

***В.В. МАТВЕЕНКО***, аспирант, НТУ «ХПИ»,  
***В.Т. ТУРЧИН***, м.н.с., НТУ «ХПИ»,  
***В.А. ПЫЛЁВ***, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
***В.Т. КОВАЛЕНКО***, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,  
***С.В. ОБОЗНЫЙ***, н.с., НТУ «ХПИ»,  
***И.А. НЕСТЕРЕНКО***, студент, НТУ «ХПИ»

## **ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО СТРУЙНОГО МАСЛЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПОРШНЯ НА РЕСУРСНУЮ ПРОЧНОСТЬ КРОМКИ ЕГО КАМЕРЫ СГОРАНИЯ**

В статье выполнен анализ эффективности применения регулируемого масляного охлаждения поршня. Обоснована необходимость разработки конструкции поршня, включающего систему регулирования подачи охлаждающего масла, причем в качестве управляющего параметра системы предлагается использовать температуру поршня

У статті виконано аналіз ефективності застосування регульованого масляного охолодження поршня. Обґрунтовано необхідність розробки конструкції поршня, що включає систему регулювання подачі охолодженого масла, причому в якості керуючого параметру системи пропонується використовувати температуру поршня

This article gives an analysis of the effectiveness of controlled oil cooling piston. The necessity of design piston, including cooling oil supply regulation system, is justified, besides as a control parameter of the system is proposed to use piston temperature

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь в важными научными или практическими заданиями.** Известно, что поддержание оптимального теплового режима двигателя внутреннего сгорания (ДВС) положительно сказывается на топливной экономичности и эмиссии вредных веществ с отработавшими газами. На практике получили широкое распространение устройства автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости. В тоже время регулирование температурного состояния деталей камеры сгорания требует дальнейшего исследования.

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор.** В работе [1] предложено осуществлять регулирование струйного масляного охлаждения поршня с целью улучшения топливной экономичности и

снижения эмиссии вредных веществ с отработавшими газами. Экспериментально было получено, что при отключении масляного охлаждения поршней дизеля СМД-60 на частичных режимах с нагрузкой 35–70% от номинальной наблюдается улучшение топливной экономичности на 1–3%, при этом дымность отработавших газов снижается в 1,5–2 раза. В качестве управляющих параметров в системах автоматического регулирования (САР) подачи охлаждающего масла автором работы [1] было предложено использовать температуру отработавших газов  $t_T$  и давление воздуха во впускном коллекторе  $p_S$ .

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья.** Экспериментальные исследования, проведенные на кафедре ДВС НТУ «ХПИ» на дизеле 4ЧН12/14, показывают, что при уменьшении угла опережения впрыскивания  $\Theta_{впр}$  с  $23,5^0$  до  $18^0$  поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки величина  $t_T$  увеличивается с  $440^0\text{С}$  до  $463^0\text{С}$ , т.е. на  $23^0\text{С}$ . Величина  $p_S$  при таком изменении  $\Theta_{впр}$  увеличивается с  $1,53 \cdot 10^{-3}$  МПа до  $1,55 \cdot 10^{-3}$  МПа, т.е. на  $0,02$  МПа. Однако температура кромки камеры сгорания поршня изменяется не более чем на  $3^0\text{С}$ . Видно, что  $\Theta_{впр}$  не оказывает значительного влияния на температурное состояние поршня, а величины  $t_T$  и  $p_S$  в случае регулирования  $\Theta_{впр}$  не всегда могут быть использованы в качестве управляющего параметра в САР масляного охлаждения поршня. В связи со сказанным возникает необходимость разработки конструкции поршня с САР масляного охлаждения, в которой в качестве управляющего параметра использовалось бы температурное состояние контрольной зоны поршня. При этом на частичных режимах предполагается полностью отключать масляное охлаждение поршня, как это было сделано в работе [1]. Кроме высокой топливной экономичности и экологичности САР ДВС должны обеспечивать требуемый уровень надежности двигателя [2]. В связи с этим необходимо выяснить вопросы, связанные с работоспособностью поршня при полном отключении масляного охлаждения.

**Формулировка целей статьи.** С учетом выполненного анализа целью данной статьи является исследование влияния регулируемого масляного охлаждения поршня на его температурное состояние и ресурсную прочность.

**Изложение основного материала исследований.** До разработки

новой конструкции поршня было проведено численное моделирование его температурного состояния на режимах эксплуатации тракторного дизеля 4-й категории [3]. Результаты расчета для уровня форсирования дизеля 4ЧН12/14 до  $N_{л}=27$  кВт/л приведены в табл. 1, 2. Здесь введены следующие обозначения:  $j$  – номер переходного процесса нестационарной модели эксплуатации;  $N_{ли}$ ,  $N_{ли+1}$ ,  $t_i$ ,  $t_{i+1}$  – соответственно, уровень форсирования двигателя и температура кромки камеры сгорания поршня на стационарных режимах с которого ( $i$ ) и на который ( $i+1$ ) осуществляется переход.

Таблица 1

Результаты расчета температурного состояния поршня без САР

№ переходного процесса $j$	$N_{ли}$ , кВт/л	$N_{ли+1}$ , кВт/л	$t_i$ °С	$t_{i+1}$ °С
1	5,45	25,27	194,3	310,6
2	5,45	22,61	194,3	294,9
3	7,09	22,61	203,9	294,9
4	9,24	22,61	216,5	294,9
5	9,24	20,05	216,5	279,9
6	11,69	20,05	230,9	279,9
7	11,69	17,13	230,9	262,8
8	14,76	17,13	248,9	262,8

На режимах, выделенных в таблице 2 жирным шрифтом, масляное охлаждение поршня отсутствует (коэффициент теплоотдачи от тела поршня к маслу в его полости  $\alpha=500$  Вт/м<sup>2</sup>·К), на остальных режимах введено масляное охлаждение при  $\alpha=2200$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Таблица 2

Результаты расчета температурного состояния поршня с САР

№ переходного процесса $j$	$N_{ли}$ , кВт/л	$N_{ли+1}$ , кВт/л	$t_i$ °С	$t_{i+1}$ °С
1	5,45	25,27	213,8	310,6
2	5,45	22,61	213,8	294,9
3	7,09	22,61	224,6	294,9
4	9,24	22,61	238,8	294,9
5	9,24	20,05	238,8	279,9
6	11,69	20,05	255,1	279,9
7	11,69	17,13	255,1	291,0
8	14,76	17,13	275,3	291,0

Из табл. 1, 2 видно, что по сравнению с исходной конструкцией температура кромки камеры сгорания на частичных режимах возросла на величину от 20 °С до 28 °С. На основании полученных значений температур была выполнена оценка ресурсной прочности поршня по методике [4]. Расчет накопленных повреждений, являющихся критерием работоспособности поршня, выполнялся по формуле:

$$d_{fs} = d_f + d_s = \sum_j \sum_k \frac{1}{N_{fk}} + \frac{1}{U^*} \cdot \sum_j \sum_k \sum_i \sum_l (\dot{\epsilon}_{nl} \cdot \sigma_l \cdot \tau_l),$$

где  $j$  – количество переходных процессов выбранной модели эксплуатации двигателя;  $k$  – количество циклов нагружения  $j$ -го переходного процесса;  $i$  – количество расчетных интервалов  $k$ -го цикла нагружения;  $l$  – количество подинтервалов  $i$ -го расчетного интервала;  $N_{fk}$  – число циклов до разрушения материала в условиях нагружения  $k$ -го цикла;  $U^*$  – критическая величина удельной энергии рассеяния в условиях ползучести;  $\dot{\epsilon}_{nl}$  – скорость ползучести материала на подинтервале  $l$ .

Расчетная величина накопленных повреждений составила для поршня без САР 0,652, а с САР – 0,638. Таким образом, в обоих случаях обеспечивается работоспособность поршня.

### **Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.**

В данной работе показана возможность применения САР масляного охлаждения поршня форсированного дизеля, которая наряду с улучшением топливной экономичности и снижением эмиссии вредных веществ с отработавшими газами позволяет обеспечить высокую ресурсную прочность поршня. Дальнейшие исследования связаны с разработкой конструкции поршня с САР подачи масла, в которой в качестве управляющего параметра используется температурное состояние поршня.

**Список литературы:** 1. Минак А.Ф. Улучшение показателей форсированного тракторного дизеля путем регулирования масляного охлаждения поршней: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.04.02 «Тепловые двигатели» / Минак Анатолий Федорович. – Харьков, 1982. – 21 с. 2. Двигуни внутрішнього згорання. Комп'ютерні системи керування ДВЗ: [у 6 т.]. – Харків: Прапор, 2004 – (Серія підручників у 6 т.) Т. 3. / [Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцев А.Ф.]. – 2004. 344 с. 3. Матвеев В.В. Разработка теоретических стационарных экономичных моделей эксплуатации автотракторных дизелей для системы прогнозирования ресурсной прочности поршней / В.В. Матвеев, В.А. Пылев // Сб.

научных трудов Междунар. конф. «Двигатель-2010», посвященной 180-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2010. – С. 64-67. **4. Пильов В.О.** Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: Монографія. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХП», 2001. – 332с.

*Поступила в редколлегию 01.04.11*