

## **Работы, выполненные в Проблемной лаборатории кафедры за период с 1971 г. по 2003 г.**

В указанный период в Проблемной лаборатории был проведен комплекс работ по улучшению внешней характеристики двигателя за счет применения дифференциального привода нагнетателя, который позволяет получать повышенные значения коэффициента приспособляемости (более двух), т.е. почти гиперболическую зависимость крутящего момента от частоты вращения. В процессе выполнения темы были проведены анализ выполненных конструкций, расчетные исследования, разработан рабочий проект двигателя с повышенным коэффициентом приспособляемости на базе двухтактных двигателя транспортного типа 4Д 13/14, (ЯМЗ-224), получено авторское свидетельство .

Продолжались традиционные работы по дальнейшему повышению надежности и долговечности, топливной экономичности и агрегатной мощности двухтактных двигателей за счет улучшения процессов газообмена, использования энергии выпускных газов, совершенствования конструкции выпускных органов и аэродинамических характеристик трубопроводов.

С этой целью были проведены расчетно-экспериментальные исследования нестационарного течения газа через выпускные окна и каналы двухтактных ДВС и на базе расчета отрывного течения за выпускными окнами и теории распада произвольного разрыва разработаны граничные условия для системы «цилиндр- выпускное окно- трубопровод» для программного комплекса расчета нестационарного течения газа в выпускной системе. Экспериментальная проверка разработанных граничных условий проводилась методом физического моделирования на газодинамических установках при стационарных и нестационарных режимах течения.

На первом этапе проводились визуальные исследования течения газа на плоской модели типа «цилиндр- выпускное окно- патрубков» оптическим методом на приборе ИАБ-451, что позволило получить четкие фотографии действительного течения в выпускном окне при различных проходных сечениях и перепадах давления и подтвердить достоверность принятой физической модели отрывного течения за выпускными окнами.

Затем эксперименты проводились при стационарных режимах течения на плоской и объемной моделях и при нестационарных режимах течения на одноцикловой динамической модели (А.с.№1320690), которые показали удовлетворительное согласование результатов расчетных и экспериментальных исследований, что позволило сделать вывод о возможности применения разработанных граничных условий при расчетах нестационарного течения газов в выпускных системах двухтактных двигателей.

Разработанная методика расчета отрывного течения позволила определить основные геометрические размеры выпускных каналов с уменьшенными гидравлическими сопротивлениями и, с учетом результатов экспериментов на плоской модели с изменяемой геометрией в сочетании с поверхностной визуализацией потока, разработать практические рекомендации по профилированию каналов (А.с .№1216386), которые были реализованы на двигателе ЯМЗ-224 и переданы для внедрения на завод им.Малышева.

Заключительная экспериментальная проверка достоверности граничных условий за выпускными окнами и влияния улучшения параметров газообмена за счет снижения газодинамических потерь в выпускных каналах на эффективные показатели двигателя проводилась на моторном стенде с двухтактным двигателем транспортного типа с петлевой продувкой 4Д 13/14 (ЯМЗ-224), оборудованным необходимой аппаратурой для измерения давлений и температуры газов в цилиндре и выпускном трубопроводе.

В процессе подготовки стенда к работе существенное внимание уделялось тщательной разработке методики проведения экспериментов, подборке и совершенствованию измерительной и регистрирующей аппаратуры.

При выборе аппаратуры для измерения давлений с учетом требуемой точности измерений были рассмотрены частотные характеристики каждого элемента измерительной цепи ( датчик давления, усилительная аппаратура, регистрирующий прибор) и после проведения анализа выпускаемой аппаратуры для записи давлений в цилиндре использовались охлаждаемые индуктивные датчики давления ДДИ-21 в комплекте с индуктивным высокочастотным преобразователем ИВП-2, преобразователем напряжения ПНШ-4 и осциллографом К-115 с шлейфами-гальванометрами М004 с собственной частотой  $f=0,8-3,5$  кГц, позволяющих без искажений регистрировать быстро протекающие процессы. Для измерения давлений в выпускном трубопроводе использовались малогабаритные дифференциальные индуктивные датчики ДМИ, размещенные в охлаждаемом контейнере, с усилителем ТА-5 и осциллографом К-115.

Значительное внимание при проведении экспериментов было уделено измерению мгновенной температуры газов в цилиндре двигателя в процессе газообмена, что до последнего времени является сложной технической задачей.

После проведения анализа методов измерения нестационарных температур газовых потоков, рассмотрения теоретических основ измерения температуры термометром сопротивления и определения основных погрешностей измерения, а также теплофизических свойств имеющихся тугоплавких материалов и их сплавов, впервые в практике экспериментальных исследований в ДВС разработан термодатчик периодического погружения для измерения мгновенной температуры газов в цилиндре в процессе газообмена, сочетающий малую тепловую инерционность чувствительного элемента с механической прочностью и повышенную точность измерений при полной автоматизации процесса.

Конструкция термодатчика защищена авторским свидетельством (А.с. № 983036) и представляет собой нормально-закрытый клапан прямого действия тарельчатого типа с электропневматическим приводом. Термодатчик устанавливается в головку цилиндров и охлаждается водой системы охлаждения двигателя, что обеспечивает надежную и безотказную работу в течение длительного времени.

Впервые в качестве чувствительного элемента использован однопроволочный термодатчик сопротивления с проволокой диаметром  $d=0,01$  м из сплава ВР-20, изготовленный по спецзаказу, и который по сравнению с ранее широко используемым вольфрамом обладает повышенным пределом прочности и пластичности, особенно при высоких температурах, лучшей свариваемостью и коррозионной стойкостью.

Дополнительно в ходе исследований были экспериментально определены значения постоянной времени различных датчиков температуры, которая, при всех прочих равных условиях, вносит наибольшую погрешность в измерении нестационарных температур. Постоянная времени определялась по результатам взаимодействия проволоки со средой с постоянной температурой, в которую внезапно переносилась. Исследования проводились на специальном теплофизическом стенде, состоящим из муфельной печи ПМ-8, устройства для быстрого ввода датчика в печь (время ввода 0,005-0,007 с) и измерительной и регистрирующей аппаратуры. Были изготовлены девять датчиков температуры с проволоками одинаковой длины, разных диаметров и из разных материалов (вольфрам, вольфраморениевые сплавы, платина). По результатам исследования были определены значения постоянной времени для всех датчиков и был сделан вывод, что наиболее эффективным методом снижения тепловой инерции является уменьшение диаметра проволоки до значений, обусловленных необходимой ее механической прочностью, определяемой прочностными характеристиками материала.

В процессе доводки термодатчика, в аэродинамической трубе кратковременно действия с открытой рабочей частью и истечением из емкости были проведены исследования скоростных характеристик датчика, которые определяются значением коэффициента восстановления температуры и для датчика с открытым чувствительным элементом имеют сравнительно невысокие значения (0,72-0,78) и изменяется в широких пределах в зависимости от скорости газового потока. С целью увеличения коэффициента

восстановления последний был размещен в поперечной камере торможения, конструктивно выполненной во внутреннем цилиндрическом объеме стержня клапана теплоприемника. Для выбора оптимальных значений геометрических параметров камеры были изготовлены восемь камер с различными геометрическими размерами и проведены исследования их скоростных характеристик. По результатам исследований была определена оптимальная камера с высоким и стабильным значением коэффициента восстановления температуры (0,92-0,93), практически независимый от скорости потока.

Разработанный теплоприемник использовался для измерения мгновенной температуры газов в цилиндре двигателя в процессе газообмена, причем одновременно проводилось измерение температуры газов постоянно находящимся приемником (проволочка  $d=0,01$  м из сплава ВР-20) в выпускных окнах.

Успешное использование сплава ВР-20 подтвердили его высокие теплофизические свойства и позволило рекомендовать этот сплав в качестве термометрического материала термометров сопротивления для измерения температур выпускных газов ДВС.

Результаты экспериментальных исследований на двигателе 4Д 13/14 показали хорошее согласование с результатами расчетов на различных режимах работы двигателя, что позволило рекомендовать, и в дальнейшем успешно использовать, разработанную расчетную методику задания граничных условий за выпускными окнами для численного моделирования нестационарного течения в выпускных системах двухтактных ДВС.

На заключительном этапе исследований в соответствии с полученными рекомендациями (А.с.№1216386) по профилированию выпускных каналов была изготовлена опытная выпускная система с увеличенной пропускной способностью, которая была испытана на двигателе 4Д 13/14. Достигнутое на 14% увеличение расхода газа через выпускные каналы позволило на номинальном режиме увеличить мощность на 3,1% при одновременном снижении удельного расхода на 2,5%.

Полученные результаты подтвердили, что снижение газодинамических потерь на выпуске двухтактных двигателей является важным резервом улучшения технико-экономических показателей двигателей без увеличения их габаритных размеров как для вновь проектируемых так и уже находящихся в эксплуатации, что позволило рекомендовать разработанную методику профилирования выпускных каналов для двигателей ТДФ завода им.Малышева.

### **Совершенствование оборудования и измерений при проведении экспериментальных исследований**

В процессе проведения экспериментальных исследований на двигателе для непосредственной оценки влияния параметров газообмена на технико-экономические показатели и для углубленного изучения процессов очистки и наполнения цилиндра необходимо в строго определенной фазе цикла (в конце расширения и во время сжатия) отбирать газовые пробы для определения состава газа. Причем необходимо, чтобы состав пробы соответствовал среднему составу газа в цилиндре, а ее объем достаточным для проведения газового анализа. Для этих целей в лаборатории ДВС широко использовались газоотборочные клапаны одноразового действия для отбора проб большого объема из цилиндра, которые надежно работали на двигателях с частотой вращения до 1600 об/мин. В дальнейшем для отбора проб газа на двигателях, работающих с большей частотой вращения, на базе электропневматического привода была разработана конструкция нового газоотборочного клапана, который обеспечивает возможность отбора проб большого объема из цилиндра быстроходных двигателей небольших размеров без остановки двигателя как в процессе сжатия, так и в процессе расширения.

Для повышения точности определения состава газовых смесей в отобранных пробах впервые в испытаниях ДВС вместо абсорбциометрического метода газового анализа был использован переносной опытный газовый хроматограф «Газохром

3101», обладающий высокой точностью измерений, который в этот период разрабатывался институтом ВТИ и заводом «Моснефтекип» для контроля сжигания газового топлива на ТЭЦ.

В рассматриваемый период в Проблемной лаборатории был создан уникальный стенд для исследования взаимодействия выпускного импульса давления с входным патрубком улитки и вращающимся колесом центростремительной турбины. Стенд выполнен на базе одноцикловой модели и турбокомпрессора ТКР-8,5 завода ЯМЗ и работает на сжатом воздухе. Стенд оснащен необходимой аппаратурой для записи давления в цилиндре двигателя, исходной и отражающей волны давления и частоты вращения ротора ТКР, а также имеет одноразовый привод поршня, пневматическую систему раскрутки ротора без изменения его массы, систему изменения частоты вращения, индивидуальную масляную систему и баллоны со сжатым воздухом с системой редукторов, влагоотделителей и трубопроводов. Стенд предназначен для экспериментальной проверки разработанных граничных условий для системы «выпускной трубопровод- центростремительная турбина» и для совершенствования аэродинамических характеристик отдельных элементов этой системы.

Для повышения точности обработки индикаторных диаграмм изменения давлений в цилиндре двигателя в процессе проведения экспериментальных исследований был усовершенствован стандартный отметчик ВМТ индикатора МАИ-2, и разработана методика определения ВМТ по положению поршня в исследуемом цилиндре на работающем двигателе и конструкция отметчика ( А.с № 1548475).

Для уменьшения погрешностей измерения крутящего момента гидротормозом ЛЕ-4-53а, которые в тот период широко использовались в испытаниях ДВС, была проведена существенная модернизация тормоза за счет замены маятникового динамометра двухкватратным динамометром (циферблатный указательный прибор УЦК), имеющим погрешность измерения не более ( $\pm 0,1$ )%.

В составе группы работали следующие инженеры, аспиранты и механики : Савенков А.М., Маслов Ю.Л., Гришин Ю.А., Рыбаков А.Ю., Березин С.Р., Ляпин А.П., Горшунов И.Н., Овчинников В.В., Тарасов Г.П.

По указанной тематике защитили диссертации на соискание ученой степени к.т.н. - Гришин Ю.А., Березин С.Р., Рыбаков А.Ю., Маслов Ю.Л.

### **Разработка рабочих процессов двигателей с термохимической конверсией топлива**

В проблемной лаборатории, начиная с 1984 года, совместно с ИТТФ АН УССР и НИИД проводились поисковые исследования по использованию в транспортных ДВС продуктов конверсии различных углеводородных топлив с целью организации рабочего процесса с высокой экологической чистотой и экономичностью за счет добавок продуктов термохимической конверсии в цилиндры двигателя совместно с воздухом, которые получают в специальных агрегатах (термохимических реакторах) непосредственно на борту транспортной установки.

В процессе проведения работ были проведены обзор патентно-информационной литературы по использованию продуктов конверсии в ДВС, расчетно-теоретические исследования различных видов конверсии, разработана конструкция и изготовлен макетный образец реактора термической некаталитической конверсии дизельного топлива, проведены испытания ТХР на теплофизическом стенде и определены основные технические характеристики и состав получаемого синтез газа при различных режимах его работы. После анализа результатов испытаний был разработан рабочий проект и изготовлен опытный образец ТХР термической некаталитической конверсии дизельного топлива, в котором с целью увеличения выхода водорода повышена температура в реакционной камере, а

для уменьшения энергетических затрат вдвое снижен расход топлива через форсунку за счет использования пневмораспыливания.

Полученные результаты испытаний позволили разработать схему комбинированной установки ДВС с ТХР (А.с.№ 1744287) и перейти к испытаниям на различных двигателях с целью определения перспективности исследуемого направления развития ДВС.

В рамках экспериментальной проверки перспективных способов преобразования топлива в ДВС разработанный реактор термической некаталитической конверсии дизельного топлива был испытан на следующих двигателях: 2Ч 8,5/11, 4Д 13/14, 8ЧН 13/14, 6Ч 15/18, СМД-17к, в которых полученный в реакторе синтез-газ подавался вместе с воздухом через впускной трубопровод в цилиндры. Полученные результаты показали на всех двигателях увеличение номинальной мощности от 5% до 10%, снижение минимального удельного расхода, в особенности на частичных режимах, на (5-8)%, снижение дымности в 1,5-2,0 раза, улучшение пусковых свойств и снижение минимальной частоты вращения холостого хода и полностью подтвердили перспективность проведенных исследований и возможность организации более эффективного рабочего процесса двигателя с добавкой полученного синтезгаза во впускной трубопровод без существенного изменения конструкции и достижения жесткой работы двигателя. В этом случае в реакторе конвертируется в синтез-газ от 5% до 10% исходного топлива (по весу), который совместно с воздухом подается в цилиндры двигателя. При этом предполагается, что в камере сгорания происходит существенное улучшение смесеобразования и обеспечивается большая полнота сгорания основного топлива на всех режимах работы двигателя, а наличие в цилиндре продуктов конверсии и свободных радикалов позволяет снизить технические требования к химическому составу основного топлива и, тем самым, расширить сортамент топлив, используемых в транспортных дизелях. Для подтверждения указанных обстоятельств предполагалось в будущем в Проблемной лаборатории проведение широких и углубленных комплексных расчетно-экспериментальных исследований рабочих процессов двигателей с термохимической конверсией с отбором газовых проб из цилиндра и определении химического состава рабочего заряда, снятие индикаторных диаграмм изменения давления и организации текущего контроля состава получаемого синтезгаза и основных технико-экономических и экологических характеристик на моторном стенде фирмы «Вилати» с двигателем КАМАЗ.

Одновременно в этот период проводились расчетно-экспериментальные исследования по проверке перспективных способов утилизации теплоты выпускных газов (что особенно важно для двигателей с уменьшенным отводом теплоты) за счет термохимической регенерации, т.е. использование теплоты для конверсии исходного топлива в синтез-газ. После проведения расчетных исследований и модельных испытаний были разработаны схемы комбинированных ДВС с термохимической регенерацией теплоты выпускных газов, в которых часть выпускных газов (~30%) отбирается в реакционную камеру реактора, которая подогревается остальной частью выпускных газов и где смешивается с распыленным топливом. В результате химического взаимодействия с продуктами сгорания, содержащими диоксид углерода и водяные пары в присутствии балластного азота топливо конвертируется в водородосодержащий синтез-газ. Так как протекающие химические реакции сильно эндотермические, т.е. протекают с поглощением теплоты, то они позволяют возратить в рабочий цикл двигателей часть теплоты выпускных газов в виде химической энергии новых компонентов топлива и тем самым повысить на (10-14) % значение КПД комбинированной установки.

В 1987-89 г.г. в рамках поисковых исследований совместно с ИТТФ АН УССР были проведены комплексные исследования возможности использования продуктов конверсии спиртовых топлив и, в частности, продуктов паровой конверсии эталона в ДВС. В процессе проведения исследований разработаны методика расчета реактора и схема питания ДВС с использованием для организации процессов конверсии теплоты отработавших газов, спроектирована и изготовлена лабораторная установка, на которой проведены ис-

следования паровой конверсии эталона в диапазоне (450-900) К, позволившие уточнить результаты расчета термохимических процессов конверсии эталона и приступить к изготовлению опытного образца реактора.

Продолжением и развитием работ в данном направлении были разработки в 1990 г. рабочего проекта опытного образца ТХР некаталитической конверсии бензина АИ-93 с высокотемпературной реакционной камерой для легкового автомобиля типа «Москвич» и схемы его подключения к двигателю и размещения на борту с целью снижения путевых расходов топлива и повышению комфортности и эксплуатационной характеристики автомобиля.

В 1996-97 г.г. совместно с ИТТФ г. Москва и заводом ЗИЛ по заданию Правительства г. Москвы был проведен комплекс работ по улучшению экономических и экологических характеристик дизеля ЗИЛ-645 за счет добавок к топливу водородосодержащих присадок, получаемых за счет термохимической конверсии топлива в реакторе на борту автомобиля. В процессе выполнения работ был разработан и изготовлен опытный образец реактора, схема его установки и подачи получаемого водородосодержащего газа в топливopовод высокого давления форсунки через обратный клапан и проведены испытания разработанной системы на заводском стенде с серийным двигателем. Результаты испытаний показали возможность улучшения топливных и экологических характеристик серийного дизеля ЗИЛ-645 практически без изменения его конструкции в среднем до (5-6)% за счет добавок к топливу водородосодержащих присадок, получаемых в термохимических реакторах, подтвердили необходимость индивидуального подхода к каждому двигателю и согласования количества и химического состава добавки с учетом способа смесеобразования и формы камеры сгорания.

#### **Работы по применению альтернативных и возобновляемых топлив в ДВС**

Одним из направлений работ Проблемной лаборатории являлись исследования возможности использования альтернативных топлив и, в первую очередь, тяжелых топлив в ДВС за счет совершенствования процессов смесеобразования и обеспечения максимальной полноты сгорания топлива на всех рабочих режимах работы двигателя.

С этой целью в 1986-88 г.г. был проведен комплекс работ по исследованию возможности использования пневматического распыла в быстроходных автотракторных дизелях. С этой целью был проведен анализ выполненных ранее конструкций форсунок компрессорных дизелей, изготовлен опытный образец форсунки на базе форсунки двигателей ЯМЗ. с подачей сжатого воздуха из баллона и управлением открытия иглы от ТНВД. Форсунка прошла испытания на топливном стенде, показала свою работоспособность и позволила получать мелкость распыливания дизельного топлива до уровня «папиросного дыма», включая частоту вращения существенно ниже значений частоты вращения холостого хода.

В дальнейшем работоспособность разработанной форсунки с пневмораспыливанием была подтверждена на двигателе ЯМЗ-224. Однако в условиях прекращения финансирования в дальнейшем работы были прекращены, но полученный опыт по использованию пневмораспыливания был успешно реализован в конструкции форсунки с уменьшенным расходом топлива в ТХР некаталитической конверсии дизельного топлива.

Одновременно в этот период с целью повышения надежности, долговечности и снижения стоимости ТПА в дизелях при условии сохранения качества распыливания были проведены исследования по разработке конструкции бесприцизионной форсунки на базе форсунок двигателей ТДФ (завод им. Малышева) для автотракторных дизелей. Разработан рабочий проект форсунки для двигателей ЯМЗ и выпущены рабочие чертежи, изготовлен макетный образец и проведены испытания на топливном стенде. Результаты

испытаний подтвердили их работоспособность и возможности после проведения расширенных испытаний использования форсунок указанного типа в автотракторных дизелях.

С 1990 года в Проблемной лаборатории проводятся комплексные исследования по созданию энергоустановок для «малой энергетики» с ДВС и двигателем Стирлинга и газогенераторными установками на растительных и древесных отходах для тепло- и энергоснабжения небольших предприятий, фермерских хозяйств, жилых объектов и т.п., а также для привода насосов, вентиляторов и разнообразных средств малой механизации.

В качестве источника электрической энергии используется электрогенератор, соединенный с газовым ДВС или двигателем Стирлинга, которые работают на энергетическом (газогенераторном) газе, получаемом в результате конверсии растительных и древесных отходов в газогенераторной установке.

Указанные работы являются продолжением работ, выполненных коллективом кафедры под руководством проф. Д.Н.Вырубова в 1941-43 г.г. по заданиям НКВ, НКТМ и других наркоматов по переводу ДВС и металлургических печей на газообразное топливо, получаемое из местных видов топлив, и направленных на снижение потребления нефтяных топлив в народном хозяйстве с целью укрепления обороны страны.

И в настоящее время одной из острейших проблем энергобезопасности страны является жизнеобеспечение более 70 % территории России с числом постоянно проживающего населения около 10 млн. человек и находящейся вне зоны централизованного теплоэнергоснабжения, поэтому в этих регионах в сложившихся экономических условиях целесообразно развивать «малую энергетику», обладающую рядом существенных преимуществ перед централизованными системами.

Причем практическую основу «малой энергетики» в указанных регионах составляют энергоустановки с ДВС, работающие на привозном нефтяном топливе и перекрывающие диапазоны мощностей от 1 до 2000 кВт и более. Однако дальнейшему развитию «малой энергетики» существенно препятствуют все возрастающий дефицит нефтяных топлив, повышение их стоимости и доставки к месту потребления. Поэтому все более остро в этих регионах ставится задача существенного сокращения потребления нефтяных топлив и использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и местных видов топлив и, в первую очередь, растительных и древесных отходов, запасами которых обладает большинство отдаленных регионов страны.

Для решения поставленных задач в лаборатории спроектирован, изготовлен и испытан опытный образец ЭУ с ДВС на базе 4-х тактного газового двигателя на базе дизеля 2Ч 8,5/11 мощностью 8 кВт, работающий по газожидкостному циклу с газогенератором на растительных и древесных отходах обращенного процесса газификации с предварительным подогревом топлива в бункере.

В 1999-2000 г.г. на установке совместно с РУДН были проведены исследования экологических характеристик дизеля 2Ч 8,5/11 с добавлением генераторного газа во впускной трубопровод, которые показали в 2-3 раза снижение дымности выпускных газов на всех режимах работы дизеля. (Результаты экспериментальных исследований были использованы в диссертационной работе аспирантов РУДН).

В дальнейшем был изготовлен опытный образец ЭУ мощностью 8 кВт с указанным газогенератором на базе серийных унифицированных электроагрегатов серии АБ с бензиновыми карбюраторными двигателями, которые выпускались в большом количестве для МО и которые в настоящее время передаются в народное хозяйство.

Малый вес и небольшие габаритные размеры позволяют монтировать ЭУ на транспортных средствах и обеспечивать их мобильность, что позволяет доставлять их на место эксплуатации автомобильным транспортом, устанавливать без фундамента и использовать в качестве основных или резервных источников электрической и тепловой энергии. (Необходимое увеличение мощности для обслуживания нескольких потребителей достигается суммированием мощностей нескольких ЭУ.)

Использование предлагаемых ЭУ в различных областях народного хозяйства позволяет получить ощутимые экономические, социальные и экологические эффекты, связанные с экономией нефтяных топлив ( в среднем на 800...900 кг в год на каждую единицу установленной мощности). уменьшением транспортных расходов на доставку топлива и вывозку отходов, улучшением экологической обстановки за счет снижения выбросов токсичных составляющих с выпускными газами и переработки отходов, а также условий труда и быта населения в отдаленных районах. Кроме того, широкое использование ЭУ позволит за короткий период несколько смягчить остроту топливной ситуации для каждого региона за счет использования местных возобновляемых видов топлив.

Наличие в РФ и странах СНГ значительного количества растительных и древесных отходов ( по данным ВНИИдрева только в Европейской зоне РФ ежегодно около 60 млн.м<sup>3</sup>), которые до настоящего времени практически теряются или уничтожаются, позволяет надежно обеспечивать топливом (40-50) тысяч ЭУ и дополнительно ежегодно вырабатывать (0,8-1,0) млн. кВт.ч электроэнергии без затрат дефицитного топлива. Стабильный рынок сбыта позволяет организовать серийное производство ЭУ на нескольких заводах в различных регионах страны со сроком окупаемости вложенных средств (1,0-1,5) года.

Одновременно в указанный период в лаборатории проводились исследования по разработке ЭУ для «малой энергетики» с двигателем Стирлинга мощностью 5 кВт и газогенераторной установкой на растительных и древесных отходах по договору с конверсионным предприятием МО. В процессе проведения работ был спроектирован и изготовлен опытный макетный образец двигателя Стирлинга и стенд для его испытания, однако в условиях прекращения финансирования испытания двигателя были завершены.

В настоящее время на кафедре проводятся комплексные исследования по разработке научных основ создания ЭУ для малой энергетики с ДВС и газогенераторными установками на различных видах отходов и возобновляемых топлив, а именно в области:

- рабочего процесса газовых ДВС, работающих по газовому и газожидкостному циклу на различных видах газовых топлив и с различными системами топливоподачи;
- физико-химических основ процессов газификации твердых топлив с различными схемами газификации с целью повышения эффективности процессов и расширения номенклатуры используемых топлив;
- конструирования и расчета узлов и деталей газовых двигателей и газогенераторных установок с использованием современных математических моделей и применением перспективных конструкционных материалов с прогрессивными теплофизическими и прочностными характеристиками;
- разработки систем регулирования и управления работой газового двигателя и газогенератора в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.