

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 621.433.052

РАХИМОВ АСКАР АКБАРОВИЧ

**Эксплуатационные испытания автобусов ISUZU с дизельной,
газодизельной и газовой системами питания**

**5A310605 – Испытание и эксплуатация
двигателей внутреннего сгорания**

**Диссертация
на соискание академической степени
магистра**

**Научный руководитель:
д.т.н., проф. Базаров Б.И.**

Ташкент 2013

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

Факультет: Эксплуатация
автомобильного транспорта

Студент магистратуры:
Рахимов Аскар Акбарович

Кафедра: Автотракторные
двигатели и транспортная экология

Научный руководитель: д.т.н., проф.
Базаров Бахтиёр Имамович

Учебный год: 2012-2013

Специальность: 5А310605 –
“Испытание и эксплуатация
двигателей внутреннего сгорания”

АННОТАЦИЯ МАГИСТРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

“Эксплуатационные испытания автобусов ISUZU с дизельной,
газодизельной и газовой системами питания”

Актуальность темы. Потребление природных ресурсов в виде углеводородных топлив на транспорте неуклонно увеличивается, растет численность подвижного состава, а продукты сгорания моторных топлив приводят к загрязнению окружающей среды. В данной ситуации переход на более дешевые альтернативные виды топлива, по своим характеристикам не уступающим жидким моторным топливам, является одним из вариантов снижения эксплуатационных затрат и уменьшения вредных выбросов.

Наиболее доступным коммерческим альтернативным топливом для автомобильного транспорта в Узбекистане является природный газ. Эффективность эксплуатации газовых автобусов неразрывно связана с

системой нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов. Изучение процесса расходования и создания маршрутных норм, ведет к снижению эксплуатационных затрат, улучшению экологической обстановки и расширению использования природного газа в сфере общественного транспорта.

Цель и задачи работы. Целью исследования является повышение эффективности использования автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания за счет разработки методического подхода для определения маршрутных нормативов, что приведет к снижению затрат на топливо. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ существующих методов эксплуатационных испытаний;
- выявление конструктивных особенностей автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания;
- установление основных показателей автобусов ISUZU с различными системами питания;
- разработка рекомендаций по эксплуатационным испытаниям.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является автобус ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания. Предметом исследования является процесс расходования топлива автобусом, связанный с особенностями эксплуатации автобуса на различных видах топлива.

Методы и методология исследования. Проведены теоретические исследования, с использованием математического аппарата регрессионного анализа, реализованного на ЭВМ, выполнены эксплуатационные испытания.

Научная новизна исследования. Разработана методика сбора и обработки первичной информации, выявлены особенности нормирования расхода топлива автобусов с различными системами питания.

Практическая значимость и внедрение результатов исследования. Практическая ценность работы заключается в разработке методического подхода определения расхода топлива автобусом, связанный с особенностями эксплуатации автобуса с дизельной, газодизельной и газовой системами питания, а так же, в применении рекомендаций по разработке маршрутных нормативов расхода газового топлива для автобусов.

Структура и состав работы. Выявление и изучение проблем, связанных с испытаниями автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания, проведение теоретических и экспериментальных научных исследований по выбранной тематике. Углубленный анализ литературных и электронных информационных источников и документов, содержащих результаты ранее выполненных работ по данной тематике. Проведение теоретического исследования и эксплуатационных испытаний автобусов с дизельной, газодизельной и газовой системами питания. Обобщенный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, разработка конкретных рекомендаций.

Краткая обобщенная формулировка выводов и предложений. Проведенное теоретическое и экспериментальное исследование автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания позволило выявить особенности нормирования расхода топлива для автобусов с различными системами питания, а также разработать и предложить рекомендации по методическому подходу для определения маршрутных нормативов.

Научный руководитель _____ д.т.н., проф. Б.И.Базаров

Студент магистратуры _____ А.А.Рахимов

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC
UZBEKISTAN

TASHKENT AUTOMOBILE AND ROAD INSTITUTE

Faculty: Automobile transport
maintenance

Graduate student:
Rakhimov Askar Akbarovich

Department: Autotractor engines and
transport ecology

Research supervisor: prof. Bazarov
Bakhtiyor Imamovich

Academic year: 2012-2013

Specialty: 5A310605 – "Test and
operation of internal combustion engines"

ABSTRACT THESIS graduate

"Performance tests ISUZU buses with diesel, gas diesel and gas power systems"

Relevance of the topic. The consumption of natural resources in the form of hydrocarbon fuels in transport is increasing steadily, growing number of vehicles, and the products of combustion of motor fuels that contaminate the environment. In this situation, switching to lower-cost alternative fuels, its characteristics do not yield a liquid fuel is one of the options to reduce operating costs and reduce harmful emissions.

Most commercially available alternative fuel for road transport in Uzbekistan is natural gas. Operating efficiency gas buses is inextricably linked with the rationing of fuel and energy resources. Studying the process of spending and create routing rules, leading to lower operating costs, improve the environment and increase the use of natural gas in public transport.

Purpose and objectives. The aim of the study is to improve the efficiency of ISUZU buses with diesel, gas diesel and gas supply systems

through the development of a methodological approach for determining the route of standards, which will lead to a reduction in fuel costs. To achieve this goal it is necessary to solve the following problems:

- analysis of existing methods of performance testing;
- identify design features ISUZU buses with diesel, gas diesel and gas supply systems;
- basic indicators ISUZU buses with different power supply systems;
- develop recommendations on performance testing.

An object of the study. The study is a bus ISUZU with diesel, gas diesel and gas supply systems. The subject of research is the process spent fuel bus connected to the bus is being operated with different fuels.

Methods and methodology. Theoretical research, using mathematical tools of regression analysis, implemented on a computer, are made operational tests.

Scientific novelty of the research. The method for the collection and processing of primary information, the peculiarities of rationing fuel buses with different power systems.

The practical significance and implementation of the results. The practical value of this work is to develop a methodological approach determining the fuel consumption by bus, connected to the bus is being operated with diesel, gas diesel and gas power systems, as well as in the application of recommendations for the development of standards-route gas fuel consumption for buses.

The structure and composition of the work. Identify and explore issues related to testing ISUZU buses with diesel, gas diesel and gas supply systems, theoretical and experimental research on selected topics. In-depth analysis of the literature and electronic information sources and documents containing the results of earlier work on the subject. The theoretical study and field test buses with diesel, gas diesel and gas supply systems. The pooled analysis of the results

of theoretical and experimental studies, the development of specific recommendations

Brief generalized formulation of conclusions and recommendations.

The theoretical and experimental study of ISUZU buses with diesel, gas diesel and gas power systems has revealed features of rationing fuel for buses with different power supply systems, and to develop and make recommendations on a methodical approach to determine the routing regulations.

Research supervisor _____ prof. B.I.Bazarov

Graduate student _____ A.A.Rahimov

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Глава 1. Анализ выполненных работ. Современное состояние.	
Выбор цели и задач исследований	15
1.1. Конструктивные особенности автобусов с различными системами питания	15
1.2. Эксплуатационные показатели автобусов ISUZU с различными системами питания	25
Выводы по главе 1	34
Глава 2. Теоретическое исследование автобусов ISUZU с различными системами питания	35
2.1. Методика исследования	35
2.2. Тепловой расчет дизеля с различными системами питания	38
Выводы по главе 2	49
Глава 3. Экспериментальное исследование эксплуатационных показателей автобусов ISUZU с различными системами питания	50
3.1. Объект испытаний	50
3.2. Методика проведения испытаний	53
3.3. Обработка экспериментальных данных	56
Выводы по главе 3	60
Общие выводы и рекомендации	61
Список использованной литературы	62
Приложения	70

Введение

«Определяя важнейшие направления и приоритеты экономической программы развития Узбекистана на 2013 год, прежде всего мы исходим из рубежей, достигнутых в экономике за истекший период, долгосрочных целей на перспективу, а также той реальной и прогнозируемой ситуации, которая складывается на мировом рынке.

Сегодня надо признать, что, несмотря на все антикризисные программы и предпринимаемые меры по сдерживанию и нейтрализации продолжающегося глобального финансово-экономического кризиса и его последствий, положение дел, к сожалению, не улучшается, а по некоторым параметрам имеет тенденцию к ухудшению.

Практически остаются нерешенными проблемы государственного долга и дефицитов национальных бюджетов во многих ведущих странах мира, имеет место стагнация производства в реальной экономике, продолжается сокращение спроса на мировом рынке, сохраняется высокая безработица, углубляется социальная напряженность.

Серьезные проблемы возникают в финансово-банковской системе в связи с ростом неплатежеспособности заемщиков, их несостоятельностью обслуживать и рассчитываться по кредитам, растут объемы невозвратных кредитов.

Многие авторитетные международные аналитические центры и эксперты выражают серьезную озабоченность в связи с продолжающимся печатанием центральными банками крупнейших мировых держав практически необеспеченных реальными активами денежных средств, а также неконтролируемым выпуском производных финансовых инструментов – деривативов.

Продолжение такой политики по накачиванию финансового и банковского рынка излишней ликвидностью несет в себе большие риски образования огромных спекулятивных «пузырей», обесценивания резервных и национальных валют, роста неуправляемой инфляции.

Сегодня становится все более очевидным, что глубинные процессы, породившие глобальный кризис, не могут быть решены только за счет ремонта старых инструментариев и принципов.

Растущие требования времени диктуют необходимость выработки на многосторонней основе новой структуры и механизмов контроля и регулирования мировой финансовой и банковской системы.

В этих непростых условиях особое принципиально важное значение приобретает учет воздействия на экономику Узбекистана в 2013 году и ближайшей перспективе всех рисков и последствий продолжающегося глобального кризиса.

И в первую очередь необходимо еще раз вернуться к тому трудному опыту антикризисной борьбы, который мы накопили за истекшие годы, мобилизовать созданный потенциал, имеющиеся ресурсы и возможности, чтобы не потерять набранные нами темпы развития, реформирования и обновления страны.

Исходя из этого, важнейшим мобилизующим приоритетом на 2013 год должны стать сохранение устойчивых высоких темпов роста, макроэкономической стабильности и повышение конкурентоспособности нашей экономики.

На текущий год ставится задача обеспечить рост экономики страны на 8 процентов, прежде всего за счет дальнейшего роста промышленности на 8,4 процента, сельского хозяйства – на 6 процентов, роста инвестиций в основной капитал – на 11 процентов, сферы услуг – почти на 16 процентов и доведение ее доли в ВВП до 53 процентов.

Основным источником достижения поставленных целей должно стать опережающее развитие высокотехнологичных отраслей промышленности, обеспечивающих прирост продукции с высокой добавленной стоимостью, таких как химическая, нефтегазовая и нефтехимическая промышленность, машиностроение и металлообработка,

промышленность строительных материалов, легкая, пищевая промышленность и другие.

Уважаемые друзья!

Центральное место в реализации нашей программы на 2013 год и на ближайшую перспективу должен занять приоритет по ускорению и расширению масштабов модернизации, технического и технологического обновления экономики и ведущих ее отраслей, диверсификации производства» [6].

Актуальность темы. Потребление природных ресурсов в виде углеводородных топлив на транспорте неуклонно увеличивается, растет численность подвижного состава, а продукты сгорания моторных топлив приводят к загрязнению окружающей среды. В данной ситуации переход на более дешевые альтернативные виды топлива, по своим характеристикам не уступающим жидким моторным топливам, является одним из вариантов снижения эксплуатационных затрат и уменьшения вредных выбросов.

Наиболее доступным коммерческим альтернативным топливом для автомобильного транспорта в Узбекистане является природный газ. Эффективность эксплуатации газовых автобусов неразрывно связана с системой нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов. Изучение процесса расходования и создания маршрутных норм, ведет к снижению эксплуатационных затрат, улучшению экологической обстановки и расширению использования природного газа в сфере общественного транспорта.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является автобус ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания. Предметом исследования является процесс расходования топлива автобусом, связанный с особенностями эксплуатации автобуса на различных видах топлива.

Цель и задачи работы. Целью исследования является повышение эффективности использования автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания за счет разработки методического подхода для определения маршрутных нормативов, что приведет к снижению затрат на топливо. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ существующих методов эксплуатационных испытаний;
- выявление конструктивных особенностей автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания;
- установление основных показателей автобусов ISUZU с различными системами питания;
- разработка рекомендаций по эксплуатационным испытаниям.

Краткий анализ литературы по тематике. На долю нефти в совокупном мировом энергопотреблении приходится около 40 %, и эта цифра, по прогнозам экспертов, будет снижаться в течение ближайших 20 лет. Это объясняется тем, что часть производства будет переводиться на природный газ и альтернативные виды топлива.

Начиная с 1990-х годов, экспертами серьезно рассматривалось внедрение альтернативных источников энергии в развитых странах.

Анализ приведенных материалов позволяет сделать вывод, что наиболее активно развивающимся направлением в энергетике, среди альтернативных видов топлива, является природный газ. По прогнозам в будущем нас ожидает практически двукратное увеличение доли данного альтернативного вида топлива в мировом энергопотреблении.

Одним из направлений, расширяющих потребление газа в качестве топлива, является использование его на транспорте, в том числе и автомобильном.

В настоящее время выполнение программы по улучшению структуры топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) происходит за счет снижения доли используемых энергоносителей нефтяного происхождения.

В современных условиях применение альтернативных моторных топлив вместо стандартных жидких нефтяного происхождения обусловлено такими факторами, как наличие ресурсов, удовлетворение технико-экономических и экологических требований, безопасность, безвредность, удобство и стоимость эксплуатации.

Замещение дизельного топлива альтернативными видами топлива должно проводиться с учетом указанных выше особенностей их использования.

Более 5 миллионов автомобилей в мире работают на природном газе. Около 94 % из них – это легковые автомобили, 3,3 % – автобусы и 2,6 % – грузовые автомобили.

Однако эти цифры каждый год существенно меняются – доля автобусов в общем европейском парке газомоторных автомобилей в мае 2004 года составляла 6 %, в мае 2005 года – 7 %, а в мае 2006 года – уже 8%.

Использование автобусов на природном газе позволяет существенно снизить уровень загрязнения в городах. Они стоят дороже дизельных автобусов, однако с ростом производства эта разница уменьшается. Кроме того, если учитывать уменьшение экологических отчислений и то, что природный газ стоит гораздо дешевле дизельного топлива, издержки практически совпадают.

В Западной Европе быстрый рост числа газомоторных автобусов является фактом и устойчивой тенденцией. В некоторых странах их число растет в процентном отношении даже быстрее, чем количество легковых автомобилей. Из 1382 автобусов, проданных в Италии в 2005 году, 620 работают на метане. Во Франции уже эксплуатируется 2000 автобусов на природном газе, и каждый третий новый автобус оказывается газомоторным. Странами, со схожими показателями темпов роста численности газовых автобусов являются Италия, Швеция, Германия и Португалия. В Норвегии, Финляндии, Словакии, Македонии и в

Лихтенштейне автобусов, работающих на природном газе больше, чем газомоторных легковых автомобилей.

Методы и методология исследования. Проведены теоретические исследования, с использованием математического аппарата регрессионного анализа, реализованного на ЭВМ, выполнены эксплуатационные испытания.

Практическая значимость и внедрение результатов исследования. Практическая ценность работы заключается в разработке методического подхода определения расхода топлива автобусом, связанный с особенностями эксплуатации автобуса с дизельной, газодизельной и газовой системами питания, а так же, в применении рекомендаций по разработке маршрутных нормативов расхода газового топлива для автобусов.

Научная новизна исследования. Разработана методика сбора и обработки первичной информации, выявлены особенности нормирования расхода топлива автобусов с различными системами питания.

Структура и состав работы. Выявление и изучение проблем, связанных с испытаниями автобусов ISUZU с дизельной, газодизельной и газовой системами питания, проведение теоретических и экспериментальных научных исследований по выбранной тематике. Углубленный анализ литературных и электронных информационных источников и документов, содержащих результаты ранее выполненных работ по данной тематике. Проведение теоретического исследования и эксплуатационных испытаний автобусов с дизельной, газодизельной и газовой системами питания. Обобщенный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, разработка конкретных рекомендаций.

Глава 1. Анализ выполненных работ. Современное состояние.

Выбор цели и задач исследований

1.1. Конструктивные особенности автобусов с различными системами питания

Основное отличие газового автобуса от дизельного прототипа заключается в полной замене одной системы питания на другую. В случае переоборудования автобуса из дизельного в газовый, с него демонтируются топливные баки и вся система подачи дизельного топлива. Вместо этого устанавливаются газовые баллоны, монтируется система газовых магистралей высокого и низкого давления, система дозирования газового топлива, система зажигания. При этом в зависимости от конструктивных особенностей двигателей, и в первую очередь, наличия турбонагнетателя различаются и рабочие процессы в двигателе.

В газовом двигателе с искровым зажиганием, работающем по концепции "стехиометрического состава смеси", достигается достаточно высокая удельная мощность. Однако в сравнении с дизелем и газовым двигателем работающем на "бедных составах смеси" существенно повышаются тепловые нагрузки на детали двигателя, что приводит к необходимости пересмотра конструкции и материалов ряда деталей базового дизеля. Одновременно с этим значительно возрастает содержание оксидов азота NOx в отработавших газах, для снижения которых "стехиометрические" газовые двигатели в обязательном порядке комплектуются трехкомпонентными нейтрализаторами ОГ.

В газовом двигателе работающим на "бедных составах смеси" уровень тепловых нагрузок на основные детали двигателя не превышают уровня тепловых нагрузок базового дизеля, а на некоторых режимах (при работе на $\alpha=1,5\dots 1,7$ на режимах полной нагрузки), даже оказываются несколько ниже.

Конструктивно, газовый двигатель проектируют на основе дизельного прототипа. Основная конструктивная особенность – это замена

дизельных форсунок свечами зажигания и доработка поршней и головок с целью уменьшения степени сжатия до 12...13 единиц (рис. 1.1).

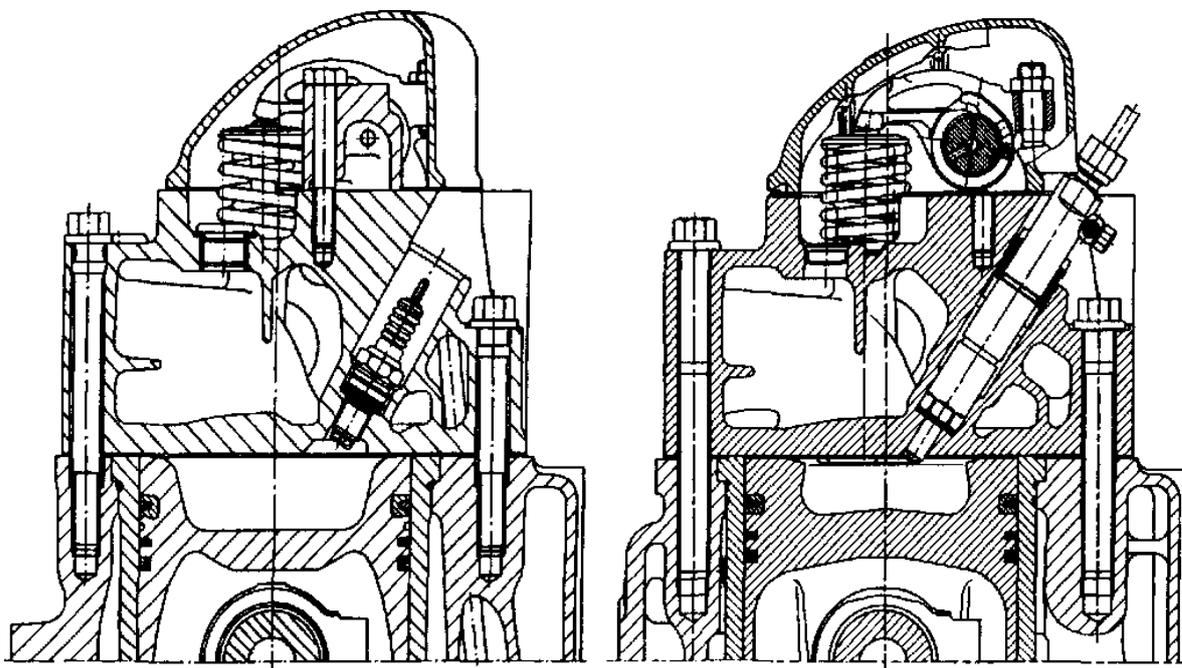


Рис. 1.1. Пример газового двигателя (слева) и дизельного прототипа (справа)

Системы питания газовых автобусов по конструктивной сложности можно, условно, разделить на четыре поколения. По аналогии с бензиновыми автомобилями, основным признаком деления может выступать способ дозирования и подачи газового топлива в цилиндры двигателя.

Системы питания I-го поколения это традиционные системы со смесителем газа (эжекционные системы, трехступенчатый редуктор низкого давления), принадлежат к самым простым решениям – они не требуют сложной электроники, не считая блока открывающего электромагнитный клапан в магистрали высокого давления и системы зажигания. Основными ее элементами являются обычный трехступенчатый редуктор и смеситель газа. Редуктор может быть вакуумным или электронным.

Окончательная регулировка количества газа, поступающего в двигатель, выполняется с помощью механического дозатора с винтом (регистра газа). Схема газовой системы питания I-го поколения показана на рис. 1.2.

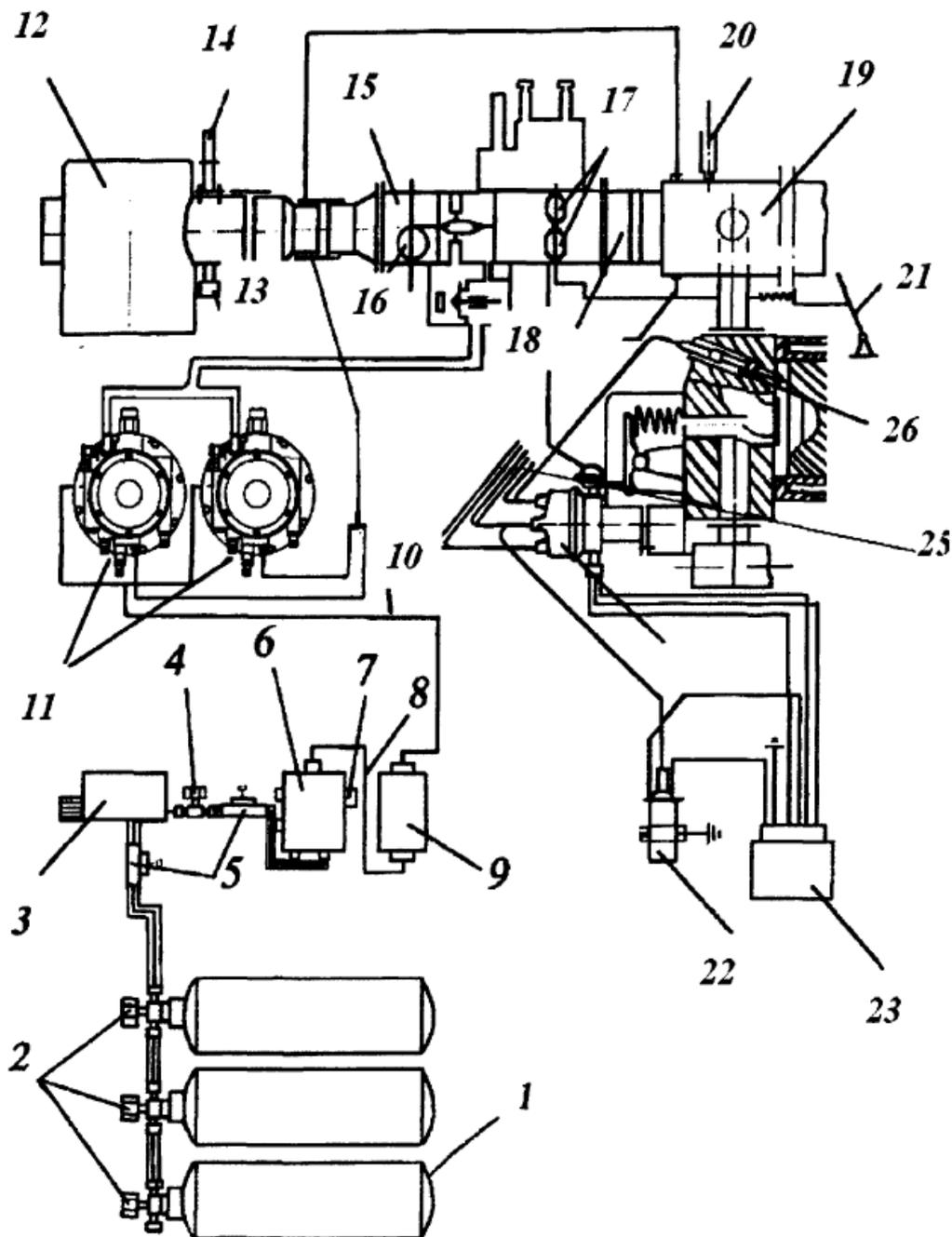


Рис.1.2. Схема газовой системы питания I-го поколения на примере автобуса Икарус-280 двигателя RABA-MAN D2156 H6MU с искровым зажиганием: 1 – кассета металлопластиковых баллонов; 2 – вентили баллонные «САГА-7»; 3 – заправочный вентиль с узлом заправки газом «САГА-7»; 4 – расходный вентиль «САГА-7»; 5 – датчик контроля «САГА-7»; 6 – расходный вентиль «САГА-7»; 7 – датчик контроля «САГА-7»; 8 – расходный вентиль «САГА-7»; 9 – датчик контроля «САГА-7»; 10 – расходный вентиль «САГА-7»; 11 – датчик контроля «САГА-7»; 12 – расходный вентиль «САГА-7»; 13 – датчик контроля «САГА-7»; 14 – расходный вентиль «САГА-7»; 15 – датчик контроля «САГА-7»; 16 – расходный вентиль «САГА-7»; 17 – датчик контроля «САГА-7»; 18 – расходный вентиль «САГА-7»; 19 – датчик контроля «САГА-7»; 20 – расходный вентиль «САГА-7»; 21 – двигатель; 22 – датчик контроля «САГА-7»; 23 – расходный вентиль «САГА-7».

газовой среды «САГА-7»; 6 – электромагнитный клапан «САГА-7»; 7 – манометр для измерения давления газа в баллонах «САГА-7»; 8 – стальная магистральная трубка; 9 – газовый редуктор высокого давления «САГА-7»; 10 – газовая магистраль подачи газа к двухступенчатым редукторам низкого давления; 11 – двухступенчатый редуктор низкого давления; 12 – воздушный фильтр двигателя; 13 – датчик загрязненности воздушного фильтра; 14 – патрубок отбора воздуха компрессором пневмосистемы автобуса; 15 – смеситель газа с главной дозирующей системой, обратным клапаном, системой холостого хода; 16 – воздушная заслонка; 17 – дроссельная заслонка; 18 – переходник для установки смесителя газа на впускной коллектор; 19 – впускной коллектор; 20 – заглушка; 21 – рычажно-механический привод дроссельных заслонок; 22 – катушка зажигания; 23 – транзисторный коммутатор; 24 – бесконтактный датчик-распределитель с центробежным и вакуумным автоматами изменения угла опережения зажигания; 25 – высоковольтные провода на свечи зажигания; 26 – свеча зажигания

Системы питания II-го поколения – традиционные устройства со смесителем газа, эжекционной системой, трехступенчатым газовым редуктором. Дополнительно оснащаются дозаторами газа, связанными с электронными устройствами, управляющими количеством газа, подаваемого в двигатель, и взаимодействующими с лямбда-зондом, датчиком положения дроссельной заслонкой и т.д. Схема данной системы питания представлена на рисунке 1.3.

Важнейшим элементом, обеспечивающим газоздушную смесь заданного состава, является дозатор, изменяющий свое рабочее сечение с помощью электрического сигнала, (шаговым двигателем), поступающего с электронного блока управления, взаимодействующего с лямбда-зондом. ЭБУ позволяет точно управлять количеством подаваемого газа.

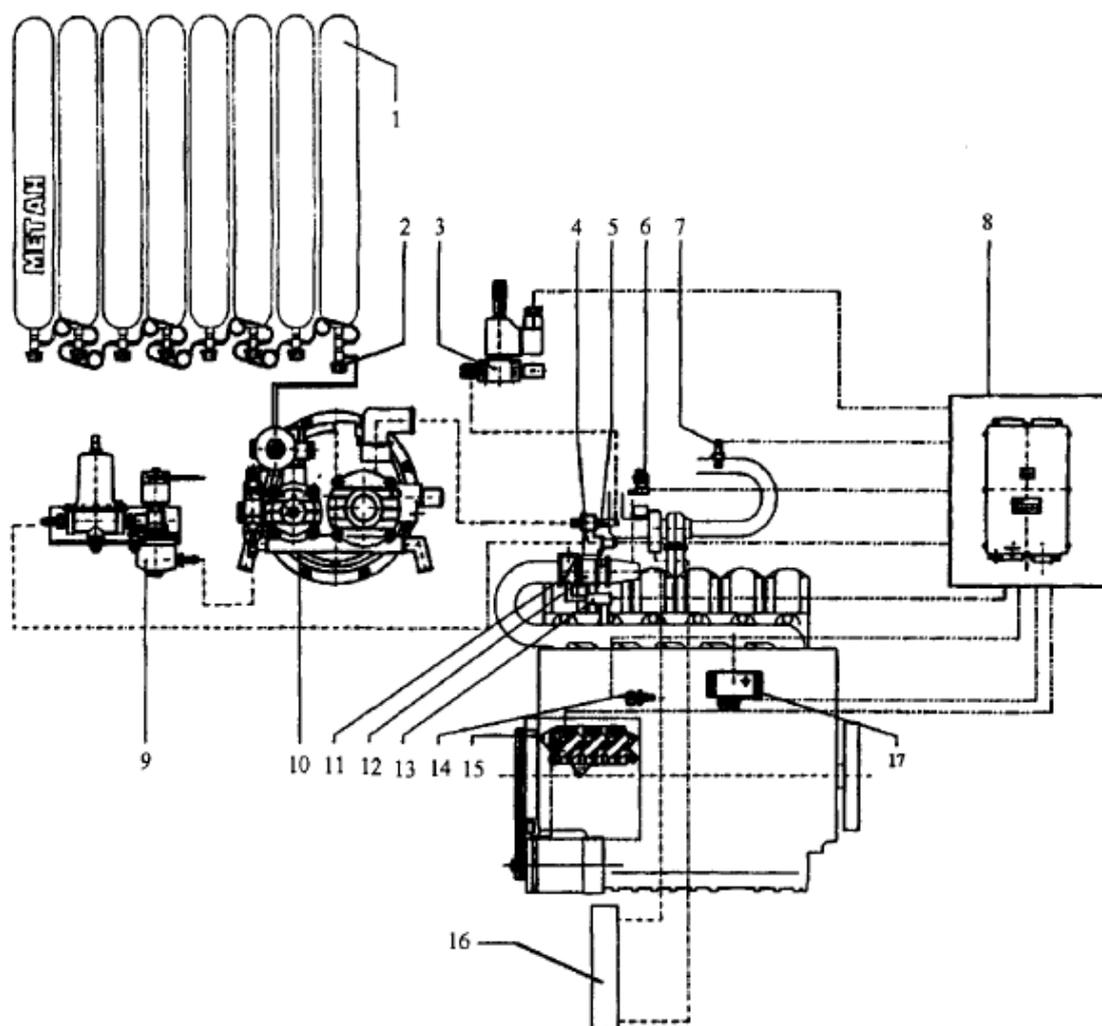


Рис. 1.3. Схема газовой системы питания II-го поколения на примере автобуса Икарус-280 двигателя RABA-G10 с системой управления Deltec Fuel System: 1 – кассета газовых баллонов высокого давления; 2 – топливоподающая арматура; 3 – 3-х выводной электрический пневмоклапан; 4 – дозатор газа с шаговым электродвигателем; 5 – пневмоклапан; 6 – клапан контроля давления наддува; 7 – кислородный датчик (лямбда-зонд); 8 – электронный блок управления (ЭБУ); 9 – редуктор холостого хода совместно с клапаном холостого хода; 10 – 3-х ступенчатый редуктор газа; 11 – блок дроссельной заслонки (с датчиком положения дроссельной заслонки TPS); 12 – газовый смеситель; 13 – клапан дозатор холостого хода; 14 – датчик температуры входящего воздуха (MAT); 15 – блок зажигания; 16 – радиатор охлаждения

нагнетаемого воздуха (интеркуллер); 17 – датчик разряжения впускного коллектора (MAP)

Наиболее предпочтительным местом расположения дозатора, управляющего количеством газа, подаваемого в двигатель, может быть газовый патрубок, подводящий газ из редуктора к газовому смесителю, либо непосредственно на газовом смесителе. Дозатор управляет потоком газа во время работы двигателя во всем диапазоне, согласно заложенной в ЭБУ программе, используя сигнал от лямбда-зонда, чтобы газоздушная рабочая смесь, поступающая в двигатель, имела состав, близкий к стехиометрическому (в случае атмосферных двигателей), и обедненную смесь на наддувных двигателях.

Такое решение обеспечивает оптимальную и долговечную работу нейтрализатора, и гарантирует выполнение требований к выбросу выхлопных газов.

Системы питания III-го поколения – системы, которые характеризует центральная подача газа, регулировка которой осуществляется при помощи дозирующего устройства имеющим одноуровневое управление порцией газа – точечное, центральное (газовый моноточетный впрыск). Такие системы так же оснащаются микропроцессорным управлением (рис. 1.4).

Системы III-го поколения имеют в качестве дозирующего элемента газовую форсунку, подающую газ непосредственно во впускной коллектор, то есть в системах III-го поколения используется центральный впрыск газового топлива с возможностью последующей разводки его потоков по цилиндрам. К этим системам, например, можно отнести систему DGI.

Основное отличие систем IV-го поколения – это управление дозированием газа при помощи электромагнитных клапанов – форсунок. Подача газа при этом может осуществляться как отдельно по цилиндрам

двигателя, так и центрально. Пример системы IV-го поколения показан на рис. 1.5.

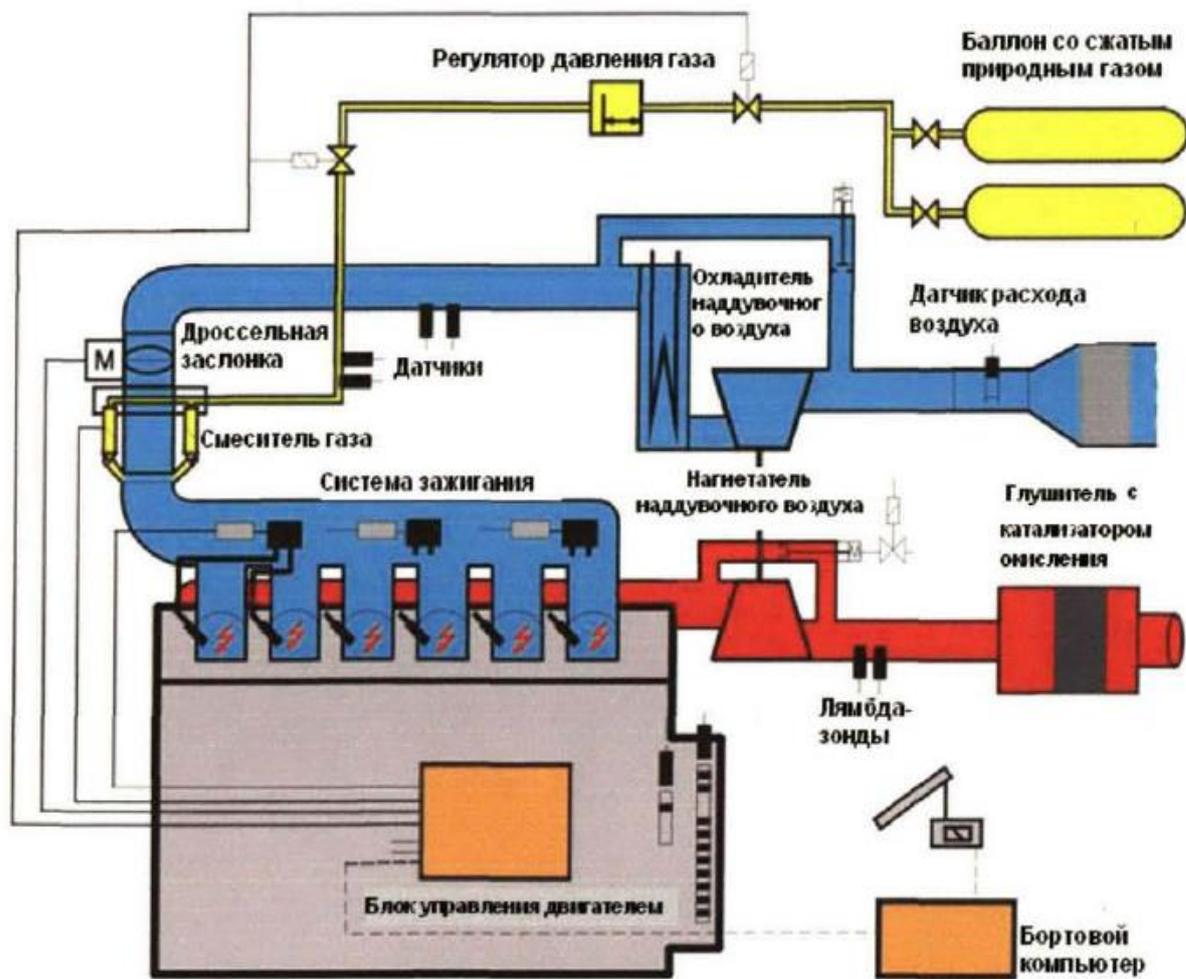


Рис.1.4. Схема газовой системы питания III-го поколения на примере двигателя MAN E2876 LUH01.

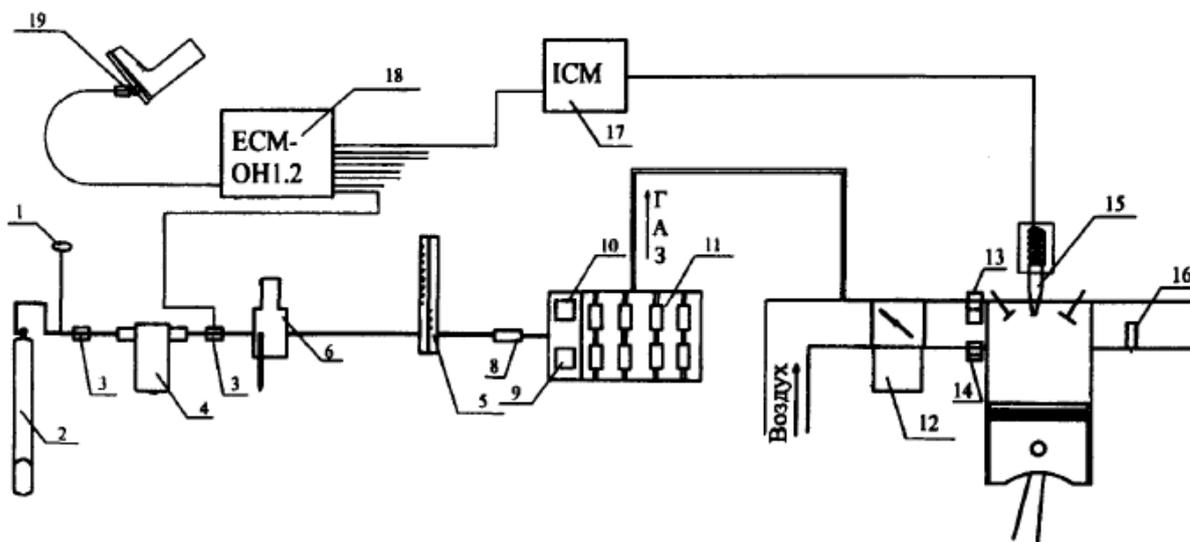


Рис. 1.5. Схема газовой системы питания IV-го поколения на примере автобуса Икарус-280 двигателя RABA-G10 с системой управления WOODWARD OH 1.2: 1 – заправочное устройство; 2 – кассета газовых баллонов; 3 – клапан высокого давления; 4 – газовый фильтр; 5 – теплообменник (подогрев газа); 6 – редуктор; 8 – клапан низкого давления; 9 – датчик давления газа (NGP); 10 – датчик температуры газа (NGT); 11 – дозирующий клапан (8 форсунок); 12 – блок дроссельной заслонки; 13 – MAT (датчик температуры впускного коллектора); 14 – MAP (датчик давления впускного коллектора); 15 – свеча зажигания; 16 – кислородный датчик; 17 – блок зажигания; 18 - электронный блок управления; 19 – датчик положения педали акселератора

Отличительной особенностью систем IV-го поколения является наличие электрически управляемых клапанов – форсунок (рис. 1.5, поз.11), при помощи которых осуществляется дозирование. Данные системы являются логическим продолжением систем III-го поколения: в них присутствует микропроцессорное устройство управления – ЭБУ, комплекс датчиков и исполнительных устройств, позволяющих контролировать работу двигателя согласно программе, заложенной в ЭБУ. Для систем IV-го поколения характерно наличие газового редуктора с меньшим количеством ступеней, чем в I, II-м поколениях: две или, даже,

одна. Это связано с тем, что дозирующие форсунки работают на избыточном давлении газа (0,6...0,8 МПа), и для получения такого давления достаточно двух или даже одной ступени газового редуктора.

Существуют два вида систем IV-го поколения: распределенная подача газа к каждому цилиндру двигателя и центральная подача газа в смесительное устройство. Зарубежные разработчики газотопливных систем автобусов в большинстве своем проектируют системы IV-го поколения с центральной подачей газа. Это вызвано слабой диффузионной способностью природного газа (плохая смешиваемость с воздухом), а также соображениями унификации: впускной коллектор газового автобуса и дизельного прототипа в этом случае одинаковы. Отечественные разработчики газовых систем, как правило, склонны к созданию распределенной подачи газа, индивидуально, для каждого цилиндра двигателя. В этом случае приходится заново проектировать впускной коллектор и решать целый комплекс сопутствующих вопросов при проектировании систем IV-го поколения.

Особенностью систем III и IV-го поколения является отсутствие обособленной системы холостого хода, которые имеются в системах предыдущих поколений. Это связано с тем, что при дозировании газа электромагнитными клапанами можно добиться необходимой точности во всем диапазоне нагрузок, от холостого хода до номинальной нагрузки. Подача воздуха при этом регулируется дроссельной заслонкой, через шаговый двигатель, который, в свою очередь, управляется через ЭБУ.

Наряду с совершенствованием систем управления двигателями газовых автобусов, продолжают развиваться газодизельные системы. Опыт эксплуатации газодизельных транспортных средств в автобусных парках в середине 90-х годов прошлого века показал неэффективность работы механических систем газодизельных автобусов, неудовлетворительные экологические характеристики, низкую надежность и ремонтпригодность. Однако, на сегодняшний день, существуют

разработки топливных систем с непосредственной подачей газа в цилиндры двигателя и работающих в газодизельном режиме (рис. 1.6).

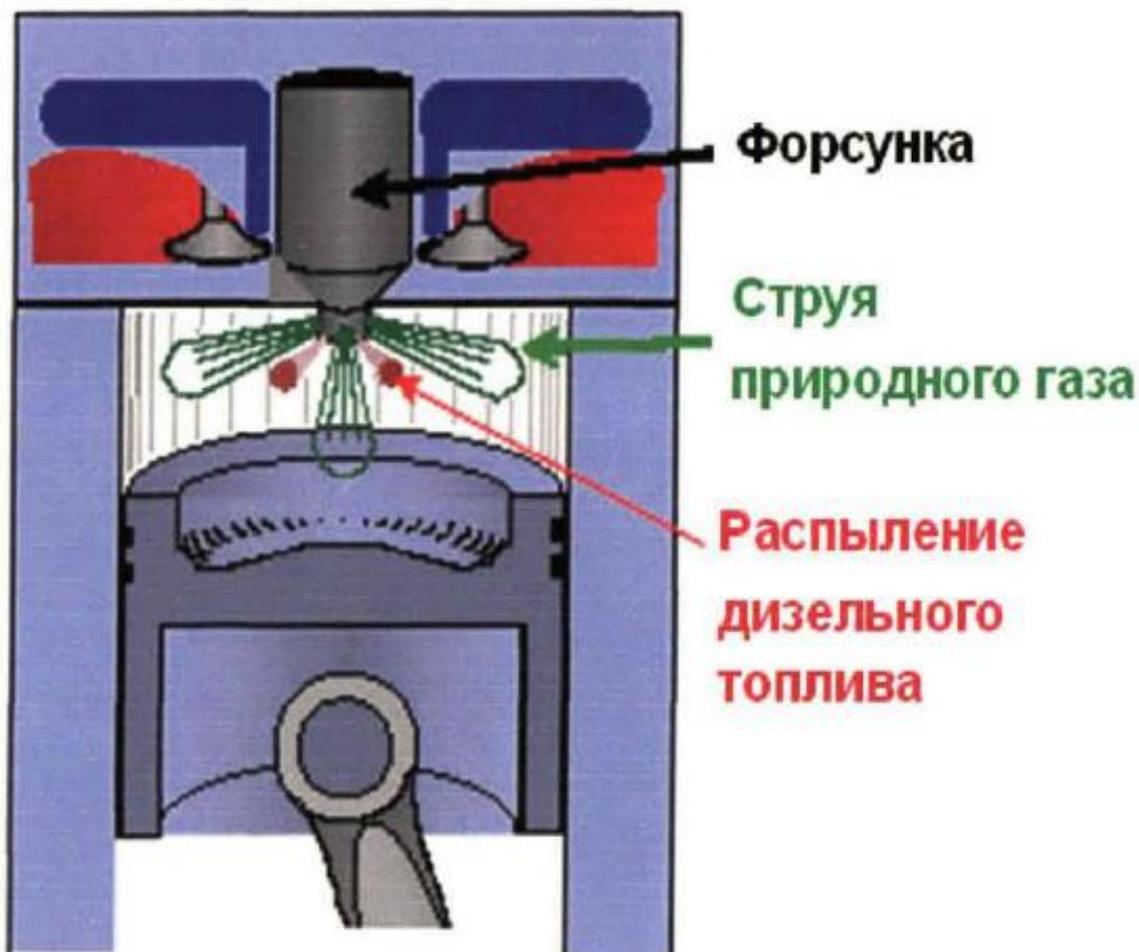


Рис. 1.6. Проект газодизельного двигателя фирм MAN и Westport с технологией HPDI

Технология HPDI, разработкой которой занимаются фирмы MAN и Westport, представляет собой непосредственный впрыск газа и дизельного топлива под высоким давлением. Такой подход позволяет добиться очень высокого замещения дизельного топлива газом, до 95 % (в то время как механические системы достигали лишь 40...70 % замещения), одинаковых тяговых и мощностных характеристик с дизельным прототипом, более лучших экологических характеристик, высокий КПД, рабочий процесс по типу дизеля.

При этом возникает необходимость в разработке полностью новой системы подачи газа, микропроцессорной системы управления и алгоритмов управления работой двигателя.

1.2. Эксплуатационные показатели автобусов ISUZU с различными системами питания

В отечественной практике сложилась общепринятая система технико-эксплуатационных показателей (ТЭП), характеризующих использование подвижного состава автомобильного транспорта. Для анализа и планирования работы автотранспортного предприятия (АТП) в целом или отдельных групп подвижного состава применяют зависимости, учитывающие влияние условий эксплуатации на значения отдельных ТЭП, а также связывающие отдельные ТЭП между собой. Применение таких зависимостей, в частности, позволяет:

- сравнивать эффективность работы подвижного состава в различные периоды времени и уровень организации использования парка в разных АТП;
- определять тип и число единиц подвижного состава, необходимого для выполнения заданной транспортной работы;
- прогнозировать в натуральном и стоимостном выражении результаты использования подвижного состава в различных эксплуатационных условиях.

Технико-эксплуатационные показатели подразделяют на следующие основные группы:

- показатели численности и использования парка;
- показатели, характеризующие выработку и производительность автотранспортных средств в натуральном выражении;
- экономические показатели.

Парком принято называть объединенную по каким-либо признакам группу подвижного состава (например, парк пассажирского или грузового АТП).

Списочный парк предприятия A_c – это общее количество подвижного и прицепного состава, находящееся в распоряжении АТП и числящееся на балансе. Списочный парк предприятия состоит из ходового парка A_x , т.е. технически исправных единиц подвижного состава и годных к выполнению перевозок, и единиц подвижного состава, находящихся в ремонте, ожидающих технического обслуживания (ТО) или ремонта A_p :

$$A_c = A_x + A_p.$$

Ходовой парк включает в себя подвижной состав, находящийся в эксплуатации, $A_э$ и подвижной состав, готовый к эксплуатации, но простаивающий по различным организационным причинам (отсутствие груза и временное прекращение работы на линии, недостаток водителей и т.п.), $A_п$:

$$A_x = A_э + A_п.$$

В результате списочный парк

$$A_c = A_э + A_п + A_p.$$

Один календарный день, в течение которого автотранспортное средство находится в распоряжении предприятия, принято называть автомобиледнем (АД) в хозяйстве. Аналогично этому используют понятия автомобиледней в ремонте, автомобиледней в технически исправном состоянии и т.д. Автомобиледни определяются произведением числа

автомобилей на соответствующее число дней нахождения их в АТП. По аналогии с выражением для парка подвижного состава

$$A_{Дс} = A_{Дэ} + A_{Дп} + A_{Др}.$$

Списочный парк подвижного состава АТП не остается постоянным по числу и составу в течение планируемого периода D_k (месяц, квартал, год) вследствие списания, пополнения или частичной передачи его другим предприятиям. Поэтому рассчитывается среднесписочный парк подвижного состава $A_{сс}$, определяемый по типам и моделям на основании сведений об изменении парка заданный период.

Техническая готовность парка подвижного состава к работе оценивается коэффициентом технической готовности α_T , показывающим, какая часть подвижного состава из списочного числа находится в технически исправном состоянии и может быть использована для перевозки грузов или пассажиров.

Значение коэффициента технической готовности определяется следующим образом:

для парка подвижного состава за один рабочий день

$$\alpha_T = \frac{A_x}{A_c}.$$

При определении коэффициента технической готовности парка АТП число дней простоя в ремонте рассчитывают с учетом простоя подвижного состава во всех видах ТО и ремонта, которые требуют снятия подвижного состава с линии. Простой по другим причинам (отсутствие работы, водителей, эксплуатационных материалов и т.п.) на коэффициент технической готовности не влияет.

Коэффициент технической готовности парка во многом зависит от организации работы технической службы АТП, условий эксплуатации, технического состояния подвижного состава и мастерства водителей. Обычно $\alpha_T=0,75\dots 0,9$. Коэффициент технической готовности парка определяют по типам и моделям подвижного состава отдельно.

Использование списочного парка в работе оценивается коэффициентом выпуска подвижного состава на линию α_B , определяемым по следующим формулам:

за период D_k

$$\alpha_B = \frac{A \cdot D_э}{A \cdot D_k - A \cdot D_{HP}}$$

для единицы подвижного состава

$$\alpha_B = \frac{D_э}{D_k - D_{HP}}$$

где $A_{D_{HP}}$ и D_{HP} – соответственно автомобиледни и дни нормированных простоев (выходные, праздничные дни и т.д.).

Коэффициент выпуска подвижного состава на линию зависит от технического состояния парка автомобилей и степени их готовности к работе, четкого планирования перевозок, своевременного снабжения запасными частями и эксплуатационными материалами, укомплектования штата водителей в соответствии с численностью подвижного состава и режимом работы АТП; $\alpha_B=0,75\dots 0,80$. Показателем, характеризующим степень использования парка за календарный период, является коэффициент использования подвижного состава.

Коэффициент использования подвижного состава зависит от организационных факторов: режима работы клиентуры, наличия

подменных водителей, технического состояния подвижного состава АТП, состояния дорог на маршруте, погодных условий и др. Величина α_i составляет 0,65...0,7.

Следует отметить, что фактическое время работы подвижного состава на линиях может не совпадать по величине с запланированным временем работы. Учет использования подвижного состава во времени чрезвычайно важен, так как планируемое время работы подвижного состава на линии не всегда используется полностью (вследствие преждевременного возвращения с линии по технической неисправности, отсутствия работы, позднего выезда на линию или по другим причинам).

При оценке работы подвижного состава и определении степени его использования на линии во времени пользуются коэффициентом использования времени суток ρ , рассчитываемым как отношение автомобилечасов фактической работы на линии $AЧ_{\phi}$ к автомобилечасам, планируемым в зависимости от принятого режима работы подвижного состава на линии, $AЧ_{\Pi}$.

Показатели производительности не отражают в полной мере экономическую эффективность использования подвижного состава. Необходимо провести сравнение подвижного состава выбранных моделей по себестоимости перевозок.

Себестоимость перевозок является обобщающим экономическим показателем, характеризующим эффективность использования той или иной модели подвижного состава в работе. Кроме того, уровень и структура себестоимости представляют собой основу для построения тарифов на перевозки. Фактическая себестоимость перевозок S определяется отношением суммарных расходов S_p , связанных с осуществлением перевозок за определенный период времени, к объему транспортной работы P , выполненной за то же время, сум/(т·км) или сум/пасс·км:

$$S = \frac{S_P}{P}$$

Затраты, связанные с выполнением перевозок, принято группировать следующим образом:

- переменные расходы, зависящие в основном от пробега подвижного состава при выполнении перевозок. К ним относятся затраты на эксплуатационные материалы (топливо, смазочные материалы, специальные жидкости), затраты на восстановление и ремонт шин, затраты на ТО и текущий ремонт подвижного состава, а также амортизационные отчисления на его восстановление. Переменные расходы исчисляются на 1 км пробега автомобиля;
- постоянные расходы, не связанные непосредственно с выполнением конкретной перевозки и не зависящие от показателей; работы подвижного состава на линии. К ним относятся амортизационные отчисления, расходы на содержание зданий и сооружений, хозяйственные расходы, заработная плата административно-управленческого аппарата, различные налоги и сборы. Постоянные затраты исчисляются на 1 ч работы подвижного состава;
- заработная плата водителей, величина которой определяется в зависимости от принятой для данного вида перевозок системы оплаты труда. Размер заработной платы может зависеть от выполненной транспортной работы, отработанного времени или других факторов;
- погрузочно-разгрузочные расходы. К ним относят расходы, связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных работ: заработная плата грузчиков и персонала, обслуживающего погрузочно-разгрузочные механизмы, стоимость ТО и ремонта погрузочно-разгрузочных механизмов;

- дорожные расходы, связанные со строительством, содержанием и ремонтом дорог.

При расчете себестоимости перевозок на автомобильном транспорте учитывают только переменные и постоянные расходы, а также заработную плату водителей, условно отнесенную к постоянным расходам.

Измерителями транспортной работы для грузовых автомобилей являются грузооборот или пробег (в зависимости от формы оплаты перевозочных услуг), для автобусов и маршрутных такси – пассажирооборот, для легковых таксомоторов – платный пробег.

Величина себестоимости транспортной работы для каждого вида перевозок с учетом указанных ранее групп показателей может быть определена по формуле

$$S = \frac{S_{ЗП} + S_{ПОСТ} \cdot T_C + S_{ПЕР} \cdot L}{P}$$

где $S_{ЗП}$ – заработная плата водителей, соответствующая выполненной транспортной работе, сум.; $S_{ПОСТ}$ – постоянные затраты, сум/ч; T_C – суммарное время выполнения данного объема транспортной работы, авто·ч; $S_{ПЕР}$ – переменные затраты, сум/км; L – суммарный пробег автотранспортных средств при выполнении данного объема транспортной работы, км.

Выражая L и P через основные показатели транспортного процесса и условно внося заработную плату водителя в постоянные расходы, получим

$$S = \frac{S_{ПЕР}}{\beta \cdot q \cdot \gamma_d} + \frac{S_{ПОСТ}(l_{ez} + t_{ПР} \cdot \beta \cdot v_T)}{\beta \cdot v_T \cdot q \cdot \gamma_d \cdot l_{ez} \cdot \alpha_{II} \cdot \rho}$$

Анализ полученной формулы показывает, что себестоимость перевозок снижается с увеличением грузоподъемности автотранспортного

средства и коэффициента ее использования, расстояния перевозок, коэффициента использования пробега, технической скорости, коэффициента использования парка подвижного состава и повышается с увеличением времени простоя под погрузкой-разгрузкой.

Один из эффективных путей уменьшения себестоимости перевозок – снижение затрат на ТО и ремонт подвижного состава.

Для удобства расчетов при планировании себестоимости перевозок все виды затрат для каждого типа подвижного состава могут быть нормированы и условно приведены к 1 км пробега. При этом расчетная величина себестоимости перевозок может быть определена по следующим формулам для автобусов и маршрутных такси:

$$S_p = \frac{S}{\beta \cdot q \cdot \gamma_d}$$

Для грузовых автомобилей себестоимость перевозок целесообразно рассчитывать на 1 т груза, сум/т, по каждой модели подвижного состава:

$$S_T = \frac{1}{q \cdot \gamma_d} \cdot \left[\frac{l_{ez}}{\beta} \cdot S_{ПЕР} + S_{ЗИ} + \left[t_{ПП} + \frac{l_{ez}}{\beta \cdot v_T} \right] \cdot S_{ПОСТ} \right].$$

Все расчеты по себестоимости перевозок грузов подвижным составом различных моделей целесообразно свести в таблицы или построить графики, отражающие изменение себестоимости перевозок 1 т груза в зависимости от расстояния перевозок. Следует заметить, что с увеличением расстояния себестоимость перевозок 1 т груза повышается и ее рост сказывается в большей степени для подвижного состава меньшей грузоподъемности

В таблице 1.1 приведены технико-экономические и экологические показатели маршрута «Самарканд – Каттакурган».

Таблица 1.1.
Технико-экономические показатели маршрута
«Самарканд – Каттакурган»

№	Наименование	Ед. изм.	Автобус марки ISUZU			Примечание
			Дизель	Газодизель (30 % ДТ + 70 % ПГ)	Газовый	
1	Протяженность маршрута	км.	70	70	70	
2	Среднее количество пассажиров за один рейс	пасс.	42	42	42	
3	Среднее количество рейсов в году	шт.	762	762	762	
4	Среднегодовой пробег	км.	86010	86010	86010	
5	Расход топлива: – дизельного – природный газ	л/100км м ³ /100км	18 –	6,7 12,6	– 18	
6	Стоимость топлива	сум	1810	1173	900	
7	Себестоимость 1 пасс/км.	сум	38,32	28,53	21,75	
8	Среднегодовой расход топлива - дизельного -природного газа	тонн.	12,8 -	3,8 8,7	- 12,4	
9	Выбросы вредных веществ - оксид углерода - углеводороды - окисли азота - сажа	кг/тонн.	9 20 33 16	2,94 9,09 15,82 4,8	0,34 4,42 8,46 ----	Относительное агрессивность. CO – 1,0 CH – 41,1 NO – 3,16 сажа – 41,5
10	Среднегодовой выброс вредных вещ. - оксид углерода - углеводороды - окисли азота - сажа	кг.	114,5 254,5 419,8 203,6	36,7 113,6 197,6 59,9	4,2 54,8 104,8 ----	
11	Годовой экологический ущерб - оксид углерода - углеводороды - окисли азота - сажа	у.е/год.	97,4 445,4 1049,5 376,6	31,2 198,8 494 110,8	3,6 101,4 262 ----	Стоимость ущерба. CO – 700...1000 CH – 1700...1800 NO-2000...3000 сажа–1800..1900
12	Годовой предотвращенный экологический ущерб - оксид углерода - углеводороды - окисли азота - сажа	у.е/год.	---- ---- ---- ----	66,2 246,6 555,5 265,8	93,8 334 787,5 376,6	
	Всего:		----	1134,1	1591,9	

Выводы по главе 1

1. Констатируя мировую тенденцию снижения запасов жидких топлив, при увеличении численности автомобильного транспорта, необходимо расширять использование альтернативных видов топлива, в том числе и на транспорте.
2. Применение альтернативных топлив на транспорте, существенно отличающихся от традиционных по физико-химическим свойствам, ведет к изменению процессов и зависимостей топливопотребления, что, в свою очередь, ведет к изменению нормативов технической эксплуатации. В наибольшей степени это касается нормирования расхода газового топлива.
3. Одной из важнейших причин разработки и обновления нормативов расхода топлива является увеличение темпов производства новых моделей подвижного состава, а так же усложнение систем управления двигателем и топливоподачей. Все это требует простой и эффективной методики проведения испытаний и нормирования расхода топлива.
4. Новый подход в приборной регистрации позволяет применять как ранее разработанные методы нормирования расхода топлива, так и разрабатывать новые, включающие в себя преимущества применяемых методов. Это позволяет более полно и точно исследовать объект и процессы, связанные с его работой.

Глава 2. Теоретическое исследование автобусов ISUZU с различными системами питания

2.1. Методика исследования

Процесс расходования топлива газовым автобусом является нестабильным во времени, и в значительной степени зависит от комплекса переменных во времени параметров, характеризующих топливную экономичность газового автобуса и условия транспортной работы. Данные параметры можно распределить по группам влияния на топливопотребление автобуса, основными из которых являются:

1. Конструктивные особенности подвижного состава;
2. Техническое состояние;
3. Качество сжатого природного газа (СПГ);
4. Дорожные условия;
5. Условия движения;
6. Метеоусловия;
7. Транспортные условия;
8. Квалификация водителя.

В работах [12, 13, 15] детально рассмотрены как отдельные группы влияния, так и характерные факторы, оказывающие наиболее значимое влияние на расход газа городскими автобусами.

Для практической реализации формирования методики нормирования газового топлива городскими автобусами необходимо регистрировать параметры движения автобуса на реальном маршруте. С одной стороны количество измеряемых параметров должно быть минимально, с целью снижения трудоемкости выполнения замеров, с другой, измеряемые параметры должны быть информативны, для обеспечения достоверности полученных результатов.

Следует отметить, что при проведении замера все измеряемые параметры (факторы) по способу получения делятся на 2 группы:

1. Непрерывные параметры, записанные с шагом Δt ;

2. Параметры, имеющие постоянное значение в пределах каждого интервала.



Рис. 2.1. Алгоритм нормирования расхода топлива



Рис. 2.2. Структурная схема исследовательских работ

2.2. Тепловой расчет дизеля с различными системами питания

Исходные данные:				Дизель	Газодизель (70/30)	Газ
№	Наименование вводимого параметра	Ед.	Обоз.	Знач.	Знач.	Знач.
0 1	Диаметр цилиндра	мм	D	110	110	110
0 2	Номинальная частота вращения кол./вала	мин ⁻¹	n _n	3200	3200	3200
0 3	Степень сжатия	-	ε	19	19	12
0 4	Коэффициент избытка воздуха	-	α	1,4	1,15	1,05
0 5	Отношение хода поршня к диаметру цилиндра	-	S/D	1,08	1,08	1,08
0 6	Число и расположение цилиндров (P,V)	-	I	4	4	4
0 7	Тактность двигателя	-	İ	4	4	4
0 8	Топливо:	-	-	-	-	-
	_содержание углерода	-	C	0,87	0,75	0,75
	_содержание водорода	-	H	0,126	0,25	0,25
	_содержание кислорода	-	O _T	0,004	0	0
	_молекулярная масса топлива	кг/кмоль	m _T	190	16,03	16,03
	_низшая теплота сгорания	кДж/кг	H _u	42500	43400	45500
I. Параметры рабочего тела						
0 9	Постоянная, зависящая от отношения количества H ₂ к CO в продуктах сгорания	-	K	0,50	0,50	0,50
II. Параметры окружающей среды и остаточные газы						

10	Параметры окружающей среды:					
	_ давление	МПа	P_0	0,1	0,1	0,1
	_ температура	$^{\circ}\text{K}$	T_0	298	298	298
11	Приращение температуры подогрева свежего заряда (смеси) в цилиндре двигателя	$^{\circ}\text{C}$	ΔT	15	15	15
12	Давление остаточных газов	МПа	P_r	0,118	0,118	0,118
13	Температура остаточных газов	$^{\circ}\text{K}$	T_r	800	900	900
14	Давление во впускном трубопроводе	МПа	P_k	0,09	0,09	0,09
15	Температура смеси во впускном трубопроводе пока $T_k = T_0$	$^{\circ}\text{K}$	T_k	293	293	293
III. Процесс впуска						
16	Удельная газовая постоянная для воздуха	Дж/(кг* *град)	R_v	287	287	287
17	Суммарный коэффициент, учитывающий гашение скорости и сопротивление впускной системы, отнесенный к сечению в клапане	-	$\beta^2 + \xi$	2,8	2,8	2,8
18	Скорость движения заряда в сечении клапана	м/с	$\omega_{\text{кл}}$	90	90	90
19	Коэффициент очистки	-	$\varphi_{\text{оч}}$	1	1	1
20	Коэффициент дозарядки	-	$\varphi_{\text{доз}}$	1,1	1,1	1,1
IV. Процесс сжатия						
21	Показатель политропы сжатия	-	n_1	1,36	1,36	1,36

V. Процесс сгорания						
22	Коэффициент использования теплоты	-	ξ_z	0,91	0,91	0,91
VI. Процессы расширения и выпуска						
23	Показатель политропы расширения	-	n_2	1,23	1,25	1,25
VII. Индикаторные параметры рабочего цикла						
24	Коэффициент полноты диаграммы	-	$\varphi_{и}$	0,96	0,96	0,96
VIII. Эффективные показатели двигателя						
25	Средняя скорость поршня (при n_N мин ⁻¹)	м/с	$V_{сп}$	12,672	12,672	12,672
	$V'_{сп} = S \cdot n_N / (3 \cdot 10^4)$					
Результаты расчета						
I. Параметры рабочего тела						
Расчет:						
1.1	Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:					
	$l_0 = (1/0,23) \cdot (8/3 \cdot C + 8 \cdot H - O_T)$	кг	l_0	14,452	17,391	17,391
	$L_0 = (1/0,208) \cdot (C/12 + H/4 - O_T/32)$	кмоль	L_0	0,4994	0,6010	0,6010
	*при расчетах содержание O_2 в воздухе принято по объему 20,8 %; по массе - 23 %					
1.2	Действительное количество воздуха, участвующего в сгорании 1 кг топлива при принятом α	кг	$\alpha \cdot l_0$	20,233	20,000	18,261
		кмоль	$\alpha \cdot L_0$	0,6992	0,6911	0,6310

1.3	Суммарное количество свежей смеси:					
	$G_1=1 + \alpha \cdot l_0$	кг	G_1	21,233	21,000	19,261
	или $M_1=1/m_T + \alpha \cdot L_0$	кмоль	M_1	0,7044	0,7535	0,6934
	Количество отдельных компонентов					
1.4	продуктов сгорания (при $K=0,5$), кмоль/кг топл.					
	а) $mCO_2=(C/12)-(2 \cdot (1-\alpha)/(1+K)) \cdot 0,208 \cdot L_0$		mCO_2	0,1279	0,0875	0,0708
	б) $mCO=(2 \cdot (1-\alpha)/(1+K)) \cdot 0,208 \cdot L_0$		mCO	-0,0554	-0,0250	0,0083
	в) $mH_2O=(H/2)-(2 \cdot K \cdot (1-\alpha)/(1+K)) \cdot 0,208 \cdot L_0$		mH_2O	0,0907	0,1375	0,1292
	г) $mH_2=(2 \cdot K \cdot (1-\alpha)/(1+K)) \cdot 0,208 \cdot L_0$		mH_2	-0,0277	-0,0125	0,0042
	д) $mN_2=0,792 \cdot \alpha \cdot L_0$		mN_2	0,5537	0,5474	0,4998
1.5	Суммарное количество продуктов сгорания	кмоль	M_2	0,6892	0,7349	0,6873
	$M_2=mCO_2 + mCO + mH_2O + mH_2 + mN_2$					
	или					
	$M_2=C/12 + H/2 + 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0$		M_2	0,6892	0,7349	0,6873
1.6	Приращение объема	кмоль	ΔM	-0,0152	-0,0186	0,0061
	$\Delta M= M_2 - M_1$					

II. Процесс впуска

Расчет:

2.1	Плотность заряда на впуске в карбюратор $\rho_0 = P_0 \cdot 10^6 / (R_B \cdot T_0)$	кг/м ³	ρ_0	1,169	1,169	1,169
2.2	Плотность заряда на впуске в цилиндр $\rho_k = P_k \cdot 10^6 / (R_B \cdot T_k)$	кг/м ³	ρ_k	1,070	1,070	1,070
2.3	Давление в конце впуска (при P_k) $P_a = P_k - (\beta^2 + \xi) \cdot 0,5 \cdot \omega_{кл}^2 \cdot \rho_k \cdot 10^{-6}$	МПа	P_a	0,078	0,078	0,078
2.4	Коэффициент остаточных газов (при $T_k = T_0$) $\gamma_r = ((T_0 + \Delta T) / T_r) \cdot ((\varphi_{оч} \cdot P_r) / (\varphi_{доз} \cdot \varepsilon \cdot P_a - \varphi_{оч} \cdot P_r))$	-	γ_r	0,031	0,027	0,045
2.5	Температура конца впуска (при $T_k = T_0$; $\varphi = 1$) $T_a = (T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r) / (1 + \gamma_r)$	°К	T_a	327,5	328,5	338,3
2.6	Коэффициент наполнения $\eta_v = (T_0 / (T_0 + \Delta T)) \cdot (1 / (\varepsilon - 1)) \cdot (1 / P_0) \cdot (\varphi_{доз} \cdot \varepsilon \cdot P_a - \varphi_{оч} \cdot P_r)$	-	η_v	0,798	0,798	0,787

III. Процесс сжатия

Расчет:

3.1	Давление в конце сжатия $P_c = P_a \cdot \varepsilon^{\eta_1}$	МПа	P_c	4,270	4,270	2,286
3.2	Температура в конце сжатия $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{\eta_1 - 1}$	°К	T_c	945,2	948,3	827,7
3.3	Средняя мольная теплоемкость в конце сжатия:					

а) свежей смеси (воздуха), кДж/(кмоль*град)		$(mc_v)_{to}^{tc}$	22,373	22,38138755	22,063
$(mc_v)_{to}^{tc}=20,6+2,638*10^{-3}*t_c$, где $t_c=T_c -273$	$^{\circ}C$	t_c	672,2	675,3	554,7
б) остаточных газов, кДж/(кмоль*град)		$(mc''_v)_{to}^{tc}$	25,32	24,965	24,315
$(mc''_v)_{to}^{tc}=23,867+0,00417*(t_c-500)+1,47*(\alpha-0,9)$ **в диапазоне температуры $t_c=400 - 600$ $^{\circ}C$ и $\alpha=0,8 - 1,0$ погрешность по данной формуле не превышает $\pm 0,1\%$.					
в) рабочей смеси, кДж/(кмоль*град)		$(mc'_v)_{to}^{tc}$	22,461	22,45	22,16
$(mc'_v)_{to}^{tc}=(1/(1+\gamma_r))*((mc_v)_{to}^{tc}+\gamma_r*(mc''_v)_{to}^{tc})$					

IV. Процесс сгорания

Расчет:

4.1	Коэффициент молекулярного изменения горючей смеси	-	μ_0	0,978	0,975	0,991
	$\mu_0=M_2/M_1$					
4.2	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	-	μ	0,979	0,976	0,992
	$\mu=(\mu_0+\gamma_r)/(1+\gamma_r)$					
4.3	Количество теплоты, потерянное вследствие	кДж/кг	ΔH_u	-23961	-10812,8005	3604,3

химической неполноты сгорания
топлива

$$\Delta H_u = 119950 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0$$

Теплота сгорания рабочей смеси,

4.4 кДж/кмоль $H_{p.c.m.}$ 91548 70044,58811 67761

$$p.c.m. H_{p.c.m.} = (H_u - \Delta H_u) / (M_1 \cdot (1 + \gamma_r))$$

Средняя мольная теплоемкость

4.5 продуктов
сгорания,
кДж/(кмоль*град)

$$(mc''_v)_{to}^{tz} = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot (mc''_v CO_2)_{to}^{tz} + mCO \cdot (mc''_v CO)_{to}^{tz} + mH_2O \cdot (mc''_v H_2O)_{to}^{tz} + mH_2 \cdot (mc''_v H_2)_{to}^{tz} + mN_2 \cdot (mc''_v N_2)_{to}^{tz}) = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot (39,123 + 0,003349 \cdot t_z) + mCO \cdot (22,490 + 0,00143 \cdot t_z) + mH_2O \cdot (26,670 + 0,004438 \cdot t_z) + mH_2 \cdot (19,678 + 0,001758 \cdot t_z) + mN_2 \cdot (21,951 + 0,001457 \cdot t_z)) = \Sigma A + \Sigma B \cdot t_z,$$

где:

$$\Sigma A = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot 39,123 + mCO \cdot 22,490 + mH_2O \cdot 26,670 + mH_2 \cdot 19,678 +$$

$$mN_2 \cdot 21,951);$$

$$\Sigma A \quad 25,807 \quad 24,89899346$$

$$24,615$$

$$\Sigma B = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot 0,003349 + mCO \cdot 0,00143 + mH_2O \cdot 0,004438 +$$

$$mH_2 \cdot 0,001758 + mN_2 \cdot 0,001457)$$

$$\Sigma B \quad 0,0022$$

$$0,00223586 \quad 0,0022$$

4.6 Температура в конце видимого
процесса сгорания

$$\xi_z \cdot H_{p.c.m.} + (mc'_v)_{to}^{tc} \cdot t_c = \mu \cdot (mc''_v)_{to}^{tz} \cdot t_z$$

или

$$\Sigma B \cdot t_z^2 + \Sigma A \cdot t_z - H' = 0,$$

где:

$$H' = (\xi_z \cdot H_{p.c.m.} + (mc'_v)_{to}^{tc} \cdot t_c) / \mu$$

$$H' \quad 100509$$

$$80846,79883 \quad 74585$$

	тогда					
	$t_z = (-\Sigma A + (\Sigma A^2 + 4 \cdot \Sigma B \cdot H')^{0,5}) / (2 \cdot \Sigma B)$	°C	t_z	3086,2	2627,2	2478,4
	$T_z = t_z + 273$	°K	T_z	3359,2	2900,2	2751,4
4.7	Максимальное давление сгорания теоретич.	МПа	P_z	14,859	12,745	7,534
	$P_z = P_c \cdot \mu \cdot T_z / T_c$					
4.8	Максимальное давление сгорания действит.	МПа	P_{zd}	12,630	10,833	6,404
	$P_{zd} = 0,85 \cdot P_z$					
4.9	Степень повышения давления	-	λ	3,48	2,98	3,30
	$\lambda = P_z / P_c$					

V. Процессы расширения и выпуска

Расчет:

5.1	Давление в конце процесса расширения	МПа	P_b	0,397	0,321	0,337
	$P_b = P_z / \epsilon^{n_2}$					
5.2	Температура в конце процесса расширения	°K	T_b	1706,6	1389,1	1478,3
	$T_b = T_z / \epsilon^{(n_2-1)}$					
5.3	Проверка ранее принятой температуры остаточных газов	°K	T_r'	1138,6	994,8	1041,6
	$T_r' = T_b / (P_b / P_r)^{1/3}$					
5.4	$\Delta = 100(T_r' - T_r) / T_r$	%	Δ	42,3	10,5	15,7

VI. Индикаторные параметры рабочего цикла

Расчет:

6.1	Теоретическое среднее индикаторное давление	МПа	P_i'	0,864	1,045	0,926
	$P_i' = (P_c / (\varepsilon - 1)) * ((\lambda / (n_2 - 1)) * (1 - (1 / \varepsilon^{(n_2 - 1)})) - (1 / (n_1 - 1)) * (1 - (1 / \varepsilon^{(n_1 - 1)})))$					
6.2	Среднее индикаторное давление	МПа	P_i	0,829	1,003	0,889
	$P_i = \varphi_i * P_i'$					
6.3	Индикаторный к.п.д.	-	η_i	0,462	0,541	0,424
	$\eta_i = P_i * l_0 * \alpha / (0,001 * N_u * \rho_k * \eta_v)$					
6.4	Индикаторный удельный расход топлива	г/(кВт*ч)	g_i	183,3	153,3	186,8
	$g_i = 3600 / (0,001 * N_u * \eta_i)$					
VII. Эффективные показатели двигателя						
Расчет:						
7.1	Среднее давление механических потерь	МПа	P_m	0,177	0,177	0,177
	$P_m = 0,034 + 0,0113 * V'_{п.ср.}$					
7.2	Среднее эффективное давление	МПа	P_e	0,652	0,826	0,712
	$P_e = P_i - P_m$					
7.3	Механический к.п.д.	-	η_m	0,786	0,823	0,801
	$\eta_m = P_e / P_i$					
7.4	Эффективный к.п.д.	-	η_e	0,363	0,446	0,339
	$\eta_e = \eta_i * \eta_m$					
7.5	Эффективный удельный расход топлива	г/(кВт*ч)	g_e	233,1	186,2	233,3
	$g_e = 3600 / (0,001 * N_u * \eta_e)$					
VIII. Основные параметры						

двигателя

Расчет:

8.1	Ход поршня (расчетный) $S=10^6 \cdot 4 \cdot V_H / (3,14 \cdot D^2)$	мм	S	118,8	118,8	118,8
8.2	Полученная средняя скорость поршня $V'_{cp} = S \cdot n_N / (3 \cdot 10^4)$	м/с	V'_{cp}	12,67	12,67	12,67
8.3	$\Delta = 100 \cdot (V'_{п.ср.} - V_{п.ср.}) / V_{п.ср.}$	%	Δ	0,00	0,00	0,00
8.4	Литраж двигателя $V_L = 3,14 \cdot D^2 \cdot S \cdot l / (4 \cdot 10^6)$	дм ³	V_L	4,33	4,33	4,33
8.5	Мощность двигателя $N_e = P_e \cdot V_L \cdot n_N / (30 \cdot i)$ (i-тактность=4)	кВт	N_e	78,10	80,30	
8.6	Крутящий момент $M_e = (3 \cdot 10^4 / 3,14) \cdot (N_e / n_N)$	Н*м	M_e	233,18	239,75	232,29
8.7	Часовой расход топлива $G_T = N_e \cdot g_e \cdot 10^{-3}$	кг/ч	G_T	18,20	14,95	18,15
8.8	Литровая мощность двигателя	кВт/л	N_L	18,04	18,55	17,97
8.9	Расход воздуха $G'_{вi} = \alpha \cdot G_T \cdot i_0$	кг/ч	$G'_{вi}$	368,32	299,02	331,44
8.10	Расход воздуха $G_{вi} = \alpha \cdot G_T \cdot i_0 / 3600$	кг/с	$G_{вi}$	0,1023	0,0831	0,0921
	ГАЗ			****	****	****
8.13	Плотность газа Теоретически необходимое	кг/м ³	$\rho_{газ}$		0,80	0,80
8.14	количество	м ³	l_0'		11,90	11,90

	воздуха для сгорания 1 м ³ топлива (при α=1) $l_0' = (l_0 / \rho_0) / (1 / \rho_{\text{газ}})$				
8.15	Действительное количество воздуха, участвующего в сгорании 1 м ³ топлива при принятом α $l_0'' = \alpha * l_0'$	м ³	l_0''	13,68416	12,494
8.16	Геометрический объем цилиндра двигателя $V_{\text{ц}} = V_{\text{л}} / l$	дм ³	$V_{\text{ц}}$		1,0825
8.17	Объем цилиндра, занимаемого воздухом при работе на газе $V_{\text{в}} = V_{\text{ц}} * l_0'' / (l_0'' + 1)$	дм ³	$V_{\text{в}}$		1,0023
8.18	Мощность двигателя на газе $N_{\text{е газ}} = P_{\text{е}} * V_{\text{в}} * l * n_{\text{N}} / (30 * i)$ (i-тактность=4)	кВт	$N_{\text{е газ}}$		77,80

Выводы по главе 2

На основании проведенных теоретических исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Определены теоретические и методические предпосылки и подходы к формированию метода измерения расхода топлива дизельным, газодизельным и газовым автобусами в условиях перевозки пассажиров на маршрутной сети, характеризующиеся широким диапазоном разброса внешних факторов, воздействующих на объект исследования, а так же требованиями, предъявляемыми к автобусам с различными системами питания, работающим на маршруте.

2. Разработана методика, позволяющая определить оптимальную частоту записи мгновенных значений измеряемых параметров, характеризующих работу двигателя автобуса при работе на различных топливах.

3. Практическая реализация разработанных математических моделей и методик требует проведения экспериментальных исследований, направленных на сбор данных и проведение выборочного нормирования расхода газового топлива на конкретном маршруте.

Глава 3. Экспериментальное исследование эксплуатационных показателей автобусов ISUZU с различными системами питания

3.1. Объект испытаний

Совместно с расчетно-теоретическими методами определения параметров норм расхода топлива в исследовательской практике необходимо использовать экспериментальные методы. Это объясняется тем, что все теоретические методы исследования базируются на тех или иных гипотезах, и, следовательно, являются приближенными и требуют проверки. Кроме того, значения некоторых величин можно получить лишь опытным путем. Таким образом, экспериментальное исследование является необходимой составной частью процесса нормирования расхода топлива [34].



Рис. 3.1. Газовый автобус ISUZU SAZ NP-21

Объектом испытаний в данной работе являлся пригородной автобус ISUZU SAZ NP-21 с различными системами питания (дизельная,

газодизельная и газовая), показанный на рис. 3.1. В таблице 3.1 приведены технические характеристики данного автобуса.

В процессе экспериментального исследования дизеля, газодизеля и газового двигателя на его базе определялись расхода топлива.

Экспериментальные исследования условно разделены на этапы:

- постановка задачи, где определены цели; установлена функция цели; выбраны независимые параметры (аргументы, факторы), варьируемые при экспериментах; определены фиксируемые уровни (значения) для независимых параметров (факторов); подобраны различные сочетания уровней факторов.
- планирование, где определено необходимое число наблюдений с доверительной вероятностью 95 % и относительной ошибкой $\Delta \leq 0,5$; выбран тип плана эксперимента, т.е. использован классический план многофакторного эксперимента; разработан план эксперимента (матрица планирования).
- проведение экспериментальных исследований и анализ их результатов, где зарегистрированы опытные данные, обработаны результаты опытов с числовыми и графическими изображениями; сравнены с расчетными данными; анализ и выводы по экспериментальным исследованиям.

Таблица 3.1.

Технические характеристики автобуса ISUZU SAZ NP-21

1.	Категория автобуса	пригородной	пригородной
2.	Колесная формула / ведущие колеса	4x2 / задние	4x2 / задние
3.	Количество дверей	Две служебные двери по правому борту кузова, дверь водителя по левому борту	Две служебные двери по правому борту кузова, дверь водителя по левому борту
4.	Габаритные размеры автобуса, мм		
5.	длина	6 920	6 920
6.	ширина	2 240	2 240
7.	высота	2 880	3 180
8.	Высота прохода в салоне, мм	1 900	1 900
9.	Колесная база	3 815	3 815
10.	Колея передних колёс	1 665	1 665
11.	Колея задних колёс	1 650	1 650
12.	Масса снаряжённого автобуса, кг	4 250	4 750
13.	Полная масса автобуса, кг	7 000	7 500
14.	Марка двигателя	"ISUZU 4HF1", четырёхтактный дизель	"ISUZU 4HF1" газовый
15.	Количество и расположение цилиндров	4 в ряд	4 в ряд
16.	Степень сжатия	19:1	12:1
17.	Рабочий объём, см ³	4 334	4 334
18.	Максимальная мощность, кВт/л.с. (об/мин ⁻¹)	78 / 104 (3 200)	78 / 104 (3 200)
19.	Максимальный крутящий момент, Н·м (мин ⁻¹)	268 (1 800)	268 (1 800)
20.	Уровень токсичности двигателя	Евро-2	Евро-4
21.	Система смазки двигателя	Картерная. Комбинированная: под давлением от шестеренного насоса и разбрызгиванием	Картерная. Комбинированная: под давлением от шестеренного насоса и разбрызгиванием
22.	Расположение двигателя	Переднее, продольное	Переднее, продольное
23.	Рулевое управление	Гидроусилитель винт – шариковая гайка – рейка-сектор	Гидроусилитель винт – шариковая гайка – рейка-сектор
24.	Топливный насос высокого давления	"ZEXEL", рядный	ГБО ISUZU
25.	Емкость топливного бака, литр	100	100
26.	Стабилизаторы	Стабилизаторы переднего и заднего моста	Стабилизаторы переднего и заднего моста
27.	Максимальная скорость, км/ч	90	90
28.	Контрольный расход топлива	при скорости 60 км/ч: 18 л. на 100 км	при скорости 60 км/ч: 18 м ³ на 100 км
29.	Запас хода по контрольному расходу топлива	при скорости 60 км/ч, не менее 500 км	при скорости 60 км/ч, не менее 300 км

3.2. Методика проведения испытаний

Известно, что при разработке норм используются экспериментальный, статистический и аналитический способы.

В данном случае использована экспериментально-аналитическая методика нормирования расхода топлива. Данной методикой предусмотрено проведение испытаний, и затем использование полученных данных в аналитической модели расхода топлива.

Перед испытанием топливный бак автобусов был заправлен до полного объема до метки, установленной в горловине бака. Количество же дозаправленного дизельного топлива после соответствующих испытаний является фактическим расходом топлива за контрольный маршрутный пробег автобуса с учетом конкретных условий эксплуатации.

В целях получения достоверных результатов расход газа определялся при помощи последовательно установленного в систему питания автобуса расходомера – счетчика ОР-Уо-А.

Схема включения расходомера – счетчика представлена на рис. 3.2.

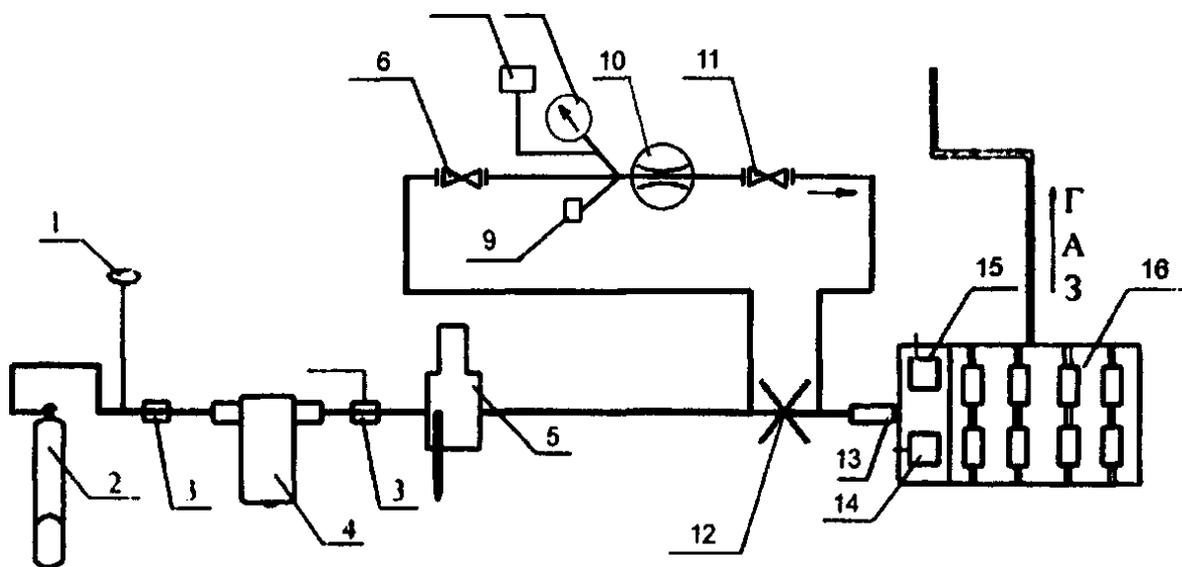


Рис. 3.2. Схема включения образцового расходомера в систему питания газового автобуса: 1 – заправочное устройство; 2 – кассета газовых баллонов; 3 – электромагнитные клапана; 4 – газовый фильтр; 5 – газовый редуктор; 6 – входной штуцер расходомера; 7 – датчик давления

газа; 8 – образцовый манометр; 9 – датчик температуры газа; 10 – расходомер; 11 – выходной штуцер; 12 – место разрыва газоподающей магистрали; 13 – электромагнитный клапан дозирующего клапана; 14 и 15 – датчики давления и температуры соответственно дозирующего клапана; 16 – дозирующий клапан

Система питания газового автобуса представляет собой магистраль высокого давления газа, идущую до редуктора, и магистраль низкого давления, после редуктора 5.

Газ поступает из кассеты баллонов 2, проходит через газовый фильтр 4 и редуктор 5. На дозирующий клапан 16 газ поступает, проходя через электромагнитный клапан 13.

Подсоединение расходомера ОР-Уо, производится последовательно, в разрыв газовой магистрали низкого давления, в точке 12, при помощи штуцеров 6 и 11. Измерительный комплекс, в состав которого входит расходомер, подсоединенный к штатной системе питания, позволяет так же измерять давление (датчик давления 7) и температуру (датчик температуры 9) газа. На основании этих данных появляется возможность определения плотности газа и мгновенного массового расхода. Образцовый манометр 8 позволяет произвести корректировку показаний датчика давления 7, а так же визуально наблюдать колебание давления на дозирующем клапане 16.

Внешний вид измерительного комплекса представлен на рис. 3.3.

3.3. Обработка экспериментальных данных

Расчет временного нормативного расхода топлива (природного газа) на пробег автобусов проводится на основании фактического расхода топлива, установленного во время испытаний и определяется по формуле:

$$Q = \frac{Q_{\phi} \cdot 100}{L}, \quad \text{м}^3 / 100 \text{ км} \quad (3.1)$$

где Q – временный нормативный расход природного газа, $\text{м}^3/100$ км;

Q_{ϕ} – фактический расход топлива за одно испытание, м^3 ;

L – пробег автобуса, км.

Среднее арифметическое значение нормативного расхода топлива определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q}{n}, \quad \text{м}^3 / 100 \text{ км} \quad (3.2)$$

Относительная погрешность измерений определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{(k \cdot s \cdot 100)}{(Q \cdot \sqrt{n})}, \quad \% \quad (3.3)$$

где Δ – относительная погрешность, %;

n – количество проведенных измерений;

k – поправочный коэффициент, зависящий от количества измерений при $n \geq 10$, $k=0,73$;

s – среднеквадратичное стандартное отклонение, которое определяется по формуле

$$s = \sqrt{s^2} \quad (3.4)$$

где s^2 – дисперсия.

Дисперсия определяется по формуле:

$$s^2 = \frac{\sum (Q - \bar{Q})^2}{n - 1} \quad (3.5)$$

Для автобусов нормативное значение расхода топлива рассчитывается по формуле:

$$Q_H = 0,01 \cdot (Q \cdot L_{II} + H_W \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot D) + Q_{кон}, \quad м^3 \quad (3.6)$$

где Q_H – нормативный расход природного газа, $м^3$;

Q – временный нормативный расход топлива на пробег, $м^3/100$ км;

L_{II} – пробег автобуса, км;

H_W – норма расхода топлива на работу, $м^3/100$;

W – объем работы;

D – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение), %;

$Q_{кон}$ – расход газа на работу кондиционера/отопителя, $м^3/ч$;

Полученная после статистического анализа окончательная выборка значений временного нормативного расхода топлива на пробег обладает хорошим качеством, необходимым для осуществления наиболее достоверной оценки математического ожидания рассчитанных значений расхода топлива. Поэтому за оценку математического ожидания принимается среднее значение выборки Q , т.е.

$$M(Q) = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \text{м}^3/100 \text{ км} \quad (3.7)$$

Доверительный интервал для оценки вычисляется по формуле:

$$P = \bar{x} - s/\sqrt{n} \cdot t_a < a < \bar{x} + s/\sqrt{n} \cdot t_a = 1 - a \quad (3.8)$$

где a – истинное значение временного нормативного расхода топлива на пробег;

t_a – коэффициент Стьюдента (для уровня значимости $a = 0,05$, $t_a = 2,26$).

Запас хода устанавливается расчетным способом исходя из полученных экспериментальных данных по определению расхода топлива и реальных объемов топливных емкостей:

- топливный бак для дизельного топлива – 100 л;
- объем запаса газа – 57,5 м³;
- объем газовых баллонов – 250 л

Запас хода газодизельного автобуса ISUZU SAZ NP-37 при эксплуатационном расходе:

- дизельного топлива 6,7 л/100 км
 - природного газа 12,6 м /100км
- составляет 456 км.

Устойчивость работы на холостом ходу и переходных режимах проверены при неоднократном нажатии различной интенсивности открытия органа управления двигателем. При этом никакие отклонения не обнаружены.

Расход топлива определялся на дизельном и газодизельном вариантах при условном циклах на дороге и составил:

1. Магистральный

- на магистральном цикле в дизельном варианте

дизельное топливо -16 л/100 км,

- на магистральном цикле в газодизельном варианте

дизельное топливо -5,4 л/100 км

природный газ-11,14 м³ /100 км

2. Городской (улицы Самарканда)

- на городском цикле в дизельном варианте

дизельное топливо-18 л/100 км

- на городском цикле в газодизельном варианте

дизельное топливо -6,7 л/100км

природный газ-12,6 м³/100 км.

Время разгона до максимальной скорости

- в дизельном варианте 37 с,

- в газодизельном варианте 38 с.

Выводы по главе 3

В данной главе проведено экспериментальное исследование автобусов ISUZU с различными системами питания (дизельная, газодизельная, газовая), были определены нормы расхода топлива.

Расход дизельного топлива определялся методом доливки израсходованного топлива, а в целях получения достоверных результатов расход газа определялся при помощи последовательно установленного в систему питания автобуса образцового манометра.

Общие выводы и рекомендации

1. Констатируя мировую тенденцию снижения запасов жидких топлив, при увеличении численности автомобильного транспорта, необходимо расширять использование альтернативных видов топлива, в том числе и на транспорте.
2. Применение альтернативных топлив на транспорте, существенно отличающихся от традиционных по физико-химическим свойствам, ведет к изменению процессов и зависимостей топливопотребления, что, в свою очередь, ведет к изменению нормативов технической эксплуатации. В наибольшей степени это касается нормирования расхода газового топлива.
3. Одной из важнейших причин разработки и обновления нормативов расхода топлива является увеличение темпов производства новых моделей подвижного состава, а так же усложнение систем управления двигателем и топливоподачей. Все это требует простой и эффективной методики проведения испытаний и нормирования расхода топлива. Анализ зарубежного опыта, а также проведенные исследования, позволяют заключить, что сжатый природный газ представляет интерес как реальная перспектива замены нефтяного дизельного топлива.
4. Определены теоретические и методические предпосылки и подходы к формированию метода измерения расхода топлива дизельным, газодизельным и газовым автобусами в условиях перевозки пассажиров на маршрутной сети, характеризующиеся широким диапазоном разброса внешних факторов, воздействующих на объект исследования, а так же требованиями, предъявляемыми к автобусам с различными системами питания, работающим на маршруте.

Список использованной литературы

Законы Республики Узбекистан

1. Закон Республики Узбекистан «Об охране атмосферного воздуха». 27 декабря 1996 г.
2. Закон Республики Узбекистан «Об автомобильном транспорте». 29 августа 1998 г.
3. Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии». 25 апреля 1997 г.

Указы и постановления Президента Республики Узбекистан,

Постановления Кабинета Министров

4. Постановление Президента Республики Узбекистан о Государственной программе «Год благополучия и процветания». 14 февраля 2013 г.
5. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан «О мерах по развитию сети автогазонаполнительных компрессорных и автогазозаправочных станций и поэтапному переводу автотранспортных средств на сжиженный и сжатый газ». 10 февраля 2007 г.

Произведения Президента Республики Узбекистан

Ислама Каримова

6. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2012 году и важнейшим приоритетным направлениям экономической программы на 2013 год. 18 января 2013 г.
7. Доклад Президента Ислама Каримова на торжественном собрании, посвященном 20-летию Конституции Республики Узбекистан. 07 декабря 2012 г.

8. Выступление Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на открытии международной конференции «Подготовка образованного и интеллектуально развитого поколения – как важнейшее условие устойчивого развития и модернизации страны». 17 февраля 2012 г.
9. Каримов И.А. Узбекистан на пороге достижения независимости. – Ташкент: Узбекистан, 2011. – 384 с.
10. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. – Ташкент: Узбекистан, 2009. – 56 с.

Основная литература

11. Ерохов В.И., Карунин А.Л. Газодизельные автомобили (конструкция, расчет, эксплуатация): Учебное пособие. – М.: Графф-Пресс, 2005. – 560 с.
12. Гируцкий О.И., Есеновский-Лашков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. М.: Транспорт 2000. – 213 с.
13. Максимов В.А., Хазиев А.А. Особенности технической эксплуатации городских автобусов: Учебное пособие./ Под ред. Максимова В.А. – М.: МАДИ (ГТУ), 2002. – 97 с.
14. Использование альтернативных моторных топлив на транспорте США. М.: ИРЦ Газпром 1999. – 67 с.
15. Методика нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте НИИ планирования и нормативов; [Разраб. Шевченко Л. А., Травкин В. С.] . – М.:НИИПИН, 1983. – 47 с.
16. Гриценко А.И., Боксерман Ю.И., Васильев Ю.Н., Золотаревский Л.С. Газовое моторное топливо. – М.: ВНИИГАЗ, 1992. – 240 с.
17. Золотницкий В.А.. Новые газотопливные системы автомобилей. – М.: Третий Рим, 2005. – 63 с.

18. Золотницкий В.А. Система питания газобензиновых автомобилей. – М.: Третий Рим, 2001. – 80 с.
19. Газобаллонные автомобили. Е.Г. Григорьев, Б.Д. Колубаев, В.И.Ерохов и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 216 с.
20. Гайнуллин Ф.Г., Гриценко А.И., Васильев Ю.Н., Золоторевский Л.С. Природный газ как моторное топливо на транспорте. – М.: Недра, 1986. –255 с.
21. Ерохов В.И., Лобанов В.А. Газовая аппаратура нового поколения двигателей автомобилей. – М.: ВНИПИ, 1996. – 150 с.
22. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
23. Хачиян А.С., Синявский В.В. Расчет цикла четырехтактного газового двигателя. – М.: МАДИ, 2001. – 48 с.
24. Базаров Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива. – Ташкент: ТАДИ, 2001. – 138 с.
25. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств – Ташкент: Chinor-ENK, 2012. – 216 с.
26. Ахметов Л.А., Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономическая эффективность и эксплуатационные качества газобаллонных автомобилей. – Ташкент: Узбекистан, 1984. – 191 с.
27. Боксерман Ю.И., Мкртычян Я.С., Сириков К.Ю. Перевод транспорта на газовое топливо. – М.: Недра, 1988. – 220 с.
28. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.
29. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 498 с.
30. Техническая эксплуатация автомобиля. Под ред. проф. Кузнецова Е.С. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
31. Безверхний С.Ф., Яценко Н.Н. Основы технологии полигонных

испытаний и сертификация автомобилей. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 600 с.

32. Туревский И.С. Теория двигателя. – М.: Высшая школа, 2005. – 238 с.
33. Гусаков С.В., Патрахальцев Н.Н. Планирование, проведение и обработка данных экспериментальных исследований двигателей внутреннего сгорания. – М.: РУДН, 2004. – 167 с.

Дополнительная литература

34. Руководство по эксплуатации. Автобусы ISUZU.
35. Воронкович А.В. Разработка методики сравнительной оценки расхода топлива для автобусов с различными газовыми двигателями в условиях городских перевозок. Дис. канд. техн. наук: 05.22.10 М.:2004.
36. Певнев Н.Г. Совершенствование процесса эксплуатации газобаллонных автомобилей с двухтопливной системой питания: Автореферат дисс. докт. техн. наук. – Оренбург, 2004. – 34 с.
37. Аль-Хасан Мох'д Ибрагим. Совершенствование методики нормирования расхода газового топлива газобаллонными автомобилями (На примере ЗИЛ-138): Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.22.10 / Харьк. автомобильн.-дорожн. ин-т. Харьков, 1991.
38. Цветков Д.Г. Совершенствование метода оперативного корректирования нормативов технической эксплуатации городских автобусов за счет инструментального учета условий эксплуатации. Автореф. дис. канд. техн. наук. М.: 2001. – 23 с.
39. Вагнер В.А. Основы теории и практика использования альтернативных топлив в дизелях: Автореферат дисс. ...докт. техн. наук. – Москва, 1995. – 32 с.
40. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: Учебник для ВУЗов / Луканин В.Н., Морозов К.А.,

- Хачиян А.С. и др.; Под ред. Луканина В.Н. и Шатрова М.Г. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – 479 с.: ил.
41. Гмурман В.Е. Теория вероятностей математическая статистика. – М.: Финансы и связь, 1991. – 479 с.
 42. Закин Я.Х. Основы научного исследования. – Ташкент: Укитувчи, 1979. – 183 с.
 43. Мостеллер Ф., Тьюки Д. Анализ данных и регрессия. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 239 с.
 44. Гоц А.Н., Горнушкин Ю.Г. Погрешности измерений при экспериментальных исследованиях двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие. – Владимир. 2003. – 61 с.
 45. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учеб. пособие для высш. и сред. учеб. заведений / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тагасов, В. И. Сарбаев; Под ред. В. Н. Луканина. — М.: Научтехлитиздат, 1999. – 208 с.
 46. Морозов К.А. Токсичность автомобильных двигателей. – М.: МАДИ (ТУ), 1997. – 84 с.
 47. Зотов Л.Л. Экологическая безопасность производства и автомобильного транспорта. – СПб, СЗГТУ, 2003. – 91 с.
 48. Экология и безопасность. Справочник в 3-х томах под. ред. Н.Г. Рыбальского – М.: ВНИИПИ, 1992. – 441 с.
 49. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев В.Ф. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле. – НАМИ, 2001. – 248 с.
 50. Гелашвили О.Г. Прогнозирование линейного расхода топлива автомобилями в автотранспортных предприятиях: Дисс. канд. техн. наук. – М.:МАДИ, 1983. – 234 с.
 51. Джаджанидзе В.И. Совершенствование нормирования расхода топлива на городских автобусных маршрутах: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МАДИ, – 1991. – 186 с.
 52. Исмаилов Р.И. Совершенствование технической эксплуатации

городских автобусов за счет корректирования ее основных нормативов и нормирования расхода топлива на основе статистической информации. Дисс. канд. техн. наук. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 191 с.

53. Исполатов, Б.Ю., Разработка методики нормирования маршрутного расхода топлива автобуса ЛиАЗ-6212 в эксплуатации. Дис. канд. техн. наук: 05.22.10 . – М., 2005. – 176 с.
54. Колчин В.С. Разработка метода маршрутного нормирования расхода топлива в грузовых автотранспортных предприятиях: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 1988. – 195 с.
55. Корякин А.А. Разработка методики маршрутного нормирования расхода топлива для газодизельных автобусов. Дисс. канд. техн. наук. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 191 с.
56. Солнцев А.А. Методические основы корректирования нормативов эксплуатационных расходов городских автобусов с учетом особенностей работы на маршруте: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 1998. – 144 с.
57. Тапсиев И.С. Разработка метода маршрутного нормирования расхода топлива газодизельными автомобилями. Дис. канд. техн. наук. – М., 1990 г. – 191 с.

Периодические издания, статистические сборники и отчеты

58. Технический отчет по х/д №196/2012 от 22.11.2012 г. «Установление эксплуатационной нормы расхода топлива (природного газа) для грузового автомобиля ISUZU»
59. Пасечник Д. Современные технологии перевода автомобилей на газ. // АГЗК+АТ. – Москва, 2006. – №3 (27). – С. 6-7.
60. Гарбер А., Зотов В., Ковалев А. Опыт нормирования расхода топлива // Автомобильный транспорт, 1985. – №12. – С. 31-32.
61. O'zDst 8.016:2002. Методика выполнения измерений.

62. O'zRh 82.20-01:2003. Справочно-нормативный документ. Нормы расхода топлива и смазочных материалов автомобильным подвижным составом и строительно-дорожными машинами.
63. Методика выполнения измерений и расчета расхода природного газа в процессе эксплуатации газобаллонных автомобилей. – Ташкент: ТАДИ, 2012. – 12 с.
64. ГОСТ 20306-90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 37 с.
65. ГОСТ 22576-90. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 13 с.
66. РСТ Уз 15.001-98 – Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения.
67. Методика определения экономической эффективности результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в СКБ СамГТУ.
68. Annual Energy Review 2005. Energy Information Administration. Report No. DOE/EIA-0384(2005) Posted: July 27, 2006.
69. Golub A. Modeling NO_x Formation in a Small Bore, Lean Natural Gas, Spark Ignition Engine // SAE Paper. - Toronto. - 1999. - №1999- 01-3480.-W.P.
70. Andreassi L., Cordiner S., Rocco V. Analysis of combustion instability phenomena in a CNG-fueled heavy-duty turbocharged engine // SAE Paper. - Orlando. – 2001. – №2001-01-1907. – W.P.
71. Golovitchev V.I., Atarashiya K., Tanaka K. Towards Universal Edc-Based Combustion Model for Compression-Ignited Engine Simulations // SAE Paper. – W.C. – 2003. - №2003-01-1849. – W.P.
72. Singh M.K., Moore Jr J.S. Preliminary assessment of the availability of U.S. natural gas resources to meet U.S. transportation energy demand //

SAE Paper. - Hyatt Crystal City. – 2002. – №2002-01 – 1926. – W.P.

73. Fiveland S., Assanis D. A Four-Stroke Homogeneous Charge Compression Ignition Engine Simulation for Combustion and Performance Studies // SAE Paper. - Detroit. - 2000. - №2000-01- 0332.- W.P.

Интернет сайты

74. <http://www.avtoliteratura.ru>
75. <http://www.uchlit.ru>
76. <http://www.gpntb.ru>
77. <http://www.bigas.it>
78. <http://www.brc.it>
79. <http://www.landi.it>

