

# ДВИГУНИ І ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 621.43.016

*А.Н. АВРАМЕНКО*, канд. техн. наук, ИПМаш им. А.Н. Подгорного  
НАН Украины, Харьков

## **УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЫСТРОХОДНОГО ДИЗЕЛЯ**

В работе приведены результаты моторного эксперимента и расчетного исследования для оценки влияния способа организации рабочего цикла на экологические и мощностные показатели быстроходного дизеля.

В роботі наведено результати моторного експерименту та розрахункового дослідження з оцінки впливу способу організації робочого циклу на екологічні та міцнісні показники швидкохідного дизеля.

In work results of motor experiment and rated research are submitted according to influence a way of the organization of a working cycle on ecological and durability's parameters of a high-speed diesel engine.

### **Введение**

Совершенствование показателей современных ДВС достигается путем доводки их конструкции и использования новых способов организации рабочего цикла. Система гомогенизированного изменяемого воспламенения от сжатия (НССИ) позволяет реализовать равномерное распределение топлива по объему камеры сгорания (КС) дизеля и обеспечить воспламенение топливо-воздушной смеси в нужный момент времени [1 - 3]. Такой способ организации рабочего цикла позволяет снизить максимальную температуру рабочего цикла, скорость нарастания давления, образования “быстрых оксидов азота” и улучшить экологические показатели ДВС [2, 3].

### **Анализ публикаций**

Основное внимание в последнее время уделяют системе НССИ [2, 3]. Нерешенными проблемами остаются выбор и согласование закона топливоподачи, параметров системы принудительной рециркуляции отработавших газов (EGR) необходимой для увеличения теплоемкости свежего заряда и, тем самым, снижения максимальной температуры цикла, а также выбор режимов работы ДВС на которых целесообразна работа системы НССИ и её влияние на прочностные показатели деталей КС ДВС.

### **Цель и постановка задачи**

**Цель работы** – сравнительная оценка влияния системы НССИ на экологические и прочностные показатели дизеля 2 Ч 10,5/12 (Д21А).

### **Задачи исследования:**

- провести литературный обзор по современным способам организации рабочего цикла дизеля;

- разработать программу и методику экспериментальных исследований;
- провести моторные испытания по оценке параметров рабочего цикла, токсичности продуктов сгорания и оценить температуру деталей КС (термометрирование головки цилиндра и поршня) на стенде с дизелем Д21А, при работе дизеля по нагрузочной характеристике;
- синтезировать расчетную область КС и выполнить её дискретизацию на расчетные ячейки;
- провести сравнительное численное моделирование рабочего цикла дизеля на номинальном режиме для вариантов штатного и модернизированного исполнения (с системой НССТ);
- уточнить граничные условия (ГУ) теплообмена и решить сопряженную задачу среда – твердое тело;
- оценить теплонапряженное состояние деталей КС для вариантов штатного и модернизированного исполнения;
- сделать выводы и рекомендации о целесообразности использования системы НССТ для улучшения энергоэкологических и прочностных показателей быстроходного дизеля.

### Основные этапы и результаты исследования

Основные этапы проведенного исследования представлены на блок-схеме (рис. 1.)



Рисунок 1 – Блок-схема проведенного исследования

Для идентификации математических моделей процессов горения и образования токсичных компонентов в КС дизеля автором были проведены комплексные моторные исследования на стенде с дизелем Д21А. В ходе эксперимента контролировалась температура деталей КС (поршень – непрерывный токосъем и головка цилиндра), регистрировалась индикаторная диаграмма с использованием аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) и оценивалась токсичность продуктов сгорания (с использованием пяти компонентного газоанализатора). Принципиальная схема измерений представлена на рис. 2.

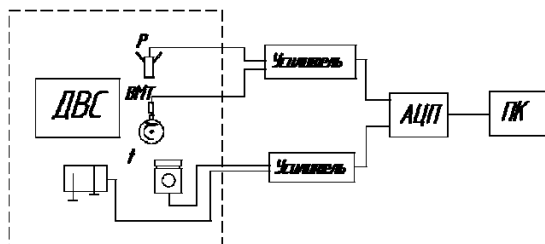


Рисунок 2 – Схема измерений

Далее после экспериментальных исследований и обработки, данных эксперимента были проведены расчетные исследования. Для моделирования рабочего цикла была синтезирована расчетная область КС и расчетная сетка (рис. 3). Расчетная сетка насчитывает 305150 расчетных ячеек.

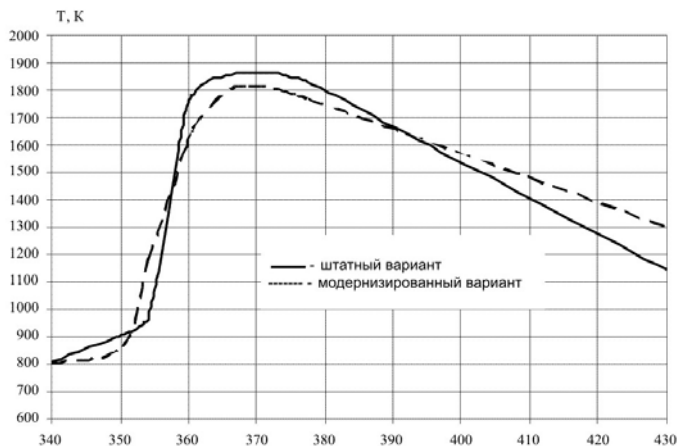


Рисунок 3 – Расчетная сетка, описывающая конфигурацию КС

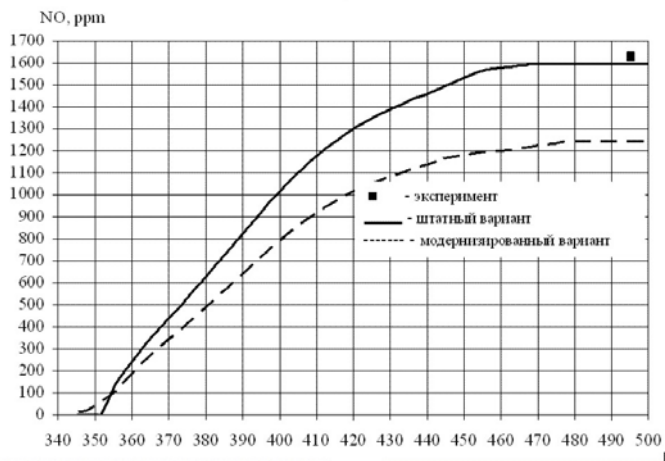
Для исследования параметров рабочего цикла дизеля Д21А моделировались такие рабочие такты, как наполнение, сжатие, рабочий ход и

выпуск. Для моделирования процессов горения и образования токсичных компонентов в КС дизеля использовались модели [4 - 6].

По результатам расчетного исследования для вариантов штатного и модернизированного исполнения были построены графики, изменения внутрицилиндровой температуры и концентрации оксида азота (NO) в КС по углу поворота коленчатого вала (рис. 4).



а)



б)

Рисунок 4 – Изменение внутрицилиндровой температуры (а) и концентрации оксида азота (б) в КС в зависимости от угла поворота коленчатого вала

Из результатов, представленных на рис. 4 видно, что использование системы НССИ для быстроходного дизеля позволяет эффективно влиять на экологические показатели ДВС.

Далее по методике, опубликованной в работе [5] была решена сопряженная задача среда – твердое тело. В ходе решения задачи с использованием серии итерационных расчетов, основываясь на данных термометрирования деталей КС и индикаторной диаграммы уточнялись ГУ теплообмена.

В расчетном исследовании оценивалось теплонпряженное состояние деталей КС дизеля Д21А для вариантов штатного и модернизированного исполнения.

Характер распределения изолиний температур огневого днища головки цилиндра для варианта штатного и модернизированного исполнения представлено на рис. 5.

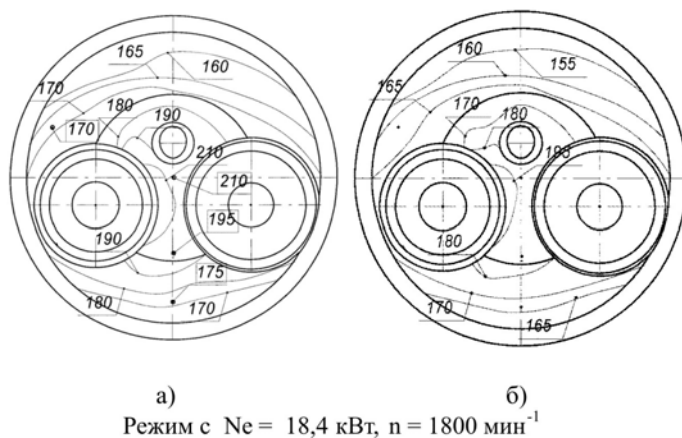


Рисунок 5 – Распределение температур, °С огневого днища головки цилиндра дизеля Д21А для вариантов штатного (а) и модернизированного исполнения (б)

Основные результаты проведенного расчетного и экспериментального исследования представлены в табл.

### **Выводы**

Установлено, что использование системы гомогенизированного изменяемого воспламенения от сжатия (НССИ) для дизеля Д21А при работе на номинальном режиме позволяет:

- снизить концентрацию NO в ОГ дизеля на 22%, за счет более полного выгорания топлива при более низкой максимальной температуре цикла;

- снизить массовый выброс сажи и сульфатов на 20% за счет преобладания объемного смесеобразования и уменьшения участков “холодного пламени” в пристеночном слое камеры сгорания;
- снизить максимальную температуру поршня на 20 °С и головки цилиндра на 15 °С;
- снизить уровень термоупругих напряжений в деталях КС в среднем на 5 – 7%, что соответственно, дает возможность в дальнейшем увеличить уровень форсирования дизеля без ухудшения показателей теплонапряженного состояния деталей КС.

Таблица – Основные результаты исследования

Штатный вариант					
Эксперимент					
NO <sub>x</sub> , ppm	СН, ppm	P <sub>z</sub> , МПа	T <sub>max</sub> головки, °С	T <sub>max</sub> поршня, °С	
1630	19	7,84	210	316	
Численные методы					
NO, ppm	G <sub>ТЧ</sub> , кг/ч	P <sub>z</sub> , МПа	T <sub>z</sub> , К	T <sub>max</sub> головки, °С	T <sub>max</sub> поршня, °С
1594	11·10 <sup>-3</sup>	7,8	1880	210	330
Модернизированный вариант с системой HCCI					
NO, ppm	G <sub>ТЧ</sub> , кг/ч	P <sub>z</sub> , МПа	T <sub>z</sub> , К	T <sub>max</sub> головки, °С	T <sub>max</sub> поршня, °С
1240	8·10 <sup>-3</sup>	7,7	1810	195	310

**Список литературы:** 1. *Dahlén L.* CFD Studies of Combustion and In-Cylinder Soot Trends in a DI Diesel Engine/ *L. Dahlén, A. Larsson* – Comparison to Direct Photography Studies SAE 2000-01-1889, 2000. 2. *Epping, K.* The Potential of HCCI Combustion for High Efficiency and Low Emissions/ *K. Epping, S. Aceves, R. Bechtold, J. Dec.* SAE Technical Paper 2002-01-1923, 2002. 3. По материалам сайта: [www.avl.com](http://www.avl.com). 4. *Абрамчук Ф.И.* Программный комплекс для моделирования внутрицилиндровых процессов ДВС / *Ф.И. Абрамчук, А.Н. Авраменко* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. - № 2. – С. 7 - 12. 5. *Авраменко А.Н.* Оценка экономических, экологических и прочностных показателей быстрогоходного дизеля/ *Авраменко А.Н.* / Вестник НТУ “ХПИ”. – Х. – 2009. - № 47. – С. 127- 132. 6. *Raitz R.D.* Modeling Atomization Processes in High-Pressure Vaporizing Sprays / *Atomization and Spray Technology.* - vol.3, 309-337. - 1987.

Поступила в редколлегию 04.04.2012