УДК 621.436

М. Р. Ткач, канд. техн. наук, Б.Г. Тимошевский, д-р техн. наук, Б. А. Тхы, инж.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВОГО ДВС, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО

1. Постановка проблемы

Применение жидких альтернативных топлив (ат) является одним из путей снижения зависимости украины от импорта нефтепродуктов. Технохимические свойства ат характеризуются более или менее существенными отличиями от дизельных топлив нефтяного происхождения. Степень различия определяются сырьем и технологическим процессом получения альтернативного топлива. Известно, что процесс сгорания топлива в двс с воспламенением от сжатия определяется фракционным и групповым составами применяемого топлива [1,2,3] . Исследованиям рабочего процесса двс на широком спектре альтернативных топлив (масла растительного происхождения, их эфиры, спирты, синтетические топлива из угля их смеси с нефтяным топливом), посвящены исследования ученых хпи, мади, мвту, алгту, зарубежных лабораторий и институтов.

Вместе с тем, в литературе практически отсутствуют данные по работе на топливе, получаемом из отходов полимерного сырья методом термического крекинга. Приведенные ниже показатели даны для такого топлива, полученного в лабораторных условиях[4]. Данное топливо отличается от дизельного дл по гост 305 более широким фракционным составом, измененным групповым составом, а также пониженной плотностью (таблица 1). В настоящей работе исследовано альтернативное топливо (ат), являющееся компаундом из равных массовых частей вышеназванного топлива и топлива дл по гост 305.

Цель исследования. Создание специализированного стенда с компьютеризированной системой измерений; исследование показателей судового двс при работе на альтернативном топливе.

Таблица 1. Основные технохимические показатели топлива

Показатели		Величина
Фракция, масс %	49 –190^{0}С,	38,9
	190 –353^{0}С	56,1
	Другие	5,0
Углеводороды, масс %	Парафиновые	40,1
	Моноолефиновые	48,8
	Диеновые	11,1
Кинематическая вязкость при Т=293 К, мм^2/с		2,88
Плотность, кг/м^3		729

2. Решение проблемы

2.1. Экспериментальный стенд и система измерений

Стенд создан на основе судового двс 6ЧН12/14 с турбонаддувом. Технические данные двс показаны в таблице 2 [5]. Дизельный двигатель 4 нагружен электрогенератором постоянного тока 21 с регулируемым током возбуждения, что обеспечивает плавное изменение нагрузки во всем диапазоне мощности двс. Электрический генератор 21, соединен с нагрузкой 17, состоящей из 50 тэнов мощностью по 2 кВт каждый с обдувом осевым вентилятором эв 025/100).

Таблица 2. Технические данные двс 6ЧН12/14

Тип дизеля	Судовой двс с наддувом.
Ход / диаметр поршня, мм	120/140
Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$	1500
Средняя скорость поршня, м/с	7
Мощность номинальная, кВт	84,5

Продолжение табл.2

Степень сжатия	13,5
Давление начала впрыскивания, мПа	17,6…18,3
Угол опережения подачи топлива до вмт, ^{0}пкв	18…22
Турбокомпрессор	ТКР 11

Датчики. В качестве первичных преобразователей температуры использованы термоэлектрические (номинальная статическая характеристика хк(l)по гост 3044), давления – тензорезистивные сапфир 22д, силы - тензодатчик km(s) 1100 (0,5 кН). Стабилизация опорного напряжения обеспечивается специализированными источниками питания. Электрические параметры нагрузки определяются цифровым, 4,5 разрядным прибором в7-38. Весовой расход топлива определяется по показаниям датчика силы, определяющего вес расходной топливной цистерны совместно с топливом в заданные промежутки времени с учетом количества топлива сливающегося из тнвд (электронные весы 20).

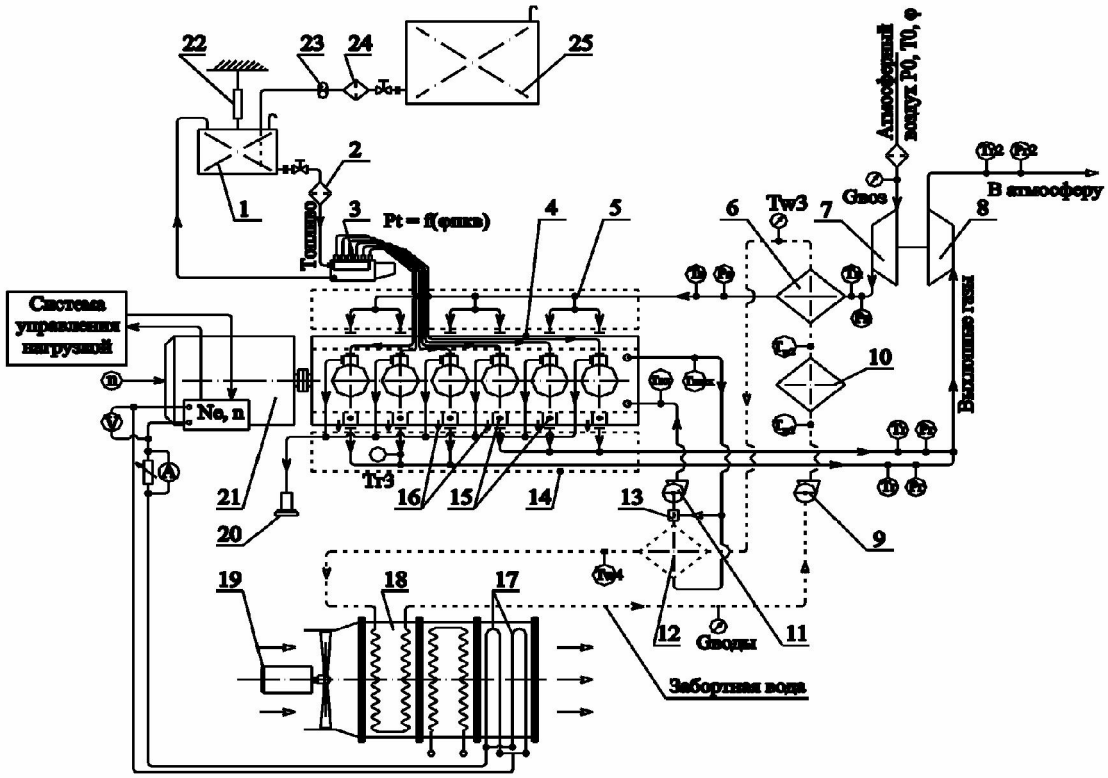

Рис 1. Схема экспериментальной установки на базе судового ДВС 6ЧН12/14

1 - расходная топливная цистерна; 2, 24 - фильтры грубой очистки; 3 - топливной насос высокого давления; 4 - двигатель внутреннего сгорания 6ЧН12/14; 5 - впускной трубопровод; 6 - охладитель наддувочного воздуха; 7 - компрессор; 8 - турбина; 9 - насос забортной воды; 10 – охладитель масла; 11 - водяной насос; 12 – водо-водяной теплообменник; 13 - регулятор температуры охлаждающей воды; 14 - выпускной трубопровод; 15 - датчики температуры; 16 - датчик индикаторного давления; 17 - нагрузка;18 – водо-воздушный теплообменник; 19 – осевой вентилятор; 20 - электронные весы; 21 – электрический генератор; 22 – датчик силы; 23 - подкачивающий насос; 24 – фильтр грубой очистки; 25 – цистерна.

Параметры индикаторного процесса дизель-генератора измеряются синхронно с частотой дискретизации порядка 10 кгц. Параметры стенда замеряются с частотой $1c^{-1}$. Сигналы датчиков поступают в микропроцессорный модуль ai8s-5a и далее, в стек процессора. После обработки комплексом специализированных программ на языке *delphi* результаты измерений выводятся на монитор в графическом (развернутая индикаторная диаграмма и графики зависимостей параметров в реальном масштабе времени) и текстовом видах.

Модуль ai8s-5a [6] выполнен в формате microрс и предназначен для одновременного преобразования 8 сигналов в виде тока или напряжения, поступающих на входы восьми ацп, в 14 разрядный дополнительный код. Каналы модуля имеют групповую гальваническую изоляцию и индивидуальную защиту от перенапряжения. Ai8s-5 содержит следующие функциональные блоки (рис.2.): инструментальные усилители (ia0.ia7); аналого-цифровые преобразователи (adc0…adc7); цифро-аналоговые преобразователи (dac0, dac1); порт цифровых выходов; блоки оптической развязки (opt); fifo выборок (fifo;) таймер (tmr); контролер шины isa.

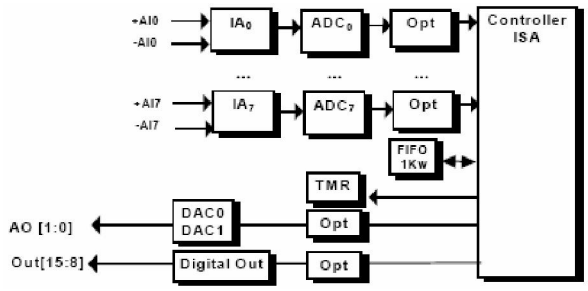

Рис. 2. Блок-схема модуля AI8-S5

Значения параметров каждого цикла записываются в уникальный (по имени) файл на жестком диске и служат основой для последующей обработки.

Индивидуальная тарировки каждого канала изменения физических величин позволила свести к техническому минимуму инструментальную погрешность измерений. Минимизация методической погрешности выполнена на базе рекомендаций [7,8]. Применение эвм для регистрации данных позволяет принять погрешность регистрации – нулевой. Оценка максимальной погрешности измерений статических параметров дает следующие значения: температура – 0,5 к; давление – 0,5% и веса (силы) – 0,25% верхнего предела измерений. Данные показатели близки к минимальным достижимым значениям для технических измерениях.

2.2. Вопросы методики эксперимента

С целью исключения влияния случайных факторов на большинстве режимов производились повторные замеры и предварительное осциллографирование. Существенное снижение влияния стохастичности индикаторного процесса достигнуто осреднением параметров 10…100 рабочих циклов двигателя. Важной особенностью проведения исследований является определение положения вмт и частоты вращения расчетным путем. Для этого, на каждом режиме осуществляется кратковременное отключение подачи топлива на индицируемый цилиндр. Параметры стенда замеряются заданное количество раз (обычно 10…15) в каждой точке режима. Программа проведения испытаний включает в себя подготовительные работы и ряд содержательных этапов.

3. Результаты исследований

В качестве иллюстрации работоспособности созданного оборудования ниже приведены результаты исследований на двух режимах: 1 – мощность генератора 27,1 квт; 2 – мощность генератора 57,7 кВт . Сопоставимость результатов при работе на различных топливах обеспечена проведением испытаний при одинаковом значении мощности (тока возбуждения) и частоты вращения генератора.

исследования повторяемости индикаторных показателей двс выполнены при количестве регистрируемых циклов от 10 до 100. Значения максимального и среднего давления в цилиндре приведены на

рис. 3. Здесь даны значения параметров на дизельном и альтернативном топливах при двух значениях мощности генератора. Отклонение текущего значения измеренных параметров от среднего по всем циклам лежит в диапазоне 3,4%…4,0%. Такая величина нестабильности является следствием неповторяемости значений массы и давления впрыскиваемого топлива, а также стохастического характера процесса самовоспламенения и и сгорания топлива в цилиндре двс. Следует отметить, что приведенная величина нестабильности свидетельствует о достаточной воспроизводимости измеряемых величин индикаторного давления.

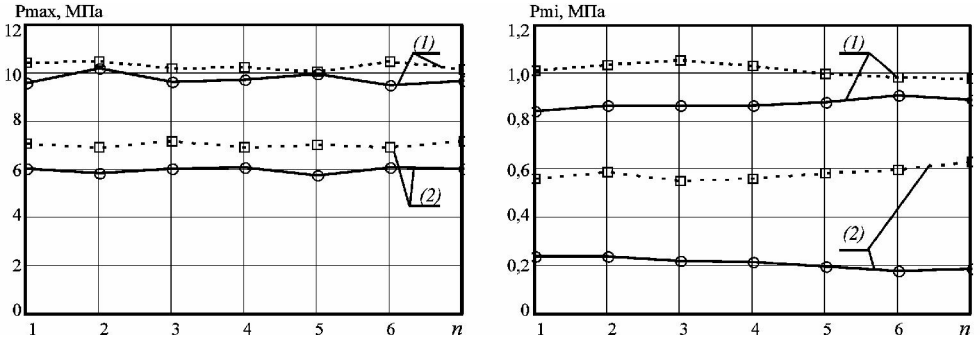

Рис. 3. Оценка погрешности измерения максимального и среднего давления при испытании 1,2 – режимы работы; _____ дизельное топливо; _ _ _ _ _ _ _ альтернативное топливо

Повышение точности обработки результатов обеспечивается использованием осредненных значения индикаторного давления в цилиндре за n измеряемых циклов:

$$P(\varphi)=\frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n}\left(P^{*}(\varphi(i))\right)_{n} \qquad (1)$$

Где: $P^{*}(\varphi(i))$ - значение давления цилиндра

При величине угла поворота φ в i-ом рабочем цикле;

$P(\varphi)$ - осредненное значение давления в цилиндре, за n рабочих циклов двигателя, в зависимости от угла φ; N – число измеренных рабочих циклов двигателя; φ - угол поворота коленчатого вала.

Определение величин скорости нарастания давления В цилиндре выполнено путем дифференцирования зависимости p(φ) по углу поворота. Ввиду “зашумленности” экспериментальных данных выполнено их сглаживание методом “скользящего окна” [9].

3.1. Период задержки воспламенения

Данный параметр определен промежутком времени (измеренного в градусах угла поворота коленчатого вала (пкв)) от момента начала подачи топлива до момента отрыва линии индикаторного давления от линии сжатия. Как следует из приведенных экспериментальных данных, период задержки воспламенения при использовании ат увеличивается на 2–4 °пкв, причем большее значение соответствует большей мощности двс (рис.4). Полученные результаты являются следствием отличия параметров альтернативного топлива от дизельного (по гост 305). Это: пониженная способностью альтернативного топлива к самовоспламенению, повышенная температура самовоспламенения, сниженная температура кипения при повышенной теплоте испарения, пониженная вязкость [10].

3.2. Давление и скорость нарастания давления в цилиндре

Значения максимального давления (p_{max}), максимальной скорости нарастания давления (dp/d□) при использовании альтернативного топлива во всех проведенных испытаниях выше, чем для дизельного топлива (см. Рис. 3 и рис. 4). Абсолютное значение повышения максимального давления на альтернативном топливе составляет 0,6…1,0 мПа, а среднего 0,1…0,3 мПа. Причем, большая разница давлений

соответствует меньшей мощности двс. Работа двс на альтернативном топливе приводит к росту величины скорости нарастания давления на 5…10 мПа/^{0}пкв, причем снижение мощности двс приводит к увеличению значения этого параметра.

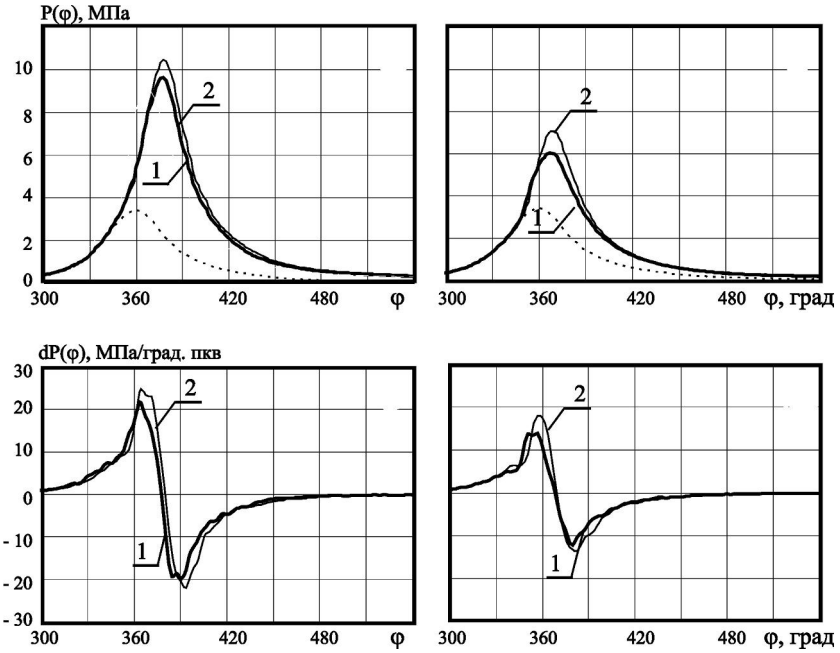

Рис. 4. Сравнение давления и скорости нарастания давления в цилиндре судового двс 6чн12/14 при работе на дизельном (1) и альтернативном топливе (2) а,в – режим 1;б,г – режим 2

Выводы

1. На базе ДВС 6ЧН12/14 создан стенд с компьютеризированной системой измерений для исследования показателей ДВС на различных топливах.
2. Показано, что при работе на альтернативном топливе период задержки воспламенения удлиняется на 2...4 ^{0}пкв.
3. На базе обработки данных показано, что скорость нарастания давления при работе на альтернативном топливе повышается на 2...4 ^{0}пкв

Список литературы:

1. Абрамчук Ф.А., Марченко А.П., Разлейцев Н.Ф., Третяк Е.И., Шокотов Н.К. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности. –К.: Тэхника, 1992.-272с. 2. Сомов В. А., Ищук Ю. Г., Судовые многотопливные двигатели. – Л.: Судостроение, 1984. – 240 с, ил.3. Семенов Б. Н. и др. Рабочий процесс высокооборотных дизелей малой мощности. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. - 240 с.: ил. 4. Тимошевский Б.Г., Ткач М.Р. Альтернативные топлива для тепловых двигателей // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. Наук. праць. Харків: Нац. Аерокосмічний ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2001.- Вып. 26 - Двигуни та енергоустановки .- С.13-18. 5. Браславский М. И., Судовые дизель-генераторы малой мощности.– Л.: Судостроение, 1968. –174 с. 6. AI8S–5A. Модуль изолированных аналоговых вход с параллельным измерением. Руководство пользователя. Fastwell Inc. 1999. 18 с. 7. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений. М.: Энергоатомиздат. 1986. 448с. 8. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений.– Л.: Энергоатомиздат, 1985.–304 с. 9. Р. И. Ивановский. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем MathCAD Pro: Учеб. пособие/ - М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.: ил. 10. Гуреев А.А., Кемпфер Г.М. Испаряемость топлив для поршневых двигателей.– М.: Хи мия, 1982.– 264