

УДК 621.436

С. А. АЛЁХИН<sup>1</sup>, А. В. ГРИЦЮК<sup>1</sup>, Ф. И. АБРАМЧУК<sup>2</sup>, А. Н. ВРУБЛЕВСКИЙ<sup>2</sup>,  
А. А. МОТОРА<sup>1</sup>, В. П. СТРУКОВ<sup>1</sup><sup>1</sup> ГП "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Украина<sup>2</sup> Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина

## АДАПТАЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ 4ДТНА1 К МОТОРНОМУ ОТДЕЛЕНИЮ СОВРЕМЕННОГО ГРУЗОПАССАЖИРСКОГО АВТОМОБИЛЯ

*Представлены результаты адаптации отечественного автомобильного двигателя 4ДТНА1 (4ЧН8,8/8,2) - первенца единого параметрического ряда «Слобожанский дизель», к моторному отделению микроавтобуса РУТА 25d. Двигатель 4ДТНА1 установлен на место дизеля Cummins ISF 2.8s с сохранением штатных элементов топливной системы автобуса, системы охлаждения двигателя и отопления салона, воздухоочистителя и системы выпуска отработавших газов, гидроусилителя рулевого привода и вакуумного усилителя тормозной системы. Приведенные данные о дорожных испытаниях автобуса подтвердили обоснованность предложенной стратегии уменьшения размерности дизельного двигателя для грузопассажирского автомобиля полной массой до 4000 кг.*

**Ключевые слова:** дизель, согласование характеристик, оптимизация.

### Введение

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

Вторым этапом является адаптация дизеля к моторному отделению автомобиля грузопассажирского средства. Наиболее массовым автомобилем в Украине в рассматриваемом классе является ГАЗель [1]. ОАО «Укравтобуспром» в настоящее время продолжает работы над созданием отечественных малотоннажных автомобилей и автобусов [3]. В частности, ПАО «Завод «Часоваярские автобусы» на базе шасси ГАЗель diesel изготавливает микроавтобусы РУТА 25d. Согласно разработанной программе и методике силами ГП «ХКБД» и кафедры ДВС ХНАДУ на данный автобус был установлен опытный дизель 4ДТНА1 (рабочий объем 2 л, масса 200 кг) с сохранением штатных систем обслуживания работы новейшего серийного зарубежного дизеля Cummins ISF 2.8s (рабочий объем 2,8 л, масса 290 кг).

Во время дорожных испытаний с использованием оригинальных методик [4] определены индикаторные показатели, расходы топлива и воздуха. Данные, полученные с помощью созданного измерительного комплекса, дополнены информацией о скорости перемещения автомобиля и профиле пути.

### Анализ состояния вопроса

До настоящего времени производители автобусов в Украине в силу субъективных и объективных причин не замечали отечественных разработчиков и изготовителей автомобильных двигателей. В такой обстановке условия для проектирования моторного отделения, трансмиссии автобусов задавались зарубежным производителем двигателей. Для реализации стратегии дизелизации производитель автобусов, как правило, применял и применяет методики адаптации отработанных конструкций с бензиновыми двигателями. Так, с сентября 2012 года в производство запущен новый автомобиль ГАЗель diesel на базе шасси ГАЗель Бизнес, оснащённого двигателем с принудительным воспламенением. Автомобиль ГАЗель diesel оснащен дизелем фирмы Cummins модели ISF 2.8s (мощность 120 л.с. при 3200 мин<sup>-1</sup>), удовлетворяющим европейским стандартам EURO3. Новейшая модель, продолжающая дизельный ряд, ГАЗель Next, запущенная в производство в 2013 году, оснащена двигателем Cummins ISF 2.8, выполняющим требования EURO4. Микроавтобус на базе современного шасси с дизельным двигателем имеет следующие весовые характеристики: снаряженная масса автобуса, кг - 2170; полная масса автобуса, кг - 3920.

Для проведения испытаний первого опытного образца дизеля 4ДТНА1 (мощность 100 л.с. при номинальной частоте вращения коленчатого вала 4200 мин<sup>-1</sup>) потребовалось шасси с современной комплекта-

цией систем обслуживания работы дизельного двигателя и возможность изменения массы в процессе испытаний от 2-х до 4-х тонн. Последнее обеспечило физическое моделирование такого нагружения дизеля 4ДТНА1, которое характерно для перспективных военных автомобилей грузоподъемностью до 1,5 т. Под такие характеристики и выбрано современное шасси автобуса РУТА 25d (далее – шасси), в котором серийно используется двигатель Cummins ISF 2.8s. Для транспортного средства массой до 4000 кг, эксплуатируемого в условиях городского и смешанного циклов движения, дизель Cummins ISF 2.8s по весовым характеристикам является переразмеренным. В связи с этим актуальным является применение дизеля меньшей размерности, что обеспечит снижение расхода топливо-смазочных материалов.

При установке такого двигателя целесообразно максимально использовать штатные системы, обслуживающие дизель, а также необходимо обеспечить функционирование агрегатов автомобиля, приводимых от двигателя.

Эффективность проведенных работ по адаптации дизеля к транспортному средству возможно оценить только во время дорожных испытаний. В Украине наиболее успешными работами в направлении разработки методологии дорожных испытаний колесных транспортных средств, следует признать наработки Института ОАО «Укравтобуспром», г. Львов [3, 5]. 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 применялись оригинальные методики [4], не регламентированные государственными и отраслевыми стандартами и другими нормативными актами.

**Цель и постановка задачи.** Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования является отработка уменьшения размерности дизельного двигателя для грузопассажирского автомобиля, определение технической возможности использования дизеля 4ДТНА1 мощностью 100 л.с. на транспортном средстве общей массой до 4000 кг.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать методику установки дизеля в моторном отделении автобуса РУТА 25d, позволяющую в полном объеме использовать элементы систем двигателя Cummins ISF 2.8s, расположенные в автобусе.

2. Провести дорожные испытания автобуса РУТА 25d с дизелем 4ДТНА1 и выполнить анализ их результатов, полученных с помощью разработанного измерительного комплекса.

### Установка дизеля 4ДТНА1 в моторное отделение автобуса РУТА 25d

Двигатель 4ДТНА1 (4СН8,8/8,2), установленный на место дизеля Cummins ISF 2.8s, с сохранением штатных элементов топливной системы автобуса, системы охлаждения двигателя и отопления салона, воздухоочистителя и системы выпуска отработавших газов, гидроусилителя рулевого привода и вакуумного усилителя тормозной системы (рис. 1).

На двигателе после проведения стендовых моторных испытаний были проведены следующие работы:

- собран коленчатый вал с муфтой сцепления фирмы Sachs и оригинальным шкивом под привод вентилятора, водяного насоса и генератора;
- дообработана передняя крышка с одновременной установкой вентилятора фирмы Borg Warner с вязкостной муфтой;
- установлен новый турбокомпрессор ТКР 50.03.07 взамен ТКР 5,5С-4;
- установлен вакуум-насос;
- на передней крышке на кронштейне установлен насос системы гидроусилителя рулевого управления;
- установлен новый поддон;
- изготовлен и установлен новый механизм изменения угла опережения впрыскивания топлива;
- установлен электрический стартер номинальной мощностью 2,1 кВт при электропитании от АБ 66 Ач и генератор номинальной мощностью 1,12 кВт.

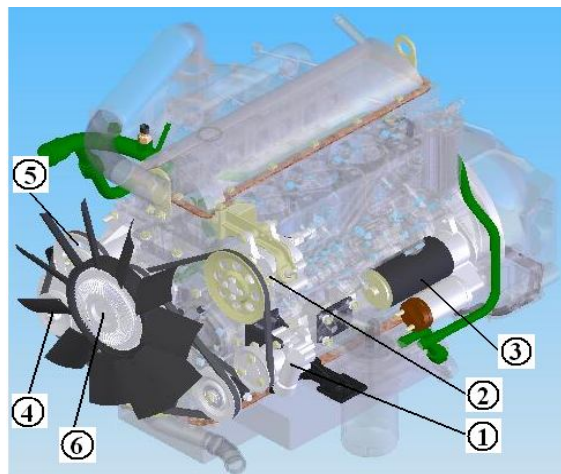


Рис. 1. Компоненка систем и агрегатов на дизеле 4ДТНА1

для установки на автобус РУТА 25d:

- 1 – гидроусилитель рулевого привода;
- 2 – вакуумный усилитель тормозной системы;
- 3 – стартер; 4 – генератор; 5 – насос системы охлаждения двигателя; 6 – вентилятор

Для обеспечения установки дизеля 4ДТНА1 в моторное отделение автобуса, его соединения с трансмиссией и системами, агрегатами и узлами шасси, которые обеспечивают функционирование и контроль работы как двигателя, так и транспортного средства в целом, был выполнен следующий объем работ:

- выполнены четыре (2x2) новых отверстия в передних частях продольных лонжеронов силового агрегата шасси и перенесена ближе к радиатору амортизированная поперечина под крепление передних опор силового блока;

- установлена пятиступенчатая серийная коробка передач модели ГАЗ, которая используется на всех моделях автомобилей ГАЗель с двигателями с принудительным воспламенением. Передаточные числа приведены в табл. 1;

Таблица 1

Передаточные числа используемой коробки

Модель коробки	Главная передача	I	II	III	IV	V	3X
ГАЗ	4,556	4,050	2,340	1,395	1,000	0,849	3,510

- проведена доработка трубопроводов, изготовлены и установлены адаптеры для соединения узлов дизеля 4ДТНА1 с узлами топливной системы, размещенной в автобусе, системы охлаждения двигателя и отопления салона, с воздухоочистителем и системой выпуска отработавших газов;

- спроектирован, изготовлен и установлен механизм дистанционного управления топливоподающей аппаратурой с водительского места;

- предложена смешанная схема электрооборудования (рис. 2) с подключением установленных на дизеле 4ДТНА1 датчиков частоты оборотов коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости и давления масла к щитку приборов с помощью технологического блока согласования, который разработан и изготовлен ГП "ХКБД". Данный блок позволяет задавать время разогрева свечей накаливания, энергопотребление которых осуществляется согласно штатной схеме подключения нагревателя впускного воздуха дизеля Cummins. С помощью блока согласования обеспечена работа в штатном режиме тахометра, индикаторов подогревателя и давления масла. Стартер и генератор дизеля 4ДТНА1 также интегрированы в штатную схему автомобиля. Это позволило реализовать алгоритм блокировки стартера после пуска двигателя.

Для проведения испытаний подготовлены следующие каналы измерений: частоты вращения КВ, давления в цилиндре дизеля; давления наддувочного воздуха; давления топлива перед форсункой; температуры наддувочного воздуха.

Монтаж опытного образца дизеля 4ДТНА1 в моторное отделение автобуса (рис. 3) был выполнен на ПАТ "Завод "Часовоярские автобусы"".

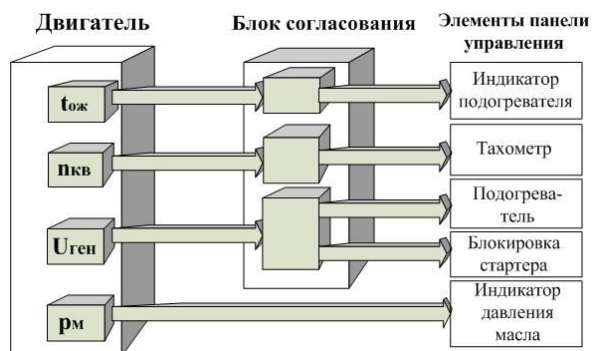


Рис. 2. Схема формирования информационных каналов при адаптации дизеля 4ДТНА1



Рис. 3. Двигатель 4ДТНА1 в подкапотном пространстве автобуса

### Дорожные испытания. Методика измерения параметров автомобиля и двигателя

Для определения пройденного, во время дорожных испытаний, пути и скорости автомобиля использовалась система GPS с частотой опроса 1 с. При обработке результатов испытаний зарегистрированные системой GPS данные синхронизировались и совмещались с измерениями датчиков, установленных на двигателе. Дополнительно двигатель оснащался 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 работы системы газотурбинного наддува с промежуточным охладителем, а также определить мгновенный расход воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.

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, который устанавливался в адаптер на место пусковой свечи.

Параметры процесса топливоподачи (ТП) контролировались по сигналу, поступающему с пьезодатчика давления топлива, установленного в линии высокого давления между насосом и форсункой [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, 6], проведенных в ГП «ХКБД», определялся мгновенный расход топлива [4].

Текущее положение коленчатого вала определялось по сигналу, сформированному оригинальным модулем согласования (рис. 2), обеспечивающего 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, оснащённых опытными образцами двигателей лучше всего проводить на полигонах с дорогами, имеющими цементобетонное покрытие. Ни ГП "ХКБД", ни ПАО «Завод «Часоваярские автобусы» такого полигона не имеют. Поэтому по согласованию с МО Украины дорожные испытания были проведены 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 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. 4.

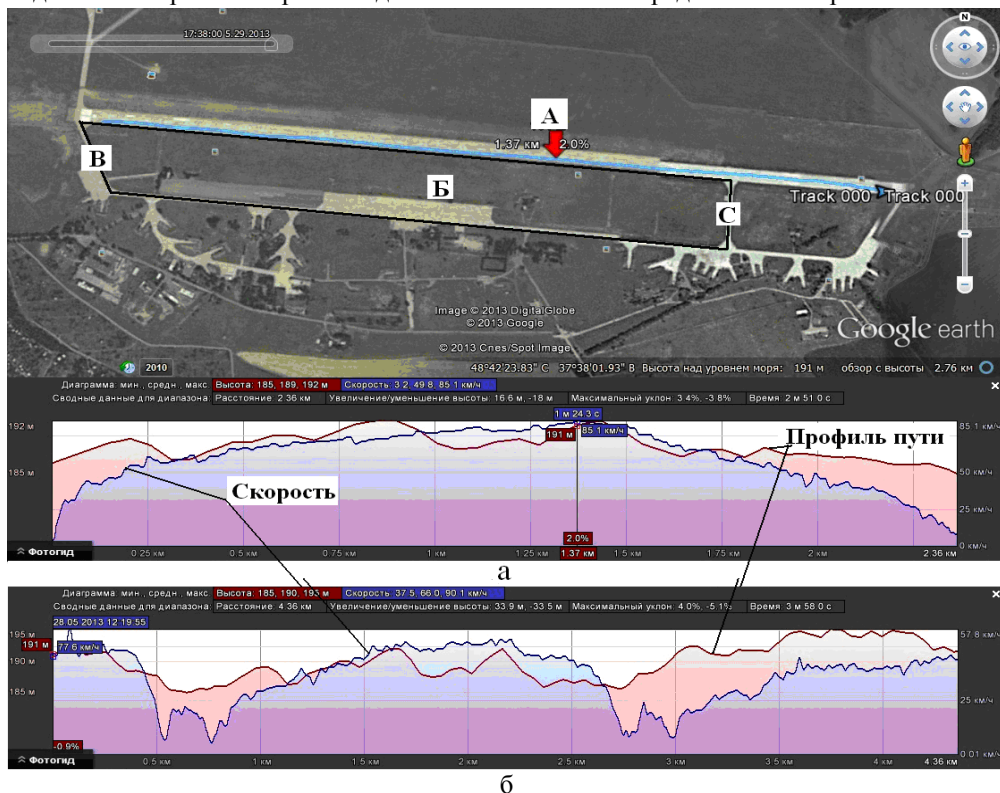


Рис. 4. Схема испытательного полигона и представление результатов регистрации этапов испытаний в Google earth: А – участок длиной 2360 м; Б – участок для определения уровня шума, вибрации и дымности; А-С-Б-В – кольцо длиной 4360 м; а – изменение скорости и профиля пути на участке разгона; б – изменение скорости и профиля пути при движении кольцом

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 испытаний

Представленные на рис. 5 и табл. 2, 3 результаты обработки параметров дорожных испытаний показывают, что задачи, поставленные в данной работе, 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  $p$  и  $q_c$  на рис. 7 являются следствием обработки записанного с датчика давления топлива сигнала.

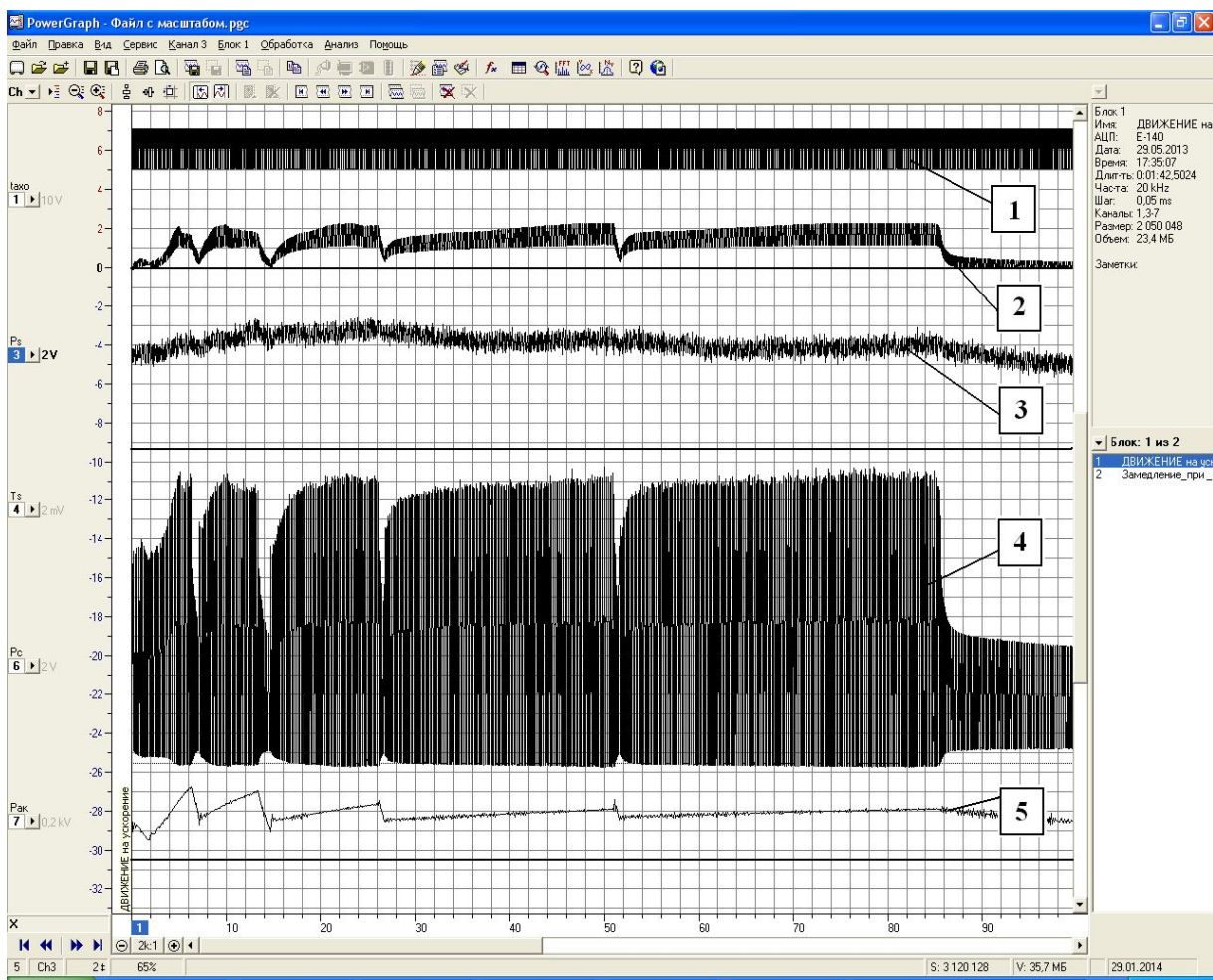


Рис. 5. Окно сбора данных: 1 – сигнал положения коленчатого вала; 2 – давление наддува; 3 – температура воздуха во впускном коллекторе; 4 – давление в цилиндре; 5 – изменение частоты вращения коленчатого вала

Таблица 2

Показатели разгона автобуса РУТА 25d с дизелем 4ДТНА1

Диапазон скорости, км/час	0-20	20-40	40-60
Типовое ускорение [2], м/с <sup>2</sup>	0,7	0,5	0,25
Максимальное ускорение испытываемого автобуса, м/с <sup>2</sup>	1,3	1,15	1,1

Таблица 3

Сравнение путевых расходов топлива

Дорожное покрытие, цикл и маршрут движения	Средняя скорость движения, км/час	Путевой расход топлива в л на 100 км			
		4ДТНА1	Cummins ISF 2.8s	УМЗ-4216	
		дизель	дизель	бензин	сжиженный газ
Цементобетон. Магистральный цикл. Аэродром	62,5	10,4	-	-	-
	78,3	11,6	-	-	-
Асфальт. Смешанный цикл	50,4	12,2	-	-	-
Асфальт. Городской цикл	23,6	12,1	12,5	18,5	24,5

Определенные во время испытаний показатели разгона (табл. 2) свидетельствуют, что для всех диапазонов скоростей, характерных для автобуса, работающего в городских условиях, работа дизеля 4ДТНА1 обеспечивает двойное и более превышение ускорения. Сравнение расхода топлива (табл. 3) автобусами РУТА, оснащенными различными двигателями, работающими на различных топливах, показало преимущество применения дизеля 4ДТНА1.

## Выводы

Двигатель 4ДТНА1 (4ЧН8,8/8,2) установлен в моторное отделение автобуса РУТА 25d на место дизеля Cummins ISF 2.8s с сохранением штатных элементов топливной системы автобуса, системы охлаждения двигателя и отопления салона, воздухоочистителя и системы выпуска отработавших газов, гидроусилителя рулевого привода и вакуумного усилителя тормозной системы.

Предложена смешанная схема электрооборудования (рис. 2) с подключением установленных на дизеле 4ДТНА1 датчиков частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости и давления масла к щитку приборов с помощью технологического блока согласования, который разработан и изготовлен ГП "ХКБД".

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 междугороднего 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.

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.

Определенные во время испытаний показатели разгона и топливной экономичности свидетельствуют, что для всех режимов движения, характерных для автобуса, работающего в городских условиях, работа дизеля 4ДТНА1 обеспечивает двойное и более превышение ускорения и снижение расхода топлива по сравнению с аналогами, применяемыми для грузопассажирских транспортных средств.

## 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)» [Текст]: монографія / за ред. Ф. І. Абрамчука, О. В. Грицюка, І. А. Дмитрієва. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 164 с.*

2. Выбор параметров адаптивного задания топливоподачи автомобильного дизеля 4ЧН8,8/8,2 в условиях моторного стенда [Текст] / А. В. Грицюк, А. Н. Врублевский, Г. А. Щербаков, А. А. Овчинников // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. – № 1. – С. 10 – 13.

3. Комплексна розробка і організація нових виробництв сучасного покоління автобусів та тролейбусів [Текст] : монографія / Л. В. Крайник, О. В. Свиначук, В. І. Бутко та інші. – Львів : «Тріада плюс», 2011. – 245 с.

4. Грицюк, А. В. Методика определения показателей дизеля 4ДТНА1 при дорожных испытаниях [Текст] / А. В. Грицюк, Ф. И. Абрамчук, А. Н. Вруб-

левский // Автомобильный транспорт. – Харьков : ХНАДУ, 2013. – № 33. – С. 58 – 64.

5. Автоматизований вимірювальний комплекс для дослідження паливно швидкісних характеристик АТЗ на різних типах доріг [Текст] / Л. В. Крайник, Ю. І. Бударецький, Я. Ф. Митник та інші. // Вісник ХНАДУ. – Вип. 38 – Харків, 2007. – С. 318 – 320.

6. Результаты безмоторных испытаний форсунки для двухфазного впрыскивания топлива [Текст] / А. Н. Врублевский, А. В. Грицюк, А. В. Денисов и др. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – № 2. – С. 43 – 47.

Поступила в редакцию 29.05.2014, рассмотрена на редколлегии 12.06.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор кафедры технической эксплуатации и сервиса А. Н. Пойда, Харьковский Национальный автодорожный университет, Харьков, Украина.

### АДАПТАЦІЯ ВІТЧИЗНЯНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ 4ДТНА1 ДО МОТОРНОГО ВІДДІЛЕННЯ СУЧАСНОГО ВАНТАЖОПАСАЖИРСЬКОГО АВТОМОБІЛЯ

**С. О. Альохін, О. В. Грицюк, Ф. І. Абрамчук, О. М. Врублевський, О. А. Мотора, В. П. Струков**

Надано результати адаптації вітчизняного автомобільного двигуна 4ДТНА1 (4ЧН 8,8/8,2) - первістка єдиного параметричного ряду «Слобожанський дизель», до моторного відділення мікроавтобуса РУТА 25d. Двигун 4ДТНА1 встановлено на місці дизеля Cummins ISF 2.8s зі збереженням штатних елементів паливної системи автобуса, системи охолодження двигуна та опалення салону, повітроочисника та системи випуску відпрацьованих газів, гідропідсилювача гальмівної системи. Наведені данні про дорожні випробування автобуса підтвердили обґрунтування запропонованої стратегії зменшення розмірності дизельного двигуна для вантажопасажирського автомобіля повною масою до 4000 кг.

**Ключові слова:** дизель, узгодження характеристик, оптимізація.

### ADAPTATION OF THE DOMESTIC AUTOMOBILE DIESEL ENGINE 4DTNA1 TO THE ENGINE COMPARTMENT OF THE MODERN WAGON

**S. A. Alyohin, A. V. Gritsuk, F. I. Abramchuk, A. N. Vrublevskiy, A. A. Motora, V. P. Strukov**

Results of adaptation of the domestic automobile engine 4DTNA1 (4ChN8,8/8,2) – of the first engine of the uniform parametrical line «Slobojanskiy diesel engine», to the engine compartment of minibus RUTA 25d are presented. The engine 4DTNA1 is installed in place of the diesel engine Cummins ISF 2.8s with leaving the same standard elements of the bus fuel system, engine cooling system and saloon heating system, air cleaner and exhaust system, hydraulic steering booster and vacuum booster of a brake system. The presented data of the bus road tests have confirmed the validity of the offered strategy of reduction of dimension of the diesel engine for the ranch wagon of fully loaded mass up to 4000 kg.

**Key words:** diesel engine, coordination of characteristics, optimization.

**Алєхин Сергей Алексеевич** – канд. техн. наук, Генеральний конструктор-директор, Государственное предприятие "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: kphkbd@ukr.net.

**Грицюк Александр Васильевич** – д-р техн. наук, ст. науч. сотр., заместитель генерального конструктора по НИР - главный конструктор, Государственное предприятие "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: dthkdb@ukr.net.

**Абрамчук Фёдор Иванович** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедры ДВС, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина, e-mail: fiedor.abramchuk@mail.ru.

**Врублевский Александр Николаевич** – д-р техн. наук, доцент кафедры ДВС, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина, e-mail: vanvru@mail.ru.

**Мотора Александр Анатольевич** – начальник отдела, Государственное предприятие "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: dthkdb@ukr.net.

**Струков Владимир Павлович** – начальник отдела, Государственное предприятие "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.