь зависимость между P_i'' и δ гиперболическая, причем

$$P = \sigma_{цнд} \cdot P_2 (C + M) \left[\alpha_{цнд} E + \beta_{цнд} (E + M) \ln \frac{1 + M}{E + M} \right] - \\ - \sigma_{цнд} P_2 (E + M) \left[1 - C + (C + M) \ln \frac{M + C}{M} \right]$$

и

$$S = \sigma_{цнд} \cdot P_1 (m + \varepsilon) \left[\alpha_{цнд} E + \beta_{цнд} (E + M) \ln \frac{1 + M}{E + M} \right] - \\ - \sigma_{цнд} P_2 \rho (c + m) \left[1 - C + (C + M) \ln \frac{M + C}{M} \right].$$

Для нахождения асимптот имеем

$$\delta = \frac{S - \rho (c + m) P_i''}{(E + M) P_i'' - P} = -\frac{\rho (c + m)}{E + M} - \frac{\frac{\rho (c + m) \cdot P}{E + M} - S}{(E + M) P_i'' - P}.$$

Если $\delta = \infty$, то $P_i'' = \frac{P}{E + M}$. Если $P_i'' = \infty$, то $\delta = -\frac{\rho (c + m)}{E + M}$. Необ-

ходимую точку для построения последней гиперболы в целях уменьшения масштаба чертежа целесообразно определять из условия $P_i' = P_i''$, чем обуславливается равенство δ , т. е.

$$\frac{Q - \rho (c + m) P_i'}{(E + M) P_i' - F} = \frac{S - \rho (c + m) P_i''}{(E + M) P_i'' - P}.$$

Заменяя в правой части P_i'' равную величиною P_i' , получаем

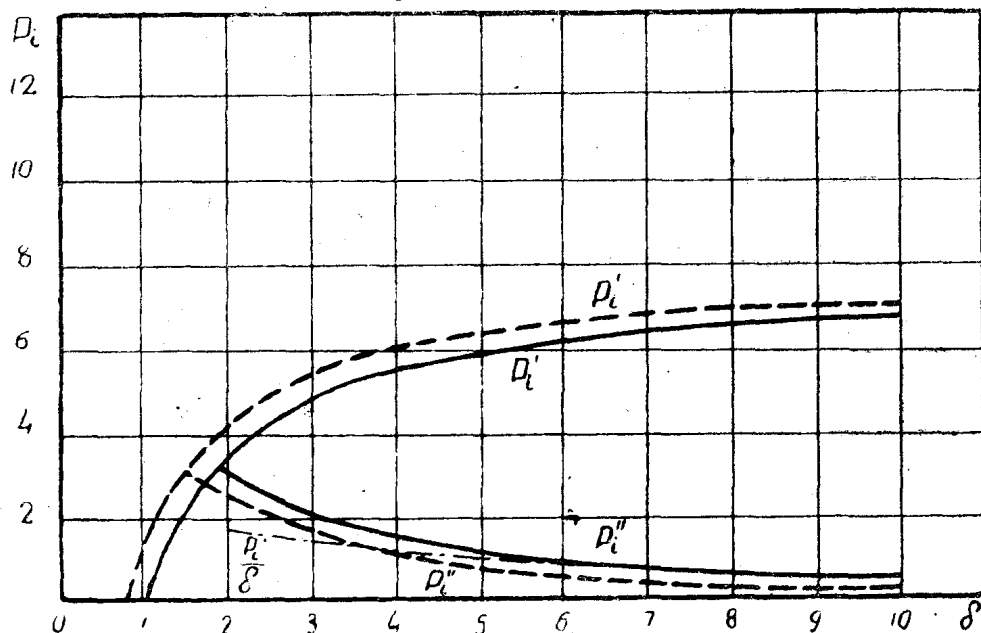
$$P_i' = \frac{QP - SF}{(E + M)(Q - S) + \rho (c + m)(P - F)},$$

чему отвечает определенная точка на гиперболе P_i' , которую и принимаем за искомую точку для построения гиперболы P_i'' .

Выстроив гиперболы для P_i' и P_i'' в зависимости от δ и уменьшив ординаты гиперболы P_i' в δ раз, найдем точку пересечения этих гипербол, абсцисса которой и дает искомое отношение объема δ , обеспечивающее равенство работ в обоих цилиндрах.

На фиг. 2 построены гиперболы P_i' и P_i'' для частного примера: $\varepsilon = E = 0,6$; $c = 0,08$; $C = 0,15$; $\beta_{цнд} = 0,85$; $\beta_{цнд} = 0,80$; $\rho = 1,05$; $m = 0,12$; $M = 0,08$; $P_1 = 10 \text{ ата}$; $P_2 = 0,2 \text{ ата}$; $\sigma_{цнд} = 0,96$; $\sigma_{цнд} = 0,93$; $\alpha_{цнд} = 0,93$;

$\sigma_{цнд} = 0,90$. Пересечение гипербол получается при $\delta \cong 6,3$, когда $P_i'/\delta = P_i''$. В практике проектирования речных паровых машин чаще всего принимают $\delta = 3 - 4,5$. Как видно из фиг. 2, при этих условиях $P_i'' > \frac{P_i'}{\delta}$, что имеет место при степени наполнения $\varepsilon = E = 0,6$. В случае же уменьшения степени наполнения в ЦВД, а значит и в ЦНД, давление в ЦНД P_r будет падать (фиг. 1), в соответствии с чем будет уменьшаться P_i'' , так что будет происходить выравнивание мощностей в обоих цилиндрах.



Фиг. 2

Из цифровых данных частного примера видно, что в ЦНД приняты меньшие значения $\delta_{цнд} = 0,93$, $\beta_{цнд} = 0,8$ и зависящая от $\beta_{цнд}$ величина $\alpha_{цнд}$. В отношении $\sigma_{цнд}$ это объясняется тем, что величина предварения выпуска в ЦНД больше, чем в ЦВД, а также и тем, что в речных машинах вакуум устанавливается обычно не сразу (в начале хода он бывает хуже). Что же касается меньшей величины $\beta_{цнд}$, то она обусловлена предшествующим расширением пара в ресивере и в ЦНД, которое создает понижение давления, особенно заметное при малых размерах ресивера перед моментом отсечки пара в ЦНД.

Обращаясь теперь к машинам перегретого пара, можем записать уравнение постоянства весового количества пара, проходящего через машины, в таком виде

$$\gamma_{пер} \cdot O_{цвд} (\varepsilon + m_0) = \gamma_r \cdot O_{цнд} (E + M_0).$$

Так как приближенно можно принять, что удельные объемы перегретого пара изменяются как для газов, т. е. $\frac{1}{\gamma_{пер}} : \frac{1}{\gamma_1} = T_{пер} : T_1$, где γ_1 и T_1 — удельный вес и абсолютная температура насыщенного пара того же давления, то $p_1 \cdot \frac{T_1}{T_{пер}} (\varepsilon + m_0) = \delta \cdot p_r (E + M)$. Обычно принимают, что в ЦНД уже работает насыщенный пар. После внесения поправок на перегретый пар из уравнения (1) получаем асимптоты: $P_r = \frac{P_2(C+M)}{E+M}$ (остается

без изменения) и $\delta = -\frac{T_1/T_{пер} \cdot \rho(c+m)}{E+M}$. Асимптоты гиперболы (2) полу-

чают вид $P_i' = \frac{F}{E+M}$ (остается без изменения) и $\delta = -\frac{T_1/T_{пер} \cdot \rho(c+m)}{E+M}$,

причем необходимая точка для построения гиперболы $\delta = -\frac{T_1/T_{пер} \cdot Q}{F}$.

Наконец, для асимптот гиперболы (3) имеем в случае перегретого пара $P_i'' = \frac{P}{E+M}$ (остается без изменения) и $\delta = -\frac{T_1/T_{пер} \cdot \rho(c+m)}{E+M}$. Точка ги-

перболы остается такой же, как для насыщенного пара. Гиперболы в случае перегретого пара построены на той же фиг. 2 для того же частного примера, как и для насыщенного пара, но нанесены пунктиром. Из фиг. 2 видно, что P_i'/δ оказывается уже выше P_i'' . Поэтому-то является совершенно правильным указание на необходимость в случае перегретого пара иметь для выравнивания мощности в цилиндрах степень наполнения в ЦВД больше, чем в ЦНД, так как при этом будет повышаться P_r (пунктирная гипербола на фиг. 1).