

УДК 621.43.004.19

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕПЛОВОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПЕРВИЧНОГО ДИЗЕЛЯ

*А.В. Наумов*

В статье рассматриваются некоторые вопросы тепловой напряженности двигателя внутреннего сгорания применительно к первичному дизелю в составе многофункционального энерготехнологического комплекса. Долговечность и надежность работы деталей двигателя первичного дизеля обеспечивается абсолютными значениями их температур, которые не должны превосходить допустимых величин.

Ключевые слова: тепловая напряженность, дизель, деталь показатель.

Повышенные температуры различных деталей двигателя могут привести к значительному ухудшению основных физических свойств материала их изготовления, и, в том числе, изменению конструктивных параметров. С увеличением температуры наблюдается уменьшение предела прочности металла, модуля упругости, твердости материала, значительно изменяется коэффициент линейного удлинения, коэффициент теплопроводности и другие параметры. На ряд свойств материала оказывает влияние цикличность тепловых и механических нагрузок. Таким образом, оценка предельных температур для деталей должна осуществляться на основании многостороннего анализа условий работы детали и свойств ее материала. Опыт двигателестроения показывает, что предельной температурой головки поршня, выполненной из чугуна, следует считать 400...450 °С, из стали 400...475(500) °С, из легких сплавов 200...250 °С (для сплавов типа АЛ-1) и 300...350 °С (для сплавов типа АК-4) [2].

Термин «тепловая напряженность» используется для комплексного выражения совокупности свойств, связанных с тепловым состоянием деталей двигателя. Такое состояние влияет на различные характеристики материала, из которого изготовлены детали; на интенсивность и величину отложений на стенках деталей; ухудшения их смазки; увеличению сил трения и напряжений в деталях, что ведет к интенсивному их износу.

Из опыта известно, что для предотвращения потери подвижности кольца в канавке вследствие отложения кокса температура вблизи канавки под верхнее кольцо не должна превышать 220 °С. Для предотвращения интенсивного закоксования отверстий распылителя температура его носика не должна превышать 180...200 °С [2]. Температурные показатели в целом обеспечивают представления о характере работы деталей двигателя. В то же время интенсивность отложения зависит и от конструкции сопряжен-

ных деталей, различных условий их работы, применяемых материалов при изготовлении деталей, технологий их обработки, качества сборки, соблюдения правил эксплуатации и т.д.

Степень колебания предельных значений напряжений в деталях двигателя от сил давления газов меньше, чем от термических напряжений, однако частота этих изменений (от сил давления газов) на порядок выше. Все это вместе играет существенную роль, в том числе и в усталостном разрушении детали. Для некоторых деталей ключевую роль играют именно термические напряжения, при достижении критических показателей к детали и механизма в целом снижается ресурс, что ограничивает срок ее службы.

Степень форсирования дизеля наддувом также ограничивается тепловой напряженностью его деталей. Наиболее теплонапряженными деталями двигателя являются головка цилиндра и поршень. Интенсивность отвода тепла от гильзы цилиндра также важно, так как оно существенно влияет на тепловое состояние поршня. Тепловые нагрузки на поршень несколько ниже, а на гильзу цилиндра меньше, чем на головку, в 4...5 раз. Измерения, выполненные на деталях дизеля ЯМЗ с наддувом, выявили, что тепловые нагрузки различных зон деталей могут отличаться в 12 раз и более [2].

Разная величина распределения тепла по поверхности детали, в том числе и в различных зонах имеет следствием неравномерное распределение температуры в деталях. Так, перепады температуры вблизи «огневой» поверхности чугуновой головки цилиндра могут достигать 180 °С, поршня из алюминиевого сплава – 100 °С, чугуновой гильзы – 70 °С. Практические испытания показали, что максимальная температура чугуновой головки цилиндра и поршня из алюминиевого сплава не должна превышать 350 °С, головки цилиндра из алюминиевого сплава – 240 °С, гильзы цилиндра – 160...180 °С [2].

Ведущими научными объединениями предпринимаются попытки конструктивного и технологического обеспечения надежной работы двигателей при пониженном отводе теплоты и при значительно более высокой температуре поверхности гильзы цилиндра.

Существенному снижению температуры поршня, особенно критических его зон, способствует применение новых охлаждаемых конструкций и использование специальных жидкостей (в том числе и смазочных материалов). Снижению максимальной температуры и амплитуды температур в деталях способствуют различные теплоизолирующие покрытия, при этом высокими оказываются температуры непосредственно в самом покрытии, от которого, в дальнейшем, и осуществляется отвод тепла.

Заметного снижения тепловой напряженности можно достигнуть и путем рационального конструирования системы охлаждения. При разработке различных способов охлаждения и систем охлаждения в целом стремятся в первую очередь к увеличению степени снижения температуры наибо-

лее нагретых участков без существенного увеличения общего количества теплоты, отводимой в систему.

Под «теплонапряженностью» дизеля понимают тепловое состояние деталей цилиндропоршневой группы, оцениваемое целым комплексом показателей, превышение которых приводит к скорейшему выходу двигателя из строя. Особенно это актуально для силовых установок, работающих в длительное время и в замкнутых помещениях. Например, корпус бронетанковой техники или многофункциональные энергетические комплексы в контейнерном исполнении.

Показатели теплонапряженности подразделяют на непосредственные и косвенные (рис. 1). Наиболее точно теплонапряженность цилиндропоршневой группы может быть установлена на основе измерений температур самых напряженных деталей: втулки, поршня, крышки цилиндра.

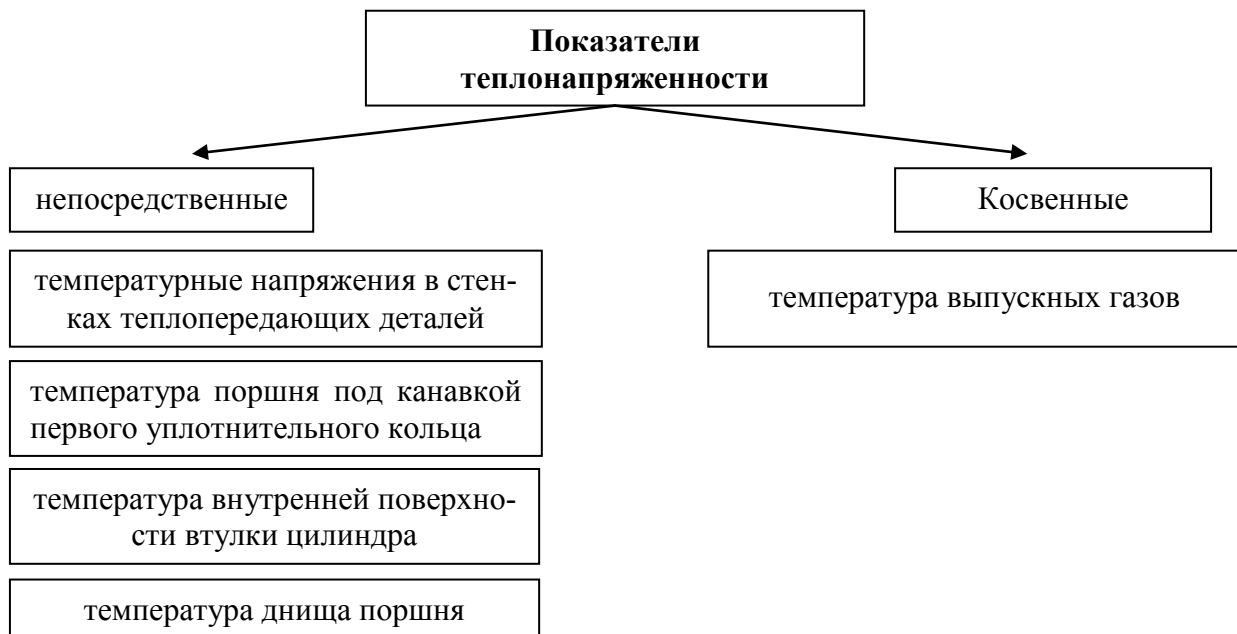


Рис. 1. Показатели теплонапряженности

Однако установка термомпар на все двигатели и оснащение их считывающими приборами практически трудноосуществимы. Из-за сложности измерений непосредственными показателями теплонапряженности почти не пользуются, а оценивают ее по косвенным показателям. В практике эксплуатации дизелей в составе энерготехнологических комплексов теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы оценивается характеристиками, обуславливающими зависимость температурного режима от частоты вращения и мощности двигателя.

Одним из наиболее доступных для контроля показателей теплонапряженности является температура отработавших газов (рис. 2), которая соответствует изменению режима работы двигателя. По каждому типу дизеля

во время стендовых испытаний определяют температуру выпускных газов, соответствующую номинальному режиму работы дизеля. Увеличение данной температуры свидетельствует о превышении уровня теплонапряженности, допустимого для длительной работы. Однако в качестве параметра теплонапряженности она используется лишь косвенно для сравнительной оценки различных режимов дизеля, находящегося в данном техническом состоянии.



Рис. 2. Контролируемые параметры теплонапряженности деталей двигателя

Этот показатель не всегда достаточно достоверен, у многоцилиндрового дизеля с наддувом цвет и температура выпускных газов значительно не изменяются, т. е. на ранней стадии развития без дополнительных средств контроля теплонапряженности выявить трудно. Для решения данной проблемы используют термодатчики, встроенные в нижнюю часть втулки цилиндра. Сравнение температур в точке замера с температурой, определенной в той же точке на номинальном режиме при стендовых испытаниях, дает возможность оценить относительное состояние теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы каждого цилиндра в отдельности на данном режиме работы и предпринять своевременные меры, если уровень теплонапряженности выходит за пределы допустимого [3].

В процессе эксплуатации тепловая напряженность деталей двигателя может возрасти в следствии:

- использования в условиях недостатка кислорода (высокогорья) или повышенных температур и влажности окружающей среды;
- ухудшения условий теплоотвода от наиболее нагретых деталей (отложение накипи, загрязнения оребрения);
- использования низкокачественных топлив;
- несоблюдения оптимальных регулировок основных систем двигателя и т.д.

Обеспечение теплонапряженности деталей ЦПГ на уровне базового двигателя требует проведения серьезных теоретических и эксперимен-

тальных исследований для сохранения показателей надежности и долговечности двигателя. Поэтому задача расчета и прогнозирования температурных полей в ЦПГ, формирующихся под влиянием различных конструктивных, регулировочных и эксплуатационных факторов при конвертировании дизеля в газовый двигатель, является актуальной [1].

#### Библиографический список

1. Богославцев, Р.В. Тепловая напряженность цилиндропоршневой группы дизельного двигателя, конвертируемого в газовый: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р.В. Богославцев. – М., 2009.
2. Температурные напряжения и деформации. Интернет помощник Хелпикс Орг [Электронный ресурс]. – URL: <http://helpiks.org/7-4711.html>.
3. Тепловая напряженность судовых дизелей. Понятие тепловой напряженности; параметры, ее определяющие [Электронный ресурс] // Морской портал для любителей и профессионалов. – URL: <https://sea-man.org/teplovaya-napryazhennost-sudovyh-dizeley.html>.

[К содержанию](#)