

Внешняя характеристика и частичные характеристики.

При эксплуатации часто изменение нагрузки влечет за собой изменение частоты вращения, несмотря на **неизменное положение органа управления топливными насосами**. Подобным условиям отвечают *внешняя или частичные характеристики*, под которыми понимается графическая или аналитическая зависимость показателей двигателя от **частоты вращения при строго фиксированном положении органа управления топливными насосами** (топливная рейка $TP = \text{const}$), что обеспечивает сохранение неизменности активного хода плунжера.

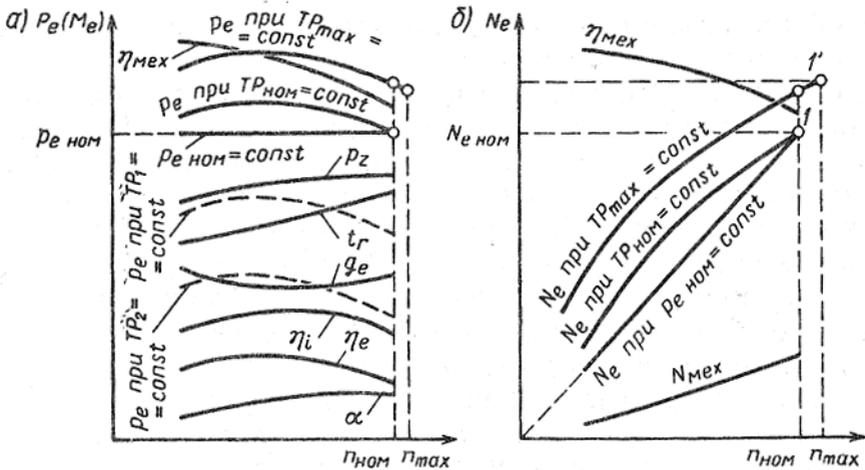


Рис. 1. Внешняя и частичные характеристики

Кривая $TP_{ном} = \text{const}$ (рис. 1, а, б) — *внешняя номинальная характеристика*, соответствующая работе двигателя в условиях изменяющихся нагрузки и частоты вращения при активном ходе плунжера $h_{a ном}$ или соответствующем ему положении топливной рейки $TP_{ном}$, обеспечивающем номинальную мощность $N_{e ном}$ и среднее эффективное давление $p_{e ном}$ при номинальном скоростном режиме $n_{ном}$.

Под *номинальной максимальной длительной (MCR) мощностью* понимается наибольшая гарантируемая заводом-строителем эффективная мощность, которую двигатель может развивать в течение длительного времени при номинальном скоростном режиме $n_{ном}$ и нормальных атмосферных условиях ($p_0 = 100$ кПа, $t_0 = 27$ °С и относительная влажность $\varphi = 60$ %), а также при сопротивлении на впуске, противодавлении выпуску (возникших при стендовых испытаниях и оговоренных в инструкции), температуре и давлении в системах смазочной и охлаждения, рекомендованных сортах топлив и масел ($Q_H = 42,7$ МДж/кг). Условия работы в эксплуатации обычно **отличны** от стендовых, поэтому на номинальной мощности из-за опасности перегрузки двигатель работает редко.

Внешняя максимальная, или заградительная, характеристика по топливному насосу (кривая $TP_{max} = \text{const}$, точка I') соответствует предельной в условиях эксплуатации подаче топлива, ограничиваемой обычно упором, устанавливаемым на топливном насосе и обеспечивающим кратковременную 10%-ную перегрузку двигателя по мощности ($N_{e max} = 110 \% N_{e}$

$n_{ном}$) при 3 %-ной перегрузке по частоте вращения (точка 1, $n_{max} — 103 \% n_{ном}$, см. рис. 1, б).

Частичные характеристики.

Характеристики соответствуют работе двигателя при активном ходе плунжера $h_a < h_{a ном}$ или $TP < TP_{ном}$, при которых мощность и среднее эффективное давление составляют лишь часть их полного значения на номинальном режиме.

По частичной характеристике двигатель может работать без ограничений по времени, исключая режим минимальной частоты вращения.

Характер зависимостей мощности и среднего эффективного давления от частоты вращения для внешней и частичных характеристик следующий:

$$p_e = A_1 g_u \eta_e; N_e = C_1 g_u \eta_e n_i$$

Если заменить величину g_u через показатель TP , характеризующий положение топливной рейки насоса или указателя нагрузки, то

$$p_e = A_2 (TP) \eta_T \eta_e; N_e = C_2 (TP) \eta_T \eta_e n_i$$

Если предположить, что изменение скоростного режима n при $TP = const$ не влияет на величины η_T и η_e , внешняя характеристика в координатах $p_e — n$ (см. рис. 1, а, б) будет представлять собой прямую, параллельную оси абсцисс ($p_{e ном} = const$), а в координатах $N_e — n$ — прямую, идущую из начала координат в точку номинального режима ($N_{e ном}, n_{ном}$)

В действительности при изменении частоты вращения не сохраняются неизменными ни коэффициент подачи топливных насосов η_T , ни эффективный КПД η_e (см. рис. 1, а). Коэффициент

подачи из-за сжимаемости топлива при уменьшении частоты вращения немного увеличивается или уменьшается. Определяющую роль играют конструкция топливного насоса, объем дросселирования топлива в периоды наполнения и отсечки, техническое состояние прецизионных элементов.

Совместное влияние η_i и $\eta_{мех}$ приводит к тому, что эффективный КПД большинства двигателей при уменьшении частоты вращения меняется в довольно узких пределах.

Соответственно невелико изменение и удельного эффективного расхода топлива $g_e = 3600/(Q_H \eta_e)$, определяющего экономичность работы двигателя.

Малое влияние скоростного режима на эффективный КПД приводит к тому, что характер зависимости среднего эффективного давления от частоты вращения при работе двигателя по внешней характеристике в основном определяется характером изменения цикловой подачи топлива (коэффициента подачи η_t). В большинстве случаев при снижении n увеличивается η_t , поэтому растет p_e (см. рис. 1, а).

Снижение давления p_e , обычно наблюдается в области малых частот вращения, здесь определяющую роль начинает играть уменьшение коэффициента η_e из-за ухудшения снабжения двигателя воздухом, падения α и ухудшения смесеобразования.

Так как среднее эффективное давление при изменении скоростного режима и $TP = \text{const}$ не остается постоянным, то отклоняется от линейной зависимости и $N_e = Cp_e n$ (см. рис. 1, б).

Положение частичных характеристик отвечает условию $TP_2 < TP_1 < TP_{ном}$, что соответствует следующим соотношениям активного хода плунжера топливного насоса: $h_{a2} < h_{a1} < h_{a ном}$.

Тепловая и механическая напряженность.

Характерное для внешней характеристики сокращение коэффициента избытка воздуха, особенно четко проявляющееся в двигателе с турбонаддувом, вызывает рост температуры газов в цилиндре (см. рис. 1). Поэтому при уменьшении частоты вращения в условиях внешней характеристики не исключена возможность повышения температуры деталей ЦПГ и роста в них температурных напряжений.

О механической напряженности двигателя можно судить по максимальному давлению цикла p_z и максимальному суммарному давлению $p_{max} = p_z - p_j$.

У двигателей без наддува снижение скоростного режима при $TP = const$, как правило, сопровождается увеличением давления p_z , что обусловливается смещением начала видимого сгорания в сторону опережения. В двигателях с наддувом в связи с падением давления наддува давление p_z убывает, но p_{max} увеличивается, так как с уменьшением частоты вращения существенно убывает сила инерции p_j .

Рост p_{max} обуславливает повышение механических напряжений в деталях КШМ.

Таким образом, *работа двигателя по внешней характеристике опасна*, так как при уменьшении частоты вращения увеличивается механическая напряженность и не исключена возможность роста

тепловой напряженности. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе режима работы главного двигателя, особенно при плавании в штормовую погоду, во льдах и при буксировках, т. е. именно в этих условиях двигатель выходит на режимы внешней характеристики — подача топлива остается постоянной, а частота вращения может снижаться при увеличении сопротивления движению судна.

Литература

Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с Стр. 191-193