

# СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ, ИЗНОСА И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПРЕЦИЗИОННЫХ СОПРЯЖЕНИЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ

Уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами с одновременным увеличением удельной мощности дизелей обеспечивается повышением давления впрыскивания топлива и сопровождается ростом температуры распылителя. В результате высоких тепломеханических и гидродинамических нагрузок снижается ресурс прецизионных сопряжений распылителя. Проект посвящен разработке конструкции распылителя топливной форсунки дизеля для реализации повышенных давлений впрыскивания топлива.

Руководитель проекта - д.т.н. В.Е. Лазарев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Повышение ресурса прецизионных сопряжений распылителей топлива при форсировании дизелей

### ПУБЛИКАЦИИ

2 монографии

8 научных статей

3 научных доклада

### ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в SCOPUS

7 статей в РИНЦ

Определяющими причинами снижения ресурса распылителя являются высокие тепловая и гидродинамическая нагруженность его элементов. Снижение температуры прецизионных сопряжений достигается интенсификацией локального охлаждения, изменением конструкции корпуса распылителя, увеличением числа наклонных топливных каналов иглы, введением кольцевых проточек на образующей.

Одним из наиболее эффективных способов тепловой защиты является заградительное экранирование с образованием под экраном воздушных разделенных закрытых и открытых полостей.

Работоспособность прецизионного сопряжения распылителя обуславливается характером трения, определяемым нагрузкой, взаимоположением, формой и качеством поверхностей элементов, радиальным зазором, свойствами среды и степенью подвижности иглы.

Монтажные, а также рабочие механические и температурные деформации вызывают повышенный износ поверхностей иглы и отверстия в корпусе распылителя с отделением разрушенных частиц при контактировании. На интенсивность изнашивания оказывает существенное влияние характер трения при контактировании и взаимном перемещении поверхностей элементов в сопряжении.

При деформации корпуса и уменьшении радиального зазора появляется периодический контакт между иглой и корпусом, в результате чего возникает полужидкостное трение. При дальнейшем уменьшении зазора и разрушении топливного слоя трение становится граничным. Результатом являются износ, снижение подвижности и "зависание" иглы в корпусе распылителя.

Переменное по длине и в поперечной

плоскости сечение радиального зазора и неравномерное распределение давления в топливном слое направляющего сопряжения приводят к неустойчивому положению иглы в отверстии корпуса распылителя и появлению неуравновешенной радиальной силы давления топлива на иглу.

Для снижения радиальной силы в условиях повышения давления впрыскивания топлива необходимо уменьшение температуры сопряжения, диаметра и длины направляющей части иглы распылителей с удлинением и укороченным корпусом.

Углубление представлений о функциональных особенностях, физико-химических и теплофизических свойствах материалов и рабочих сред, видах и условиях нагружения, температурном и напряженно-деформированном состоянии, интенсивности изнашивания, уровнях предельного износа прецизионных трибосопряжений "игла - корпус" и распыливающих отверстий являются базой для оценки ресурса распылителя на стадии проектирования.

Повышение ресурса прецизионных сопряжений при форсировании дизелей по частоте вращения коленчатого вала целесообразно снижением хода иглы распылителя, массы и ускорения движения подвижных частей форсунки.

Для совершенствования методов оценки эффективности известных и новых технических решений по улучшению работы прецизионных сопряжений распылителей топлива в дизелях эффективен подход, основой которого является комплексное использование конечно-элементного анализа температурного и напряженно-деформированного состояния и энергетической модели трения и износа с учетом реального микрорельефа шероховатости поверхности контактного слоя.



# НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Установлена взаимосвязь процессов теплового, гидродинамического и механического нагружения прецизионных сопряжений с конструктивными и эксплуатационными факторами, определяющая ресурс распылителя топлива.

Разработан метод оценки ресурса прецизионных сопряжений, учитывающий режим работы дизеля, параметры шероховатости, связь критического числа циклов нагружения с коэффициентом аккумуляции энергии микродеформирования, действительным и предельным напряженным состоянием контактного слоя.

Предложена модель зависимости ресурса от толщины и интенсивности изнашивания контактного слоя, частоты вращения коленчатого вала дизеля и хода иглы распылителя.

Учтено влияние температуры на геометрические параметры элементов и давление топлива в гидравлическом тракте распылителя топлива при уточненной оценке контактных параметров, напряженного состояния поверхностного слоя и ресурса прецизионных сопряжений.

Развиты методы (спектрального анализа, фрактального подхода и ортогональных преобразований) математического моделирования микрорельефа шероховатости для создания конечно-элементных моделей поверхности контактного слоя прецизионных сопряжений распылителя.

Предложен и обоснован способ повышения ресурса направляющего и запирающего прецизионных сопряжений и снижения закоксованности распыливающих отверстий применением тепловой защиты распылителя при сохранении мощности дизеля.

Рекомендованы и обоснованы технические решения (уменьшение хода, диаметра и длины направляющей иглы, экранирование корпуса распылителя) для сохранения ресурса прецизионных сопряжений при форсировании дизеля по среднему эффективному давлению и частоте вращения коленчатого вала.

# ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ

Результаты работы использованы ООО "ЧТЗ-Уралтрак" для разработки распылителя топлива с тепловой защитой в многотопливной модификации дизеля и газодизельной модификации дизель-генераторной установки.

Рекомендации по оценке ресурса распылителей использованы ООО "Уральский дизель-моторный завод".

Разработанный метод оценки ресурса сопряжений использован Австрийским центром компетентности в трибологии (AC2T research GmbH, Wr. Neustadt, Austria) при выполнении исследовательских работ по оценке ресурса направляющих скольжения с комбинированным смазочным материалом.

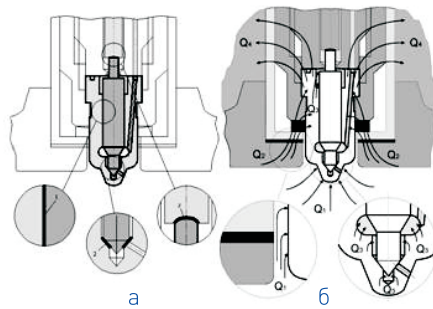


Рис. 1. Прецизионные трибосопряжения 1,2 иглы с корпусом поверхность 3 контакта иглы со штангой (а) и схема тепловых потоков в установочном узле форсунки (б) дизеля

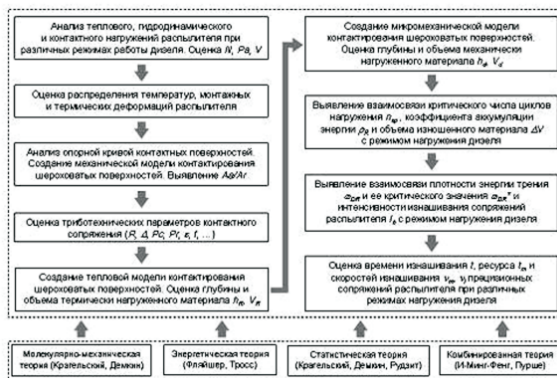


Рис. 2. Составляющие комплексного метода оценки ресурса сопряжений

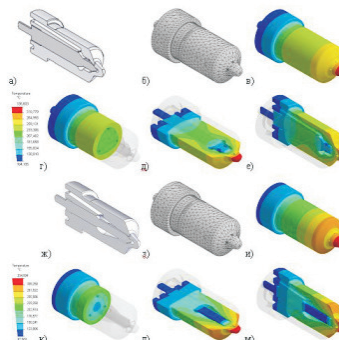


Рис. 3. Твердотельные, конечно-элементные модели и температурные поля штатного и модифицированного распылителя дизеля

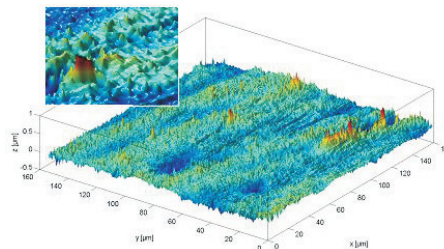


Рис. 4. Топографическая структура поверхности иглы распылителя топливоподающей форсунки дизеля

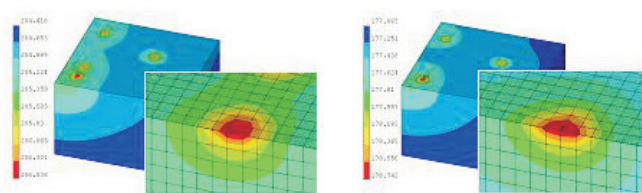


Рис. 5. Распределение температур в контактном слое иглы распылителя для различных режимов нагружения дизеля

