

2. Золоторевский Н.Ю., Титовец Ю.Ф., Ермакова Н.Ю. Эволюция микроструктуры в отдельных зернах поликристалла алюминия при сжатии// Физика металлов и металловедение. 2002. Т. 93, №1. С. 94-101.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЛЗУЧЕСТИ В ОСОБО ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ ЗОНАХ ПОРШНЕЙ ДВС

Пылев В.А., Белогуб А.В., Турчин В.Т., Матвеев В.В. (Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт")

Наряду с постоянным улучшением эколого-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС), их развитие характеризуются неуклонным увеличением удельной мощности, надежности, ресурса. При этом значительно увеличивается термомеханическая напряженность деталей камеры сгорания (КС). С учетом объективных тенденций сокращения сроков проектирования и доводки двигателей, связанных со снижением затрат на все этапы жизненного цикла ДВС, предшествующих эксплуатации, существенно обостряется внимание к используемым методам математического моделирования и анализа исследуемых процессов. При этом актуальной проблемой становится переход от концепции обеспечения гарантированной ресурсной прочности деталей к концепции обеспечения гранично возможных показателей их термомеханической напряженности.

Оценку ресурсной прочности деталей КС в зонах локальных экстремумов напряженности выполняют на основе учета совместного накопления повреждений материала, вызванных усталостью и ползучестью, для чего может быть использовано выражение:

$$d_{fs} = \sum_k \frac{1}{N_{fk}} + \frac{1}{U^*} \sum_k U_k = 1,$$

где k – совокупность всех циклов низкочастотного нагружения детали до наступления предельного состояния материала $d_{fs} = 1$; N_{fk} – количество циклов до разрушения, вызванных усталостью в условиях единичного k -го цикла нагружения; U_k – энергия рассеивания при ползучести, вызванная единичным k -ым циклом нагружения; U^* – критическая величина энергии рассеивания при ползучести.

Здесь величины N_{fk} и U_k устанавливают, соответственно, используя уравнение Поспишила и теорию упрочнения при ползучести.

В работе [1] было показано, что с ростом уровня форсирования двигателя процесс ползучести в особо теплонапряженной зоне поршня ДВС может характеризоваться тремя выраженными зонами. Это практическое отсутствие ползучести, установившееся развитие ползучести и интенсивное ее развитие. При этом можно полагать, что переход к концепции обеспечения граничной напряженности детали КС равносильна ее работе на границе второй и третьей указанных зон. В связи с указанным возникает задача изучения особенностей протекания процесса ползучести при циклическом низкочастотном термонагружении деталей КС и, в частности, поршня.

При решении поставленной задачи исследовался процесс накопления энергии рассеивания при ползучести для поршней автомобильного бензинового двигателя 4Ч7,2/7,35 при его форсировании до 35,6 кВт/л и автотракторного дизеля 4ЧН12/14 при форсировании последнего до 18,5, 25 и 30 кВт/л. Соответственно, в качестве рассматриваемого цикла нагружения поршня принимался наиболее тяжелый переходный процесс, отвечающий модели эксплуатации двигателя легкового автомо-

бия [2], грузового автомобиля [3] и трактора [4]. Материал поршня – сплав АЛ25, критическая энергия рассеивания которого $U^* = 950$ МПа.

Для осуществления сравнительной оценки результатов полуцикла наброса и сброса нагрузки во всех случаях принимались одинаковыми и равными 3 мин. Выполнены расчеты первых 1000 циклов нагружения. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица. 1. Накопленная энергия рассеивания при ползучести в особо термонапряженной зоне поршня ДВС

Уровень форсирования двигателя, кВт/л	Накопленная энергия рассеивания для рассмотренного варианта, МПа		
	4С7,2/7,35	4СН12/14, автомоб.	4СН12/14, тракторн.
18,5	–	7,87	14,17
25	–	22,12	55,44
30	–	131,75	521,46
35,6	2,64	–	–

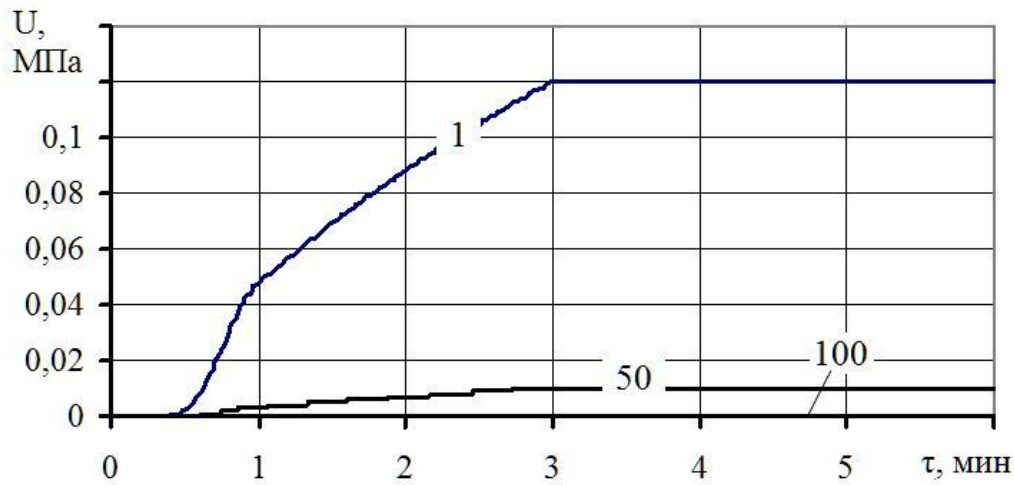
Видно, что если в поршне бензинового автомобильного двигателя 4С7,2/7,35 процесс ползучести пренебрежимо мал, то для поршня дизеля он существенно интенсифицируется с ростом уровня форсирования. Так при рассмотрении автомобильной модификации дизеля 4СН12/14 увеличение уровня форсирования с 18,5 до 25 кВт/л приводит к росту энергии рассеивания, вызванной ползучестью, в 2,8 раза, а при рассмотрении тракторной модификации в тех же условиях – в 3,9 раза. Дальнейшее форсирование дизеля с 25 до 35 кВт/л приводит к росту энергии рассеивания, соответственно, в 5,95 раза и 9,4 раза.

Характерные законы накопления повреждений ползучести в процессе циклического нагружения поршней представлены на рис. 1. Здесь цифрами у кривых обозначены номера исследуемых циклов.

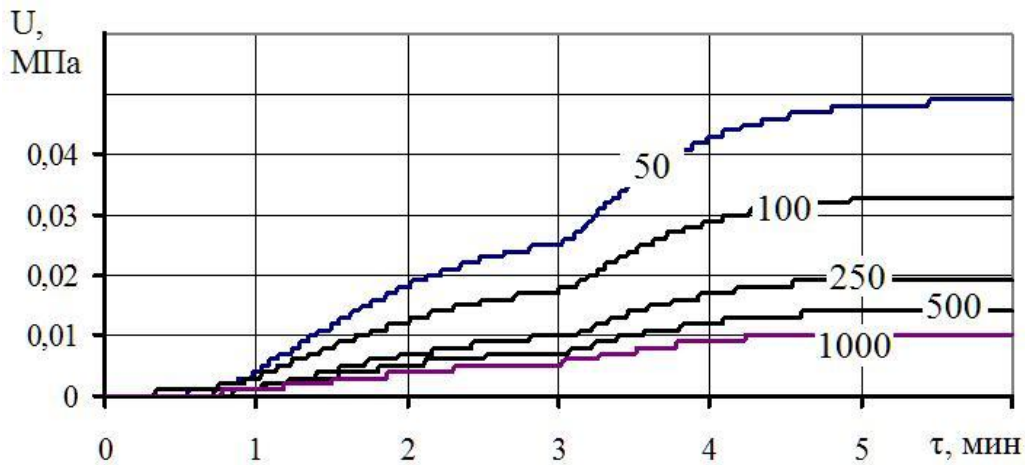
Из рис. 1а видно, что для поршня двигателя 4С7,2/7,35 даже в первом цикле его нагружения энергия рассеивания при ползучести накапливается лишь в полуцикле наброса нагрузки. Это приводит к тому, что вследствие релаксации напряжений процесс ползучести полностью затухает уже к сотому циклу нагружения поршня. Такой характер накопления повреждений свидетельствует о работе поршня в первой зоне, выделенной в [1], и отсутствии необходимости расчетов накопленных повреждений ползучести при оценках ресурсной прочности.

На рис. 1б представлен характер накопления энергии рассеивания в цикле термомеханического нагружения поршня, характерный второй зоне ползучести, выделенной в [1]. Здесь процесс ползучести имеет место как в полуцикле наброса нагрузки, так и в полуцикле ее сброса. При этом в обоих полуциклах имеет место релаксация действующих напряжений, процесс ползучести от цикла к циклу нагружения двигателя сопровождается уменьшением скорости ползучести и, соответственно, уменьшением скорости накопления повреждений.

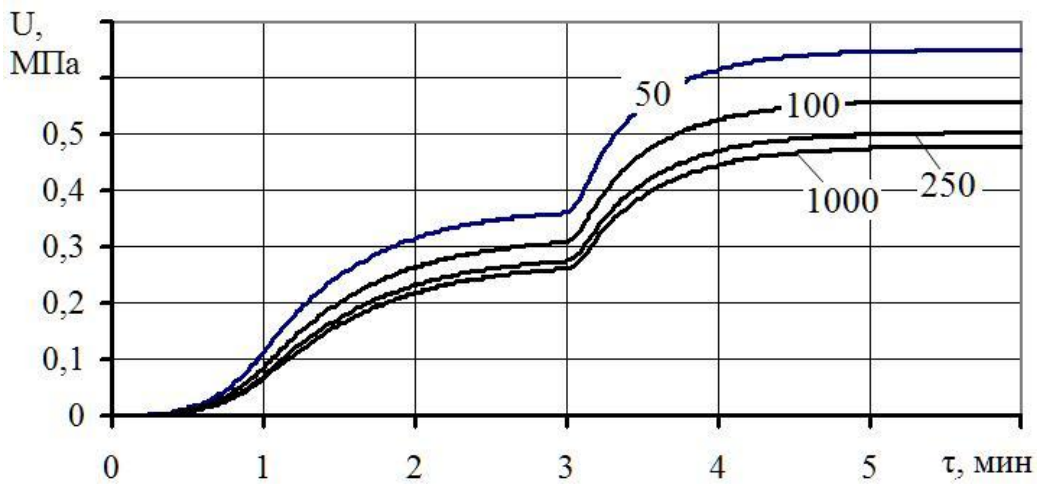
При дальнейшем форсировании дизельного двигателя рассматриваемый процесс вновь качественно начинает отличаться. Так из рис. 1в видно, что энергия рассеивания является существенной для любого, сколь угодно большого номера цикла последующего нагружения поршня, причем релаксация напряжений здесь практически отсутствует. Именно такой процесс характерен третьей зоне – интенсивного накопления повреждений ползучести. В последнем случае имеет место резкое снижение ресурсной прочности конструкции.



а)



б)



в)

Рис. 1. Накопление повреждений в циклах нагружения поршня бензинового ДВС при $N_{л} = 36,5$ кВт/л (а), автомобильного дизеля при $N_{л} = 25$ кВт/л (б), тракторного дизеля при $N_{л} = 30$ кВт/л (в)

В целом каждому установленному характерному варианту накопления повреждений ползучести соответствует своя характерная диаграмма деформирования материала. Однако, во всех случаях во времени имеет место изменения максимального, минимального и среднего напряжений цикла, что необходимо учиты-

вать в оценках накопленных повреждений материала, вызванных процессом усталости.

На основе выполненной работы при переходе к концепции обеспечения гранично возможных показателей термомеханической напряженности деталей КС ДВС следует рекомендовать обеспечение закона накопления повреждений, вызванных ползучестью материала, характерного рис. 1б.

Литература:

1. Комплекс экономичных моделей анализа теплонпряженности поршня в САПР / Пылев В.А., Марченко А.П., Турчин В.Т., Кузьменко А.П. // Сб. научн. тр. по матер. Междунар. конф. "Двигатель 2007". – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. – С. 246-251.

2. Особенности термомеханического нагружения и учета ресурсной прочности тонкостенного поршня бензинового ДВС / Пылев В.А., Белогуб А.В. // Двигатели внутреннего сгорания: научно-технический журнал. – 2010. – №2. – С.74-81.

3. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия: монография. – Харьков: Издательский центр НТУ «ХПИ», 2003. -244 с.

4. Ажиппо Н.А., Балюк Б.К. Прогнозирование долговечности подшипников скольжения тракторных двигателей на стадии их проектирования //Двигателестроение.- 1985.- №8- С.17-20.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ДВС НА УРОВЕНЬ ЕГО СТРУКТУРНОГО ШУМА

Шатров М. Г., Яковенко А. Л. (МАДИ-ГТУ)

Введение. Уровень акустического излучения двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является его важной характеристикой, поскольку ДВС входит в состав транспортного средства (ТС) и является одним из самых активных источников его шума. Максимальный уровень шума транспортного средства устанавливается соответствующими нормативными документами, при этом периодически происходит ужесточение требований к допустимому уровню шума автомобиля. В связи с этим при проектировании нового ТС необходимо изначально закладывать запас по уровню шума с учетом введения перспективных норм. Для этого может потребоваться модернизация конструкции автомобиля, двигателя и его рабочего процесса.

Источники шума двигателя принято разделять по происхождению на источники структурного (рабочий процесс, соударения в подвижных сочленениях, топливная аппаратура) и аэродинамического шума (шум систем впуска, выпуска и вентилятора системы охлаждения) [1]. По общему уровню аэродинамический шум превосходит структурный, однако в настоящее время сформированы и успешно применяются на практике методики доводки систем впуска и выпуска по шуму. Поэтому на первый план выходят источники структурного шума. В результате для оценки уровня структурного шума нужен соответствующий инструмент, в качестве которого и была разработана интегрированная методика прогнозирования структурного шума.

Методика прогнозирования структурного шума. Для повышения эффективности прогнозирования структурного шума при разработке методики использовались принципы единого информационного пространства «Двигатели внутреннего сгорания» (ЕИП «ДВС») [2]. Основу ЕИП «ДВС» составляет информационная модель двигателя, под которой подразумевается структурированный набор данных,