

К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИНДИКАТОРНЫХ К. П. Д. ОТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОЩНОСТИ МЕЖДУ МАШИНОЙ И ТУРБИНОЙ СУДОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТАНОВОК

А. М. ПОДСУШНЫЙ

На величину относительного индикаторного к.п.д. цилиндров поршневой машины, следовательно, и на величину относительного индикаторного к.п.д. машины в целом оказывают влияние следующие факторы: а) степень расширения пара, б) перепад давления, в) состояние пара, г) число оборотов машины и другие факторы.

С уменьшением степени расширения пара при сохранении постоянной начальной температуры пара средняя температура стенок цилиндров увеличивается, что ведет к уменьшению теплообмена между паром и стенками цилиндров, т. е. к увеличению относительного индикаторного к.п.д. цилиндров и, следовательно, машины. Из обработки результатов испытаний судовых комбинированных установок [1; 2; 3] зависимость относительных индикаторных к.п.д. от степени расширения пара можно представить в виде кривых, приведенных на рис. 1. Из графиков видно, что относительный инди-

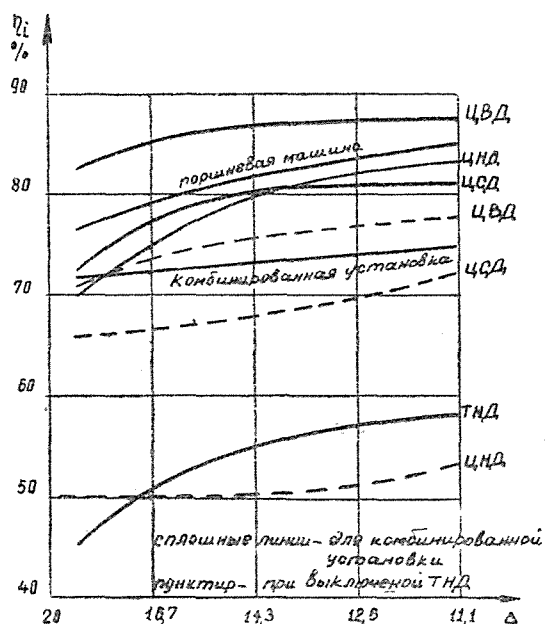


Рис. 1. Зависимость индикаторного к.п.д. от общей степени расширения пара

каторный к.п.д. ЦНД машины 3-го расширения, например, увеличился при включенной турбине отработавшего пара с 0,70 до 0,82, а без турбины отрабо-

тавшего пара—соответственно с 0,50 до 0,53. Такой сравнительно большой рост относительного индикаторного к.п.д. ЦНД объясняется главным образом увеличением противодействия за машиной, вызванного приключением турбины отработавшего пара, что уменьшило температурный перепад на машину и цилиндры, а отсюда и потери от теплообмена. Общий относительный индикаторный к.п.д. установки возрастает при этом с 0,715 до 0,750.

При уменьшении перепада давления на цилиндр также возрастает относительный индикаторный к.п.д. цилиндра. Например, Даниловский [1] указывает на основании обработки опытных данных, что при неизменном начальном давлении пара перед машиной 14,1 *ата* повышение противодействия за машиной от 0,20 *ата* до 1,5 *ата* вызовет повышение относительного индикаторного к.п.д. машины с 0,675 до 0,890, в основном за счет повышения относительного индикаторного к.п.д. ЦНД. При работе перегретым паром относительный индикаторный к.п.д. цилиндров возрастает по сравнению с работой насыщенным паром в основном за счет уменьшения теплообмена между паром и стенками цилиндров. При увеличении противодействия за машиной рабочий процесс пара в поршневой машине смещается в область повышенных параметров, не достигая области большого насыщения. Следовательно, относительный индикаторный к.п.д. машины при этом возрастает.

На основании обработки опытных данных испытаний комбинированных судовых установок, а также опытных материалов эксплуатации и литературных материалов, приходим к заключению, что зависимости относительных индикаторных к.п.д. цилиндров и турбины отработавшего пара от относительной мощности турбины можно выразить графиком на рис. 2, где обозначено:

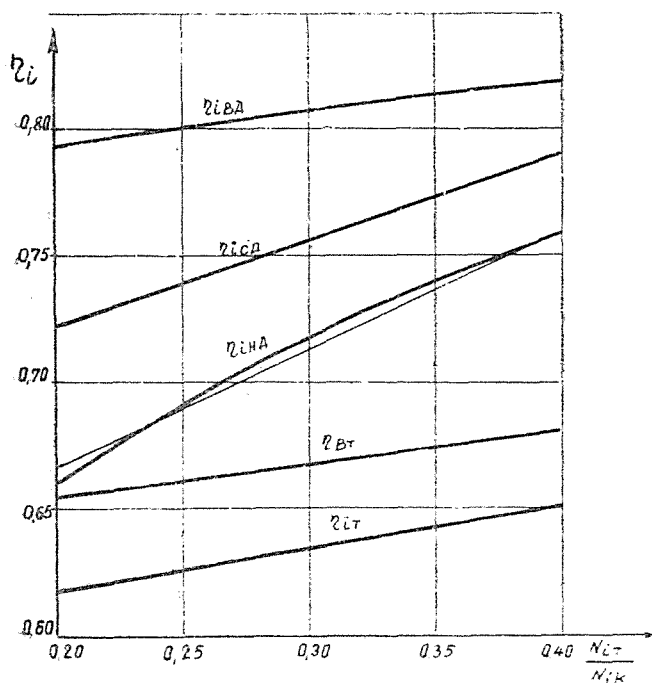


Рис. 2. Зависимость индикаторных к.п.д. от нагрузки ТНД

$\eta_{i\delta d}$ — относительный индикаторный к.п.д. ЦВД;
 $\eta_{i\delta c}$ — относительный индикаторный к.п.д. ЦСД;
 $\eta_{i\delta n}$ — относительный индикаторный к.п.д. ЦНД;
 $\eta_{\text{от}}$ — относительный внутренний к.п.д. турбины отработавшего пара;
 η_{im} — относительный индикаторный к.п.д. турбины отработанного пара, вводимый для приведения турбины к единому механическому к.п.д. и определяемый по Голыньскому [5] из выражения:

$$\eta_{im} = \eta_{\text{от}} \cdot \beta \frac{\eta_{mt} \cdot \eta_{nt}}{\eta_{mm}},$$

где

β — коэффициент, учитывающий протечки пара через переключающий клапан в главный холодильник;
 η_{mt} — механический к.п.д. турбины;
 η_{nt} — механический к.п.д. передачи от турбины к гребному валу, включая и гидромфту;
 η_{mm} — механический к.п.д. машины, принимаемый за механический к.п.д. всей установки.

На рис. 2 область относительной мощности турбины отработанного пара $\frac{N_{im}}{N_{ik}}$ от 0,35 до 0,40 построена экстраполяцией.

Приняв эту зависимость к.п.д. от распределения мощности между машиной и турбиной судовой комбинированной установки, по тепловым расчетам для частного случая начальных параметров пара 25 атм и 380°C, получаем зависимость относительного индикаторного к.п.д. машины 3-го расширения от противодействия по рис. 3. Расчет проделан при числе оборотов машины, равном 120 об/мин. Полученные расчетные точки вполне хорошо описываются уравнением гиперболы:

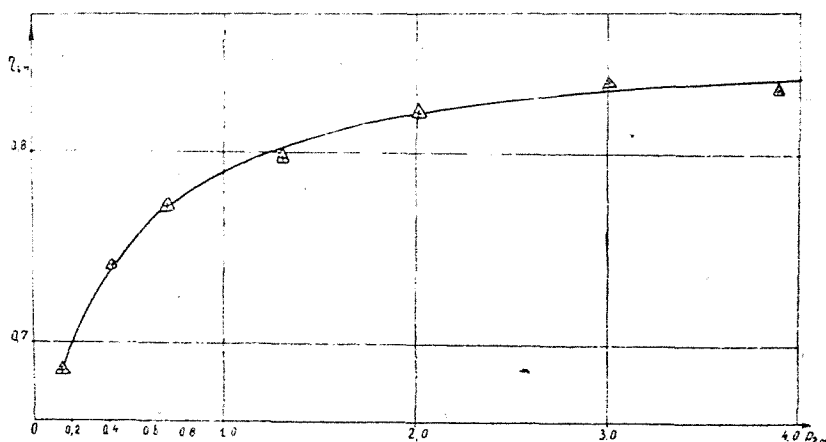


Рис. 3. Зависимость индикаторного к.п.д. машины от противодействия

$$\eta_{im} = 0,865 - \frac{0,11}{P_{2m} + 0,46}. \quad (1)$$

По тепловым расчетам комбинированных установок, проделанным для различных начальных параметров пара при различном распределении мощности между машиной и турбиной и при принятой зависимости к.п.д. цилиндров от распределения мощности, получается зависимость относитель-

ного индикаторного к.п.д. комбинированной установки от относительной загрузки поршневой машины, представленная на рис. 4. Эта зависимость в рассматриваемых пределах загрузки поршневой машины достаточно точно описывается уравнением гиперболы

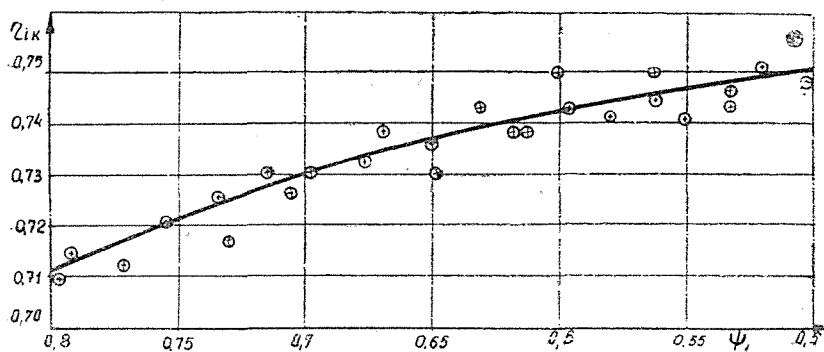


Рис. 4. Зависимость индикаторного к.п.д. установки от относительной загрузки поршневой машины

$$\eta_{ik} = 0,80 - \frac{1}{31(1,16 - \psi_1)}. \quad (2)$$

Здесь за аргумент принято отношение индикаторного теплоперепада поршневой машины к индикаторному теплоперепаду всей комбинированной установки

$$\psi_1 = \frac{H_{im}}{H_{ik}},$$

являющееся характеристикой распределения мощности между машиной и турбиной без учета разницы в количестве работающего пара в отдельных цилиндрах машины и в турбине. Если в данном случае перейти от относительной загрузки машины ψ_1 к относительной мощности машины

$\frac{N_{im}}{N_{ik}}$, то зависимость η_{ik} от $\frac{N_{im}}{N_{ik}}$ примет вид:

$$\eta_{ik} = 0,80 - \frac{1}{31(1,2 - N_{im}/N_{ik})}. \quad (3)$$

Из сравнения (2) и (3) видно, что эти зависимости очень близки. Важной особенностью уравнения (2) является то обстоятельство, что оно не зависит от начальных параметров пара, так как тепловые расчеты для построения рис. 4 проделаны для различных начальных параметров пара от 15 *ата* и 300°C до 50 *ата* и 420°C.

Для приближенного рассмотрения ряда вопросов, не требующих высокой точности, в интервале $\psi_1 = 0,50 - 0,80$ зависимость (2) можно представить как прямолинейную:

$$\eta_{ik} = 0,685 + 0,148(1 - \psi_1). \quad (4)$$

Анализируя уравнение (4), приходим к выводу, что при выключенной турбине отработанного пара ($\psi_1 = 1$) относительный индикаторный к.п.д. поршневой машины при вакууме в главном холодильнике 95% остается таким же, как при обычном для машин 3-го расширения вакууме 85%. Это обстоятельство, с одной стороны, подтверждает установившееся мне-

ние, что углубление вакуума поршневых машин 3-го расширения свыше 85% является бесполезным, а с другой стороны, при $\psi_1 = 1$ относительный индикаторный к.п.д. комбинированной установки становится равным таковому для машины 3-го расширения при ее нормальной работе, причем его значение в этом случае

$$\eta_{ik} = \eta_{im} = 0,685$$

соответствует значению η_{im} , получаемому в работах ЦНИИМФ [4]. Полученные зависимости могут в значительной степени облегчить исследования судовых комбинированных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д а н и л о в с к и й Г. И. Повышение эффективности судовых паросиловых установок. ВНИТОВТ, 1935.
 2. „Werft-Reederei-Hafen“. № 3, 1928, № 13, 1933, № 23–24, 1935.
 3. С е м е к а В. А. и К у т ь и н Л. Н. Выбор типа паросиловых установок морских судов, подлежащих постройке с установками 1500 и.л.с. и меньше. ЦНИИМФ, Ленинград, 1950.
 4. Г о л ы н с к и й А. В. Теория и тепловой расчет судовых паровых машин. Морской транспорт“, 1951.
-