

**АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ  
О РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ  
НА ЭТАПЕ № 1**

«Подготовка базиса для эксперимента»

**Соглашение № 14.132.21.1721 от 01 октября 2012 г.**

**Тема: «Экспериментальное исследование эксплуатационных материалов высокоэффективных энергетических установок для высокоскоростных транспортных средств с интеллектуальными адаптивными системами управления»**

**Исполнитель: Метелев Андрей Александрович**

**Ключевые слова: система управления, форсирование, эксплуатационные материалы, алгоритм, двигатель**

## **1. Цель проекта**

1.1. Целью выполнения настоящей научно-исследовательской работы (НИР) является исследование свойств новых смазочных материалов, работающих в узлах трения энергетической машины с перспективным уровнем мощности. Для достижения поставленной цели необходимо создать испытательную установку на основе двигателя внутреннего сгорания (ДВС), и провести экспериментальное исследование моторных масел (ММ).

1.2. Основной целью первого этапа является обзорное исследование параметров, характеристик и условий эксплуатации ДВС мировых производителей, определение уровня форсирования двигателя, выбор прототипа двигателя установки. Для доведения уровня форсирования двигателя до перспективного уровня необходимо модернизировать конструкцию и электронную систему управления (ЭСУД). Для составления программы испытания необходимо провести моделирование условий работы основных деталей двигателя и моторного масла. Выполнение данных работ необходимо для создания экспериментального стенда.

## **2. Основные результаты проекта**

2.1. На первом этапе было проведено обзорное исследование существующих ДВС, их характеристик, параметров, условий эксплуатации, уровня форсирования. В результате проведенного обзора был определен и обоснован перспективный удельный уровень эффективной мощности двигателя, который составил  $N_e=100$  кВт на  $V=1$  дм<sup>3</sup> рабочего объема.

В программном комплексе Process 2000 был произведен расчет рабочего процесса двигателя, получена индикаторная диаграмма номинального режима работы двигателя, а также граничные условия для расчета и моделирования напряженного, температурного состояния основных деталей двигателя. Максимальное давление сгорания составило  $P_z=86,4$  Бар, а эффективное давление цикла  $P_e=19,3$  мПа.

С возрастанием тепловой и механической нагрузки на детали двигателя, а также для определения рабочих зазоров в подшипниках коленчатого вала и цилиндропоршневой группе необходимо промоделировать их напряженно-деформированное и температурное состояние. Для этого в программном комплексе SolidWorks методом конечных элементов были построены объемные модели поршня, головки блока, блока цилиндров, гильзы, клапанов, подшипников коленчатого вала. Наиболее нагруженными деталями являются поршень и коленчатый вал двигателя, поэтому были просчитаны несколько вариантов конструкций деталей. Результаты обзора и теоретических расчетов позволили сделать

выбор прототипа двигателя установки, и получить эскизы, для изготовления поршней, поршневых колец, модернизированной конструкции.

Исходя из конструкции и системы управления прототипа двигателя и вносимых изменений в них, модернизированная ЭСУД включает в себя следующие элементы: датчик положения коленчатого вала, датчик фаз, датчик температуры охлаждающей жидкости, датчик температуры масла, датчик давления масла, 6 датчиков температуры отработавших газов, 2 широкополосных датчика кислорода, датчик абсолютного давления, датчик температуры воздуха, 2 датчика давления топлива, 2 датчика температуры топлива, датчик детонации, датчик положения органов управления желаемой нагрузкой, тактовый клапан управления наддувом, дроссельная заслонка с электроприводом, 6 индивидуальных катушек зажигания, 12 топливных форсунок, датчики управления переключаемым коллектором и сдвигом фазы распределительных валов.

Модернизированная ЭСУД обладает возможностью коррекции давления наддува, топливоподачи по каждому цилиндру, угла опережения зажигания по каждому цилиндру. Согласно схеме ЭСУД, корректировка параметров происходит на основании обработки данных, поступающих от датчиков температуры отработавших газов, установленных после каждого цилиндра, датчиков кислорода установленных на соответствующих цилиндрах, согласно порядку работы двигателя. Также в схеме управления реализованы коррекции по состоянию внешней окружающей среды, а именно по температуре впускного воздуха, температуре и давлению топлива в рампах. Наличие двух топливных форсунок на впуске каждого цилиндра позволяет более эффективно использовать момент начала и длительность впрыска топлива. Наличие данных обратных связей обеспечивает работоспособность двигателя при переходных режимах и длительной работе на режиме максимальной мощности.

2.2. Новизна результатов заключается в расчете и моделировании рабочего процесса и деталей ДВС заявленного уровня мощности. На первом этапе работы определены условия работы смазочного масла в создаваемом двигателе. Высокий уровень форсирования двигателя, требует применения качественных смазочных материалов, а также условий их подачи и работы. Для работы в данных условиях не подходят существующие товарные моторные масла. Были проанализированы физико-химические параметры моторных масел и возможности их улучшения для реализации работоспособности в создаваемой установке.

2.3. Сопоставление с результатами аналогичных работ мирового уровня.

### **3. Назначение и область применения результатов проекта**

3.1. Опыт, полученный при разработке, испытании новой конструкции поршня двигателя и калибровке системы управления может быть перенесен на двигателестроительные предприятия РФ, такие как ОАО АвтоВАЗ, ОАО КАМАЗ, ОАО ЗВЕЗДА.

3.2. Научно-исследовательская работа посвящена исследованию работы моторного масла в узлах трения и в полостях охлаждения поршней высокофорсированного двигателя, а также настройке ЭСУД энергетической машины в составе экспериментальной установки. С развитием материалов, технологий производства, появлением новых рабочих процессов возрастает и уровень форсирования ДВС. Согласно расчетам максимальные температуры поршня достигают 430..480 °С, что является критической температуры для работы современных синтетических моторных масел.

3.2.1. Результаты работы над данной работой могут иметь практическую значимость в виде рекомендаций для улучшения физико-химических параметров товарных моторных масел отечественных производителей, таких как ЛУКОЙЛ и ТНК, и других мировых производителей.

3.2.2. Созданная установка способствует повышению качества образовательного процесса кафедры ДВС путем внедрения лабораторных работ в образовательный процесс, добавления новых разделов в программы курсов лекций и семинаров по специальности для студентов. На основе результатов исследований в рамках всего проекта планируются защиты бакалаврской и магистерской работы. Наличие инженерной системы управления двигателем и установкой позволит студентам и аспирантам изучать современное, востребованное направление диагностики и настройки ЭСУД.

3.2.3. Внедрение и использование полученных результатов способствует снизить затраты на эксплуатацию энергетических машин в той или иной области их применения.

3.2.4. Описание существующих или возможных форм коммерциализации полученных результатов: организация производства продукции и/или оказание услуг, в том числе с образованием нового юридического лица или без него; заключение лицензионных договоров, заключение договоров уступки прав на РИД. Либо указывается: «Коммерциализация проектом не предусмотрена».

3.2.5. Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД); указание предполагаемых или фактических рынков сбыта.

В результате выполнения работы планируется разработать методику контроля качества как новых, так и существующих моторных масел.

#### **4. Перспективы развития исследований**

4.1. Участие в ФЦП способствовало формированию новых исследовательских партнерств с группой разработчиков программного обеспечения и электронных блоков управления АБИТ «Корвет».

4.2. Проектом руководит молодой исследователь Метелев Андрей Александрович, аспирант ФГБОУ ВПО «СПбГПУ». При его непосредственном участии получены все основные результаты первого этапа работы, соответствующие мировому уровню в области двигателестроения и трибологии, а также в области электронных систем управления. Это позволит, использовать полученные результаты для совершенствования параметров моторных масел, возможностей ЭСУД, и продолжить исследования в направлении изучения новых присадок, компонентов, составов смазочных масел. В проекте также принимали участие молодые исследователи Макарин Артем Игоревич, и Дворцов Владимир Сергеевич, аспиранты ФГБОУ ВПО «СПбГПУ». При их непосредственном участии были проведены обзорное исследование и произведены теоретические расчеты. Данным коллективом также проводятся теоретические и прикладные исследования в перспективном направлении источников энергии с внешним подводом теплоты, а также в области покрытий, снижающих механические потери и износ в трущихся деталях.

4.3. Сотрудничество с исследовательскими центрами инжиниринговых компаний, таких как Wartsila, LOTUS, AVL может способствовать продуктивному развитию в РФ технологий ЭСУД и двигателестроения.

#### **5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников проекта (этапа проекта) в области науки, образования и высоких технологий**

Руководитель проекта, аспирант Метелев А. А., принят на работу в ФГБОУ ВПО «СПбГПУ» в должности инженера первой категории. После получения степени кандидата наук планируется прием на должность доцента ФГБОУ ВПО «СПбГПУ».

Руководитель работ по проекту  
Аспирант ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»

\_\_\_\_\_ Метелев А.А.

\_\_\_\_\_ 2012 г.