

УДК 629.113: 656.13

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ 4ДТНА1 ПРИ ДОРОЖНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

**А.В. Грицюк, доцент, д.т.н., Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н.,  
А.Н. Врублевский, профессор, д.т.н., ХНАДУ**

*Аннотация.* Представлены методики определения технико-экономических показателей автомобильного дизеля в период дорожных испытаний. Показаны апробации методик во время испытаний автобуса малого класса RUTA-25d, оснащенного опытным образцом отечественного автомобильного дизеля 4ДТНА1. Описаны характеристики полигона для испытаний.

*Ключевые слова:* автобус малого класса, дизель, дорожные испытания, индикаторная диаграмма, расход топлива, система навигации.

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЯ 4ДТНА1 ПІД ЧАС ДОРОЖНІХ ВИПРОБУВАНЬ

**О.В. Грицюк, доцент, д.т.н., Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н.,  
О.М. Врублевський, професор, д.т.н., ХНАДУ**

*Анотація.* Представлено методики визначення техніко-економічних показників автомобільного дизеля в період дорожніх випробувань. Приведено апробації методик під час випробувань автобуса малого класу RUTA-25d, оснащеного дослідним зразком вітчизняного автомобільного дизеля 4ДТНА1. Описано характеристики полігону для випробувань.

*Ключові слова:* автобус малого класу, дизель, дорожні випробування, індикаторна діаграма, витрата палива, система навігації.

## METHODOLOGY FOR DETERMINING INDICATORS OF DIESEL 4DTNA1 DURING ROAD TESTING

**O. Gritsuk, Associate Professor, Doctor of Technical Science,  
F. Abramchuk, Professor, Doctor of Technical Science,  
O. Vrublevskiy, Professor, Doctor of Technical Science, KhNAHU**

*Abstract.* The paper presents a methodology for determining the technical and economic parameters of automobile diesel during the road test. Recent testing techniques during testing of small class bus RUTA-25d, equipped with a domestic car diesel engine 4DTNA1 are shown. Described were characteristics of the landfill for the testing.

*Key words:* small class bus, diesel, road tests, indicator diagram, fuel, navigation system.

### Введение

В ГП «ХКБД» создан и прошел весь комплекс стендовых испытаний автомобильный дизель 4ДТНА1 – первенец ряда автомобильных двигателей единого параметрического ряда «Слобожанский дизель» [1, 2].

Достоверно оценить эффективность применения двигателя на транспорте, сравнить его с конкурентами можно только при дорожных испытаниях автомобиля. Данные испытания проблематично полностью заменить математическим или физическим моделированием. В ходе таких испытаний, помимо эксплуатационной топливной экономичности, разгонных характеристик, возникает необходи-

мость и открывается возможность уточнить требуемые скоростные и нагрузочные характеристики двигателя, выбрать наилучшее сочетание регулировочных параметров дизеля.

Для выполнения указанного комплекса работ проведены дорожные испытания автобуса малого класса РУТА-25d (рис. 1), на который, согласно разработанной методике, силами ГП «ХКБД», кафедрой ДВС ХНАДУ и ПАО «Завод «Часоваярские автобусы»» был установлен опытный дизель 4ДТНА1 (рис. 2) с сохранением штатных систем обслуживания работы новейшего серийного дизеля Cummins ISF.

Определить параметры двигателя в составе транспортного средства можно только в случае использования оригинального измерительного комплекса, позволяющего фиксировать в движении индикаторные показатели, расходы топлива и воздуха. Данные, полученные с помощью измерительного комплекса, требуется дополнить информацией о скорости перемещения автомобиля, профиле пути.



Рис. 1. Автобус РУТА-25d во время испытаний

### Анализ публикаций

В настоящее время эффективная эксплуатация двигателя на колесном транспорте возможна только в случае применения электронных систем контроля. Можно с полным правом назвать современный автомобиль «лабораторией на колесах». В то же время остаются уникальными результаты дорожных испытаний, в ходе которых было возможно определить индикаторные и эффективные показатели дизеля, его топливную экономичность.

В Украине наиболее успешными работами в направлении разработки методологии дорожных испытаний колесных транспортных средств следует признать наработки Института ОАО «Укравтобуспром», г. Львов [3, 4]. Апробированные данной организацией методики определения расхода топлива, пройденного пути и скорости автомобиля показали свою эффективность при организации в Украине производства современного поколения автобусов. К сожалению, все без исключения автобусы, выпускаемые в Украине, оснащены двигателями зарубежного производства. Поэтому при внедрении отечественного двигателя единого параметрического ряда «Слобожанский дизель» для оценки технико-эксплуатационных параметров на этапе дорожных испытаний возникла необходимость применить оригинальные методики, не регламентированные государственными и отраслевыми стандартами и другими нормативными актами.



Рис. 2. Двигатель 4ДТНА1 в подкапотном пространстве автобуса

### Цель и постановка задачи

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования является разработка методик, с помощью которых возможно достоверно определять технико-эксплуатационные параметры дизеля в ходе дорожных испытаний.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– разработать мобильный измерительный комплекс для исследования технико-экономических показателей двигателя и колесного транспортного средства в целом;

– предложить методику определения расхода, вплоть до измерения цикловой подачи, топлива во время дорожных испытаний;

– провести анализ результатов дорожных испытаний автобуса РУТА-25d с дизелем 4ДТНА1, полученных с помощью разработанного измерительного комплекса.

#### Методика измерения параметров автомобиля и двигателя

Для определения пройденного во время дорожных испытаний пути и скорости автомобиля целесообразно использовать бесконтактные измерения, например [4]. Достаточной точностью позиционирования обладают современные системы GPS. Поэтому предлагаемый измерительный комплекс включает навигационную систему с частотой опроса 1 с. При обработке результатов испытаний зарегистрированные системой GPS данные синхронизировались и совмещались с измерениями датчиков, установленных на двигателе.

Дополнительно двигатель оснащается датчиком давления наддувочного воздуха (рис. 3) и термопарой, установленной во впускном коллекторе. Пьезодатчик давления фирмы Lucas выполнен в одном корпусе с усилителем. Сигналы с датчиков подавались непосредственно на АЦП. Показания указанных датчиков позволяют оценить работу системы газотурбинного наддува с промежуточным охладителем, а также определить мгновенный расход воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.



Рис. 3. Установка датчика давления наддува

Индикаторные показатели двигателя определялись с помощью датчика, регистрирующего давление в цилиндре дизеля. Для измерения данной величины при дорожных испытаниях наиболее удобно использование специальных неохлаждаемых датчиков. В предлагаемом измерительном комплексе применен компактный неохлаждаемый пьезодатчик фирмы AVL, который устанавливался в адаптер на место пусковой свечи (рис. 4).

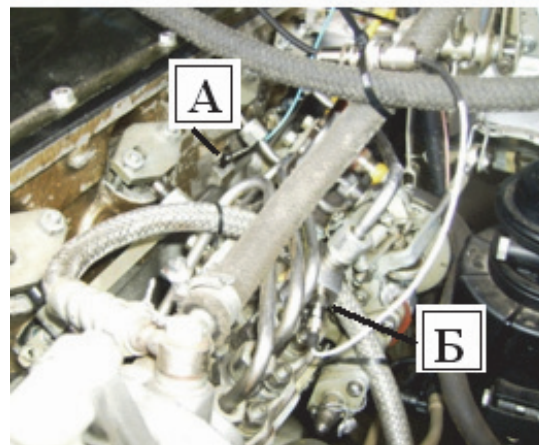


Рис. 4. Датчики давления на двигателе: А – давление в цилиндре; Б – давление топлива в трубопроводе между насосом и форсункой

Параметры процесса топливоподачи (ТП) контролировались по сигналу, поступающему с пьезодатчика давления топлива, установленного в линии высокого давления между насосом и форсункой (рис. 4). Регистрируемый сигнал позволил определить действительный момент начала ТП, реализуемый системой НРМ, давление впрыскивания. Располагая кривой давления и опираясь на результаты безмоторных и моторных испытаний [2, 5], проведенных в ГП «ХКБД», возможно определить мгновенный расход топлива. Результат применения соответствующей методики определения расхода топлива для одного из режимов работы двигателя в период дорожных испытаний представлен на рис. 7.

Текущее положение коленчатого вала определялось по сигналу, сформированному оригинальным модулем согласования, обеспечивающим работу бортового тахометра.

Все перечисленные каналы измерения составили измерительный комплекс, включающий

датчики, усилители, аналогово-цифровой преобразователь Е-14-140 и портативный компьютер. Наличие портативного компьютера позволило проводить регистрацию полученной информации, ее обработку и отображение результатов в реальном времени в графическом виде на всех режимах работы двигателя во время дорожных испытаний. Для питания компонентов комплекса использовался аккумулятор.

#### **Характеристики полигона для испытаний колесного транспорта двойного назначения**

Специальные дорожные испытания колесных транспортных средств, оснащенных перспективными разработками ГП «ХКБД», начиная с 2013 года проводятся на территории военного аэродрома ВСВС Украины в г. Краматорск. Расположение аэродрома на расстоянии 70 км от завода-производителя автобусов РУТА позволило с минимальными затратами организовать и провести комплекс дорожных испытаний автобуса малого класса РУТА-25d с дизелем 4ДТНА1.

Цементобетонные дороги и площадки Краматорского аэродрома обеспечивают достоверность и объективность полученных результатов, позволяют сравнивать результаты испытаний, полученные в различное время. Обеспечивают безопасность испытаний и отсутствие препятствий со стороны транспорта, который не имеет отношения к данным испытаниям. Схема дорог и площадок испытательного полигона представлена на рис. 5.

Согласно разработанной методике, дорожные испытания включали следующие виды:

- определение параметров тягово-скоростных свойств;
- определение индикаторных показателей двигателя;
- оценка топливной экономичности;
- оценка уровней общей и локальной вибрации;
- определение уровней внешнего и внутреннего шумов;
- определение дымности отработавших газов.

На участке А длиной 2360 м проводилось определение разгонных характеристик автобуса, движение на заданной передаче в определенном диапазоне изменения скорости. Прохождение кольца А-С-Б-В позволило выполнить этап испытаний, связанный с определением эксплуатационного расхода топлива в магистральном цикле при постоянной скорости движения.

Дорожные испытания также включали этапы, имитирующие движение транспортного средства в городских условиях (прохождение одного городского маршрута в г. Артемовске), условиях междугородного (Артемовск – Краматорск) и смешанного движений (пригородный маршрут).

#### **Результаты измерения, первичная обработка данных**

Представленные на рис. 5–7 результаты первичной обработки параметров дорожных испытаний показывают, что задачи, поставленные при создании измерительного комплекса, решаются эффективно. В приведенном на рис. 6 окне сбора данных программы PowerGraph зафиксирован этап испытаний, при котором автобус перемещался с максимальным ускорением. По кривым 2–4 возможно определить характер протекания процессов в двигателе на каждой передаче. Кривая 5, показывающая изменение частоты вращения коленчатого вала дизеля, получена путем обработки результатов испытаний. Аналогично кривые  $n$  и  $q_{ц}$  на рис. 7 являются следствием обработки записанного с датчика давления топлива сигнала. Исходными данными для определения расхода топлива послужила информация о перепаде давлений у форсунки и в цилиндре двигателя в период впрыскивания. Необходимая величина эффективного проходного сечения распылителя для данной форсунки получена предварительно в ходе безмоторных испытаний [5]. Наиболее информативной является интегральная характеристика ТП. Она позволяет подробно и исчерпывающе проанализировать каждый рабочий цикл при переходных процессах, из которых практически полностью состоит работа автомобильного дизеля в городских условиях эксплуатации.

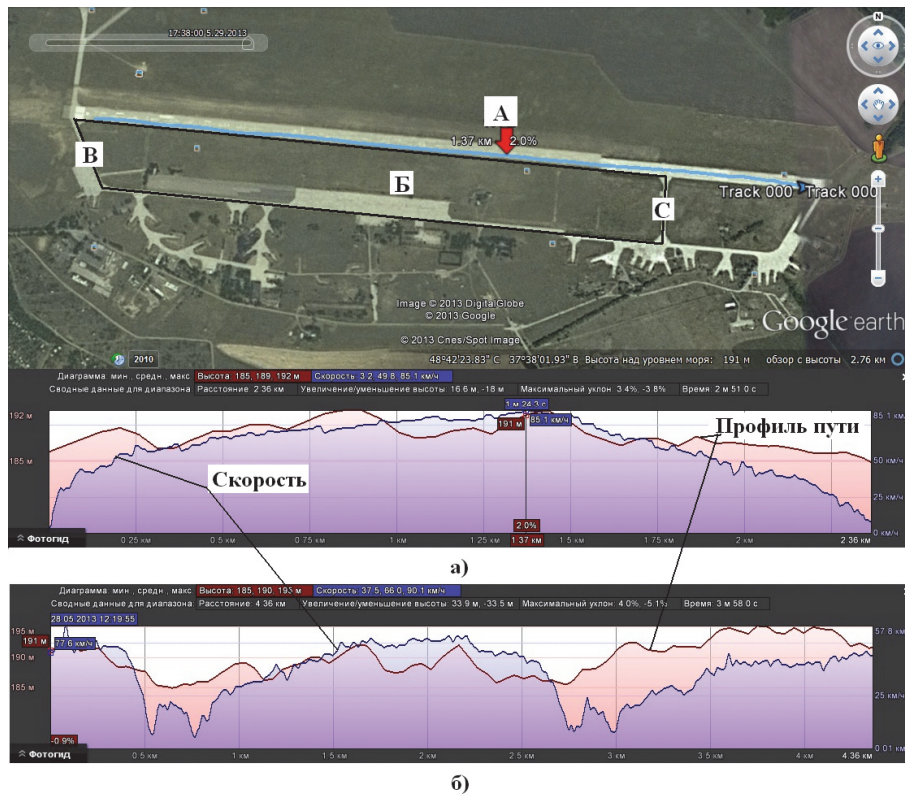


Рис. 5. Схема испытательного полигона и представление результатов регистрации этапов испытаний в Google earth: А – участок длиной 2360 м; Б – участок для определения уровня шума, вибрации и дымности; А-С-Б-В – кольцо длиной 4360 м; а) – изменение скорости и профиля пути на участке разгона; б) – изменение скорости и профиля пути при движении кольцом В

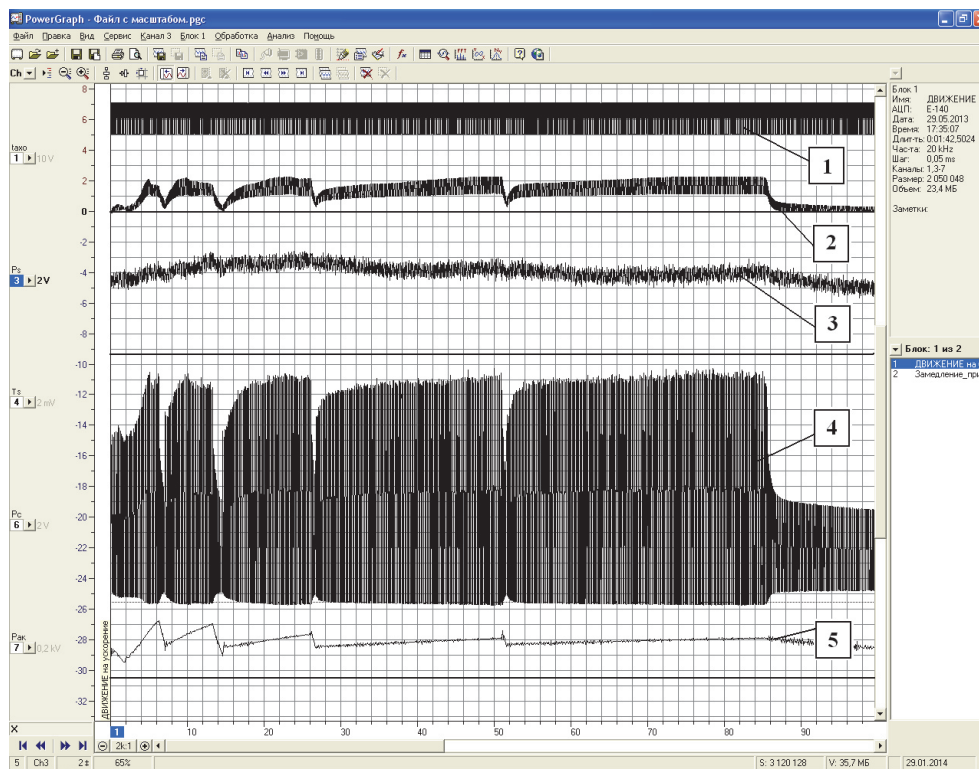


Рис. 6. Окно сбора данных: 1 – сигнал положения коленчатого вала; 2 – давление наддува; 3 – температура воздуха во впускном коллекторе; 4 – давление в цилиндре; 5 – изменение частоты вращения коленчатого вала

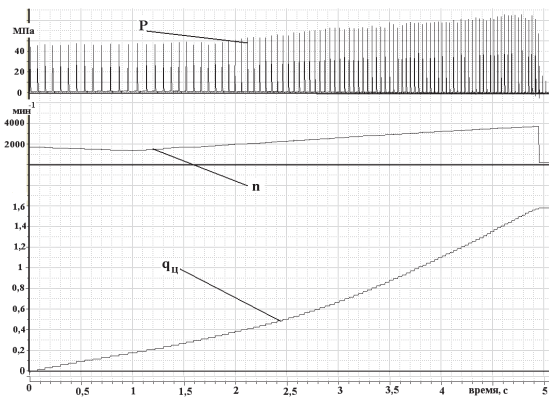


Рис. 7. Определение мгновенного расхода топлива на переходном режиме ( $P$  – давление топлива;  $n$  – частота вращения коленчатого вала;  $q_{ц}$  – интегральная характеристика расхода топлива)

### Выводы

Первые дорожные испытания колесного транспортного средства, оснащенного отечественным дизелем 4ДТНА1 единого параметрического ряда «Слобожанский дизель», успешно проведены на военном аэродроме ВСВС Украины в г. Краматорск и в условиях городского и междугородного движения в Донецкой области в 2013 году.

Разработан мобильный измерительный комплекс для исследования технико-экономических показателей двигателя и колесного транспортного средства в целом. Комплекс включает каналы измерения давления в цилиндре дизеля, давления и температуры наддувочного воздуха, давления топлива в трубопроводе, соединяющем насос и форсунку. Комплекс также включает систему GPS навигации, информация с которой синхронизировалась с данными других замеров и вносилась в общую базу данных.

Расход топлива определялся путем обработки кривой давления топлива. Для обеспечения достоверности результата обработки использовались характеристики, полученные для данной топливной аппаратуры в ходе безмоторных и моторных испытаний. Отмечено, что наиболее информативной является интегральная характеристика ТП. Она позволяет подробно и исчерпывающе проанализировать каждый рабочий цикл при переходных процессах, из которых практически полностью состоит работа автомобильного дизеля.

Результаты измерения с помощью созданного комплекса использованы для определения индикаторных показателей дизеля. Данные показатели позволяют в условиях моторного стенда воспроизвести режимы работы двигателя в эксплуатации и уточнить характеристики дизеля, позволяющие с наибольшей эффективностью использовать его в качестве силовой установки на колесном транспортном средстве.

### Литература

1. Техніко-економічне обґрунтування необхідності державної підтримки у виконанні інноваційно-інвестиційного проекту «Розроблення та впровадження у виробництво малолітражного автомобільного дизеля потужністю 100 – 175 к.с. подвійного призначення (Слобожанський дизель)»: монографія / за ред. Ф.І. Абрамчука, О.В. Грицюка, І.А. Дмитрієва. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 164 с.
2. Выбор параметров адаптивного задания топливоподачи автомобильного дизеля 4ЧН8,8/8,2 в условиях моторного стенда / А.В. Грицюк, А.Н. Врублевский, Г.А. Щербаков, А.А. Овчинников // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. – №1. – С. 10–13.
3. Крайник Л.В. Комплексна розробка і організація нових виробництв сучасного покоління автобусів та тролейбусів: монографія / Л.В. Крайник, О.В. Свиначук, В.І. Бутко та ін. – Львів: Тріада плюс, 2011. – 245 с.
4. Крайник Л.В. Автоматизований вимірювальний комплекс для дослідження паливно-швидкісних характеристик АТЗ на різних типах доріг / Л.В. Крайник, Ю.І. Бударецький, Я.Ф. Митник та ін. // Вісник ХНАДУ. – 2007. – Вип. 38. – С. 318–320.
5. Врублевский А.Н. Результаты безмоторных испытаний форсунки для двухфазного впрыскивания топлива / А.Н. Врублевский, А.В. Грицюк, А.В. Денисов и др. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – №2. – С. 43–47.

Рецензент: А.Н. Пойда, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 27 ноября 2013 г.