

## Режимы работы на малых нагрузках

Переход главного двигателя на режим малого хода, как и переход вспомогательного на режим малых нагрузок, связан со значительным **сокращением подачи топлива** в цилиндры. Одновременно снижаются параметры воздуха в конце сжатия. Особенно заметно изменение величин  $P_c$  и  $T_c$  в двигателе с газотурбинным наддувом, так как ГТК на малых нагрузках практически не работает и двигатель автоматически переходит **на режим работы без наддува**. Малые порции сгорающего топлива снижают температуру в камере сгорания. Из-за низких температур цикла процесс сгорания топлива протекает вяло, медленно, часть топлива не успевает сгореть и стекает по стенкам цилиндра в картер или уносится с отработавшими газами в выпускную систему. Ухудшению сгорания топлива способствует также плохое смесеобразование топлива с воздухом, обусловленное **снижением давления впрыска** топлива при падении нагрузки и снижении частоты вращения (особенно при изношенной топливной аппаратуре). Неравномерное и нестабильное впрыскивание топлива, а также низкие температуры в цилиндрах вызывают неустойчивую работу двигателя, нередко сопровождающуюся **пропусками вспышек и повышенным дымлением**. При снижении оборотов ниже  $n_{min\ доп.}$  не исключена самопроизвольная остановка двигателя.

**Нагарообразование** протекает особенно интенсивно при использовании в двигателе тяжелых топлив. При работе на малых нагрузках из-за плохого распыливания и относительно низких температур в цилиндре капли тяжелого топлива полностью не выгорают.

При нагревании в цилиндре легкие фракции постепенно испаряются и сгорают, а в ядре капли остаются исключительно тяжелые высококипящие фракции, основу которых составляют ароматические углеводороды с наиболее прочной связью между атомами. Поэтому окисление их приводит к образованию промежуточных продуктов - **асфальтенов и смол**, медленно сгорающих и обладающих высокой липкостью, способных прочно удерживаться на металлических поверхностях.

В силу изложенных обстоятельств при длительной работе двигателя на режимах малых частот вращения и нагрузок происходит **интенсивное загрязнение цилиндров** и особенно выпускного тракта продуктами неполного сгорания топлива и масла. Выпускные каналы крышек цилиндров и выпускные патрубки покрываются плотным слоем асфальтосмолистых веществ и кокса, до 50-70% уменьшающих их проходные сечения. В выпускной трубе толщина слоя нагара достигает

10-20 мм. Эти отложения при повышении нагрузки на двигатель периодически **воспламеняются**, вызывая в выпускной системе пожар. Все маслянистые отложения выгорают, а образующиеся при сгорании сухие углистые частицы выдуваются в атмосферу.

Чтобы этого не случилось, необходимо по возможности **избегать** эксплуатации двигателя на малых нагрузках. Особенно это относится к дизель-генераторам режим работы которых, можно регулировать числом параллельно работающих двигателей и их нагрузкой, или выборочным включением в судовую сеть потребителей тока.

Наиболее **чувствительны** к ухудшению работы на малых оборотах и нагрузках **четырёхтактные** средне- и высокооборотные двигатели. Поэтому в последних модификациях этих двигателей **увеличивают давление впрыскивания** на номинальном режиме до 150-200 МПа<sup>2</sup>. В этом случае при снижении частоты вращения давление впрыскивания, подчиняющееся закону  $p_{т.мах} = Cn$ , уменьшается не до столь низких значений, что позволяет обеспечить на малых оборотах достаточно качественное распыливание и смесеобразование. Фирма Катерпиллар с этой же целью ввела **гидравлический привод плунжера ТНВД**, позволивший сохранять высокое давление впрыскивания на всем диапазоне скоростных режимов.

Вторым фактором, определяющим неудовлетворительную работу на малых оборотах и нагрузках является ухудшение воздухообеспечения. Для улучшения воздухообеспечения на двигатели **устанавливают более эффективные ГТК**, ориентированные на работу в зоне малых нагрузок с более высоким кпд. Уместно напомнить, что в современных двигателях с высоким наддувом запас энергии газов на полных нагрузках превышает потребности ГТК и это позволяет на этих режимах направлять газы в обход ГТК, открывая устанавливаемые на выхлопе **байпасные клапаны**. С переходом на малые нагрузки байпасный клапан закрывается и весь поток газов направляется в ГТК, что существенно повышает его производительность.

В целях улучшения воспламенения топлива в цилиндрах двигателя также прибегают к повышению температуры наддувочного воздуха путем отключения воздухоохладителя, а в отдельных конструкциях двигателей при переходе на частичные нагрузки вводится **подогрев наддувочного воздуха** с помощью специально устанавливаемого подогревателя, в котором температура воздуха повышается до 65-80°С

<sup>2</sup>В последние годы увеличение максимального давления впрыска до 120-150 МПа стало применяться и в малооборотных 2-хтактных двигателях.

При переходе главного двигателя, работающего на ВФШ, на режимы малых оборотов цикловая подача топлива и нагрузка, характеризуемая  $p_e$ , уменьшаются в квадрате от оборотов. Это влечет за собой **рост степени неравномерности** подачи топлива

$$\delta_{\text{ц}} = \frac{g_{\text{ц max}} - g_{\text{ц min}}}{g_{\text{ц ср}}},$$

где  $g_{\text{ц max}}$ ,  $g_{\text{ц min}}$ ,  $g_{\text{ц}}$  – соответственно максимальная, минимальная и средняя цикловые подачи топлива в рабочие цилиндры. Рост степени неравномерности подачи определяется влиянием **возрастанием доли утечек** через прецизионные элементы топливной аппаратуры по отношению падающей со снижением нагрузки цикловой подаче ТНВД. В свою очередь, чем больше степень неравномерности подачи, тем больше степень неравномерности вращения вала двигателя, тем больше **вероятность пропуска вспышек** в цилиндрах и самопроизвольной остановки двигателя. Остановке двигателя способствует и тот факт, что с уменьшением оборотов **уменьшается кинетическая энергия** его движущихся частей и при низких оборотах с учетом ранее рассмотренных причин ее может оказаться недостаточно для преодоления сопротивления вращению гребного винта.

#### Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1./ И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с. Стр. 213-216.
2. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1./И.В.Возницкий, – М.:МОРКНИГА, 2007.- 282 с. Стр. 272-275.
3. Возницкий И. В. Судовые дизели и их эксплуатация / И.В.Возницкий, Е.Г.Михеев – М.:Транспорт, 1990. - 360 с. стр.292-293.