

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ БЕНЗИНОВОГО ВПРЫСКОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

**Уханов Денис Александрович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Уханов Александр Петрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Мухатаев Николай Афанасьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Компьютерные технологии», ФГБОУ ВО Пензенский ГУ.

440026 г. Пенза, ул. Красная, 40.

E-mail: cnit@pnzgu.ru

**Перов Вадим Аркадьевич**, аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Ключевые слова:** двигатель, режим, система, впрысковый, самостоятельный, автоматизированная.

*Цель исследований – улучшение работы бензинового впрыскowego (инжекторного) двигателя автотранспортных средств в режиме самостоятельного холостого хода путем корректирования состава топливовоздушной смеси за счет автоматизированной системы управления, обеспечивающей перенастройку (перепрограммирование) штатного контроллера двигателя на состав топливовоздушной смеси, соответствующий заданному скоростному режиму холостого хода. Статья посвящена решению проблемы, связанной с работой двигателя с инжекторным впрыском топлива на малых оборотах типового самостоятельного режима холостого хода (при остановках и стоянках автотранспортных средств с работающим двигателем), который из-за некачественного смесеобразования характеризуется ухудшенным протеканием рабочего процесса в цилиндрах. Разработан новый способ работы бензинового двигателя с инжекторным впрыском топлива в режиме самостоятельного холостого хода и автоматизированная система для его практической реализации, позволяющие корректировать состав топливовоздушной смеси за счет перепрограммирования штатного контроллера двигателя на состав топливовоздушной смеси, соответствующий заданному скоростному режиму холостого хода. Преимуществом данной системы является компактность, широкая доступность комплектующих изделий и возможность быстрого её подключения к цепи штатного контроллера двигателя. Исследования показывают, что применение автоматизированной системы управления работой впрыскowego двигателя в режиме самостоятельного холостого хода позволяет снизить минимально устойчивую частоту вращения коленчатого вала до 300-600 мин<sup>-1</sup>, эксплуатационный расход топлива – на 15-20%, содержание вредных веществ в отработавших газах – на 30-60% по сравнению с работой двигателя в штатной комплектации.*

Одним из недоработанных режимов поршневых впрысковых двигателей автотранспортных средств, с точки зрения топливной экономичности и экологической безопасности, является типовой режим самостоятельного холостого хода (РСХХ). На этом режиме автотранспортное средство стоит и полезная работа не выполняется, педаль акселератора отпущена, двигатель работает на малых частотах вращения коленчатого вала (к.в.), «вхолостую» сжигая моторное топливо. В зависимости от продолжительности работы двигателя на типовом РСХХ, назначения автотранспортного средства и природно-климатических условий эксплуатации непроизводительные потери топлива могут достигать 5-17% от израсходованного топлива. Кроме того, из-за некачественного смесеобразования при работе впрыскowego двигателя на типовом РСХХ в отработавших газах содержится значительно больше вредных веществ, чем при работе на других эксплуатационных режимах [1-3].

Однако этот безнагрузочный режим объективно присущ четырехтактным поршневым впрысковым двигателям, в которых рабочие процессы (впуск, сжатие, сгорание, расширение, выпуск) периодически повторяются, а переход к тяговому режиму автотранспортного средства при трогании с места осуществляется через РСХХ. Поэтому для улучшения показателей топливной экономичности и экологической безопасности впрыскового двигателя автотранспортного средства необходимо разработать новые способы его работы на РСХХ и технические средства для его реализации [4-8].

**Цель исследований** – улучшение работы бензинового впрыскового (инжекторного) двигателя автотранспортных средств в режиме самостоятельного холостого хода путем корректирования состава топливовоздушной смеси за счет автоматизированной системы управления, обеспечивающей перенастройку (перепрограммирование) штатного контроллера двигателя на такой состав топливовоздушной смеси, который соответствует заданному скоростному режиму холостого хода.

**Задачи исследований** – разработать структурную схему и конструктивный вариант исполнения автоматизированной системы управления работой бензинового впрыскового двигателя в режиме холостого хода.

**Результаты исследований.** Для улучшения работы поршневых двигателей при остановках и стоянках автотранспортных средств в РСХХ на кафедре «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика» ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ разработан способ, заключающийся в переводе работы двигателя при остановках и стоянках автотранспортных средств на экспериментальный РСХХ – автоматический режим периодически повторяющихся тактов включения и отключения подачи топлива или топливовоздушной смеси в области пониженных частот вращения к.в. за счет управляющих воздействий на органы топливоподачи (или топливо-, воздухоподачи) [9-16]. Применительно к двигателю с инжекторным впрыском топлива этот способ заключается в корректировании состава топливовоздушной смеси за счет автоматического перепрограммирования штатного контроллера двигателя.

Для практической реализации предлагаемого способа разработана автоматизированная система управления (АСУ) работой впрыскового (инжекторного) двигателя в РСХХ (рис. 1), состоящая из электронного блока управления и датчиков положения (ДП) органов управления автомобилем (рычага переключения передач и педали сцепления). Электронный блок АСУ включает микроконтроллер (МК), адаптер последовательного канала (АПК), задатчик (ЗЧВ) уровня частоты вращения к.в. двигателя на холостом ходу (позиционный переключатель) и стабилизатор напряжения (СТН).

Стабилизатор СТН формирует напряжение питания микроконтроллера в пределах  $5В \pm 10\%$ , а задатчик ЗЧВ формирует код уставки частоты вращения к.в. на холостом ходу. Датчики положения ДП формируют сигнал для микроконтроллера МК при установке рычага переключения передач в нейтральное положение и отпущенной педали сцепления. Микроконтроллер МК предназначен для записи новой уставки частоты вращения к.в. на холостом ходу и передачи ее в штатный контроллер двигателя с инжекторным впрыском топлива.

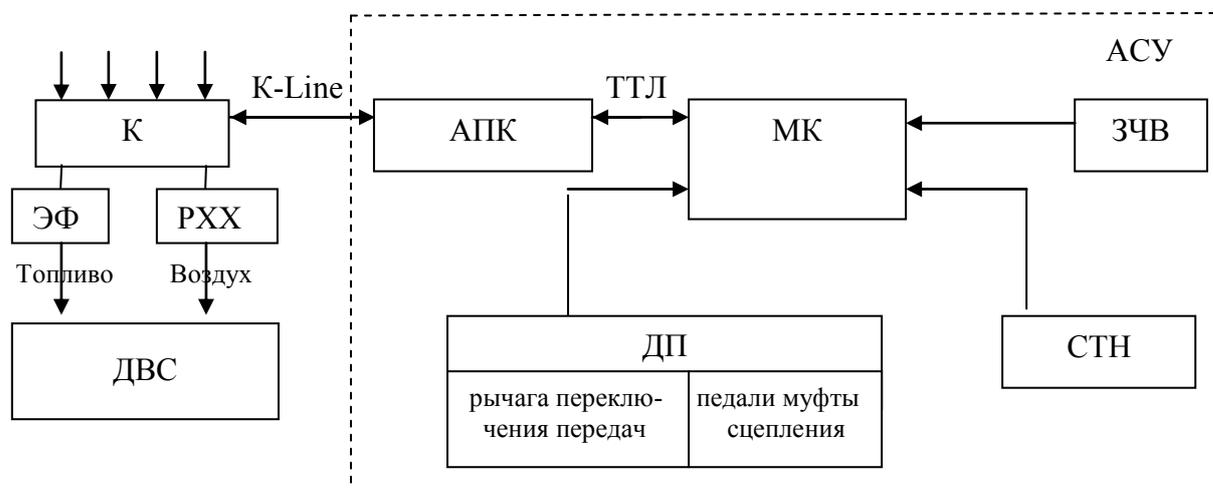


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического управления впрыскового двигателя (наименование позиций в тексте)

Микроконтроллер МК выполнен на базе однокристальной микроЭВМ, которая принимает управляющие сигналы, реализует все логические и арифметические операции, осуществляет при передаче информации преобразование параллельного формата в последовательный и последовательного формата в параллельный при приеме передачи, обрабатывает протокол обмена информацией между штатным контроллером двигателя и микроконтроллером АСУ. Микроконтроллер МК работает в режиме ожидания и обмена информацией.

Адаптер последовательного канала АПК предназначен для преобразования уровней сигналов между стандартом линии связи ТТЛ и стандартом линии связи K-Line.

Принцип работы АСУ заключается в следующем. После включения питания происходит инициализация всех задействованных в работе внутренних компонентов микроконтроллера МК. По завершении инициализации микроконтроллер переходит в состояние ожидания сигнала с датчиков положения органов управления автотранспортным средством. Активный уровень сигнала датчиков переводит АСУ в состояние обмена информацией со штатным контроллером двигателя, при этом микроконтроллер АСУ пересылает в контроллер двигателя новую уставку частоты вращения к.в. на холостом ходу. Новая уставка частоты вращения к.в. двигателя предварительно задается путем ручного включения той или иной позиции на переключателе (300, 400, 500 или 600 мин<sup>-1</sup>).

В состоянии обмена информацией микроконтроллер АСУ считывает код (К) уставки частоты вращения к.в. с задатчика ЗЧВ и начинает устанавливать связь со штатным контроллером двигателя. Установив связь, МК запрашивает текущую уставку частоты вращения к.в. на холостом ходу  $n_{xx_{тек}}$ . После получения уставки вычисляется значение новой уставки частоты вращения к.в.  $n_{xx}$  по зависимости:

$$n_{xx} = I_{xx_{тек}} \cdot 100.$$

Рассчитанное значение уставки пересылается микроконтроллером АСУ в штатный контроллер двигателя, который ответной посылкой подтверждает получение новой уставки.

Все время, пока датчиками положения органов управления автотранспортным средством формируется активный уровень сигнала управления, двигатель работает на пониженной (вновь заданной) частоте вращения к.в. на холостом ходу. Сброс управляющего сигнала приводит к тому, что микроконтроллер АСУ пересылает в штатный контроллер двигателя посылку с заданием на сброс записанной уставки и возврат к типовому режиму работы двигателя на холостом ходу. После этой передачи МК возвращается в состояние ожидания сигнала с датчиков положения органов управления. Таким образом, состояния ожидания и обмена циклически сменяют друг друга в зависимости от состояния сигнала управления.

Все сообщения между микроконтроллером АСУ и штатным контроллером двигателя производятся через адаптер – последовательный канал связи. Количество байт в каждом сообщении и значения каждого байта регламентированы и определены протоколом обмена. После выдачи каждого очередного сообщения МК переходит в режим приема. Всякий прием данных завершается по тайм-ауту. В процессе обмена активным является микроконтроллер АСУ, в то время как штатный контроллер двигателя формирует только ответы на запросы МК. Если принятые ответы не соответствуют заданным по числу или значениям байт, то МК переходит в режим установления связи.

Таким образом, у бензиновых впрысковых двигателей с одноточечным или распределенным впрыском топлива за счет обмена информацией между микроконтроллером АСУ и штатным контроллером двигателя происходит перенастройка (перепрограммирование) последнего на более обедненный состав топливоздушная смеси, необходимый для конкретной частоты вращения к.в. РСХХ.

Микроконтроллер МК собран на основе микросхемы фирмы Atmel в корпусе с расширенным температурным интервалом эксплуатации. Он содержит восьмиразрядный центральный процессор, резидентную флеш-память программ объемом 2 кбайта, резидентную память данных объемом 256 байт, два встроенных восьмиразрядных порта ввода-вывода, два 16-разрядных таймера-счетчика, последовательный интерфейс, блок прерываний на пять векторов. Из внутренних встроенных компонентов микроконтроллера используются таймер-счетчик T/C1, последовательный интерфейс, разряды порта P1 и порта P3. Таймер-счетчик работает в режиме обмена информацией (восьмиразрядный счетчик с автоперезагрузкой) и задает скорость обмена последовательного

интерфейса. Последовательный интерфейс настроен на работу в режиме ожидания. В этом режиме он является асинхронным приемопередатчиком, формат передаваемого слова содержит стартовый бит, восемь разрядов данных, один стоповый бит.

Адаптер последовательного канала АПК построен на двух транзисторах, триггере Шмидта и стабилизаторе. Схема защищает вход МК от возможных импульсных помех, возникающих в бортовой сети автотранспортного средства, и надежно формирует низкий уровень входного сигнала. Стабилизатор напряжения СТН реализован на микросхеме.

Программное обеспечение микроконтроллера АСУ включает следующие основные модули:

1. Модуль начальной инициализации системы, осуществляющий задание режима работы и скорости передачи последовательного интерфейса, формирование постоянных байт исходящих и входящих посылок.

2. Модуль передачи посылки, в котором обрабатывается передача предварительно заданного количества байт по последовательному каналу в штатный контроллер двигателя.

3. Модуль приема посылки из штатного контроллера двигателя. Завершение приема осуществляется по тайм-ауту.

4. Модуль установления связи между микроконтроллером АСУ и штатным контроллером двигателя, в процессе работы которого МК и контроллер двигателя пересылают друг другу по две посылки заданного содержания.

5. Главный модуль программы, в котором опрашивается состояние датчиков положения органов управления автомобилем, считывается положение задатчика уставки (уровня) частоты вращения к.в. на холостом ходу, устанавливается связь со штатным контроллером двигателя, запрашивается и принимается текущая уставка частоты вращения к.в. на холостом ходу, рассчитывается новая уставка частоты вращения к.в., которая передается в штатный контроллер двигателя.

Микроконтроллер МК имеет следующие основные характеристики:

- модель контроллера двигателя – «Январь 5.1», М1.5.4, М1.5.4N;
- тип линии связи «Микроконтроллер АСУ-Контроллер двигателя» – однопроводная K-Line;
- формат пересылаемых данных – последовательный асинхронный;
- скорость передачи данных – 10,4 кбод (кбит/с);
- напряжение питания –  $12 \pm 3В$ ;
- ток потребления – 25 мА.

Конструктивно электронный блок АСУ выполнен в виде одноплатного автономного блока 1 (рис. 2) с элементами МК и со встроенным позиционным переключателем, имеет зажимы 2 и колодку 3 подключения внешних цепей (к источнику питания и контроллеру двигателя). Колодка 3 вставляется в диагностический разъем автомобиля, а зажимы 2 закрепляются на клеммах аккумуляторной батареи.

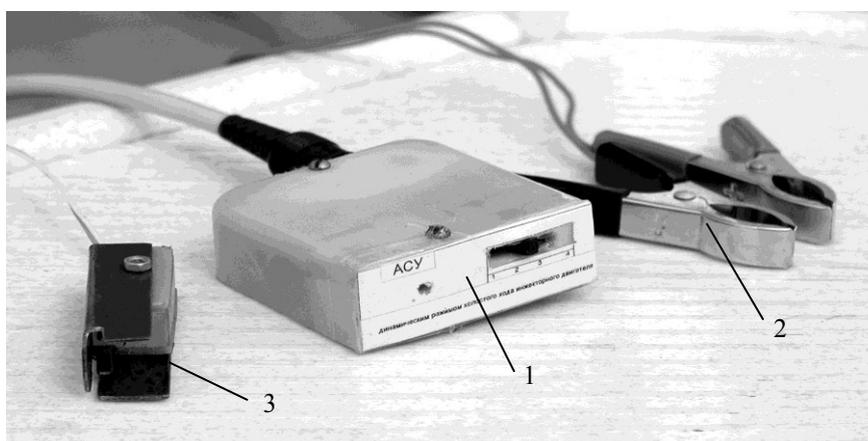


Рис. 2. Общий вид автоматизированной системы управления работой впрыскового двигателя на экспериментальном режиме самостоятельного холостого хода (наименование позиций в тексте)

Подключение электронного блока АСУ к контроллеру двигателя и аккумуляторной батарее автомобиля ВА3-2112 обеспечило стабильную работу двигателя ВА3-2111 в экспериментальном РСХХ на пониженных частотах вращения к.в. 600, 500, 400 и 300 мин<sup>-1</sup> путем перепрограммирования штатного контроллера на тот состав топливовоздушной смеси, который требуется для устойчивой работы двигателя на том или ином скоростном режиме.

Исследования показывают, что при работе двигателя в экспериментальном РСХХ на частоте вращения к.в. 500-600 мин<sup>-1</sup>, по сравнению с типовым РСХХ, эксплуатационный расход топлива снижается на 15-20%, а содержание вредных веществ в отработавших газах – на 30-60%.

**Заключение.** Разработан новый способ работы бензинового двигателя с инжекторным впрыском топлива в РСХХ и автоматизированная система для его практической реализации, позволяющие корректировать состав топливовоздушной смеси за счет перепрограммирования штатного контроллера двигателя на состав топливовоздушной смеси, соответствующий заданному скоростному режиму холостого хода. Преимуществом данной системы является компактность, широкая доступность комплектующих изделий и возможность быстрого её подключения к цепи штатного контроллера двигателя.

#### Библиографический список

1. Экономия топлива при эксплуатации автотракторных средств на холостом ходу / А. П. Уханов, С. В. Тимохин, Д. А. Уханов, А. М. Данилин // Новые промышленные технологии. – 2004. – №2. – С. 26-27.
2. Уханов, А. П. Улучшение работы автомобилей с карбюраторными двигателями на холостом ходу / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. Ф. Глебов // Новые промышленные технологии. – 2005. – №2. – С. 37-42.
3. Уханов, Д. А. Новая концепция работы двигателей автотракторной техники на безнагрузочных режимах / Д. А. Уханов // Вестник Московского госагроинженерного университета им. В.П. Горячкина. – 2008. – №2 (27). – С. 100-102.
4. Пат. 2170914 Российская Федерация, МПК G 01 M 15/00, F 02 D 41/16, 17/04. Способ снижения эксплуатационного расхода топлива силовой установкой и устройство для его осуществления / Тимохин С. В., Уханов А. П., Николаенко А. В. [и др.]. – №2000100194/06 ; заявл. 05.01.2000 ; опубл. 20.07.2001, Бюл. № 20.
5. Пат. 2204730 Российская Федерация, МПК 7F 02 D 41/16, 17/04, G 01 M 15/00. Способ управления работой транспортного двигателя внутреннего сгорания на режиме динамического холостого хода и устройство для его осуществления / Уханов А. П., Тимохин С. В., Уханов Д. А., Тимохин А. С. – №2001112308/06 ; заявл. 04.05.2001 ; опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14.
6. Пат. 2302542 Российская Федерация, МПК F 02 D 41/02, F 02 D 41/10. Система автоматического управления карбюраторным двигателем в режиме холостого хода / Уханов А. П., Уханов Д. А., Глебов М. Ф. – №2006105176/06 ; заявл. 20.02.2006 ; опубл. 10.07.2007, Бюл. № 19.
7. Пат. 2451810 РФ, МПК F 02 F 1/20. Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания / Уханов Д. А., Хохлов А. Л., Салахутдинов И. Р., Хохлов А. А. – №2011100391/06 ; заявл. 11.01.2011 ; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15. – 5 с.
8. Пат. 2460897 РФ, МПК F 02 D 41/16. Способ управления работой карбюраторного двигателя на динамическом режиме самостоятельного холостого хода / Уханов А. П., Уханов Д. А., Уханов М. А. – №2011109825/06 ; заявл. 15.03.2011 ; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. – 5 с.
9. Уханов, Д. А. Устройство для работы автомобильного дизеля в динамическом режиме холостого хода / Д. А. Уханов, А. П. Уханов // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сборник статей II Международной НПК. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – С. 3-7.
10. Уханов, Д. А. Математическое описание процесса управления топливоподачей дизеля автотракторной техники в динамическом режиме самостоятельного холостого хода / Д. А. Уханов, А. П. Уханов // Научное обозрение. – 2015. – №3. – С. 38-43.
11. Уханов, Д. А. Экспериментальная установка для исследования дизеля на безнагрузочных режимах / Д. А. Уханов // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сборник статей II Международной НПК. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – С. 88-93.
12. Уханов, Д. А. Расчетно-теоретическое обоснование показателей рабочего процесса карбюраторного двигателя в экспериментальном режиме холостого хода / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, М. Ф. Глебов // Научное обозрение. – 2015. – №4. – С. 56-62.
13. Уханов, Д. А. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных дизелей в режиме холостого хода / Д. А. Уханов // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сборник статей II Международной НПК. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – С. 93-98.

14. Уханов, Д. А. Показатели рабочего процесса карбюраторного двигателя на типовом и экспериментальном режиме самостоятельного холостого хода / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, М. Ф. Глебов // Нива Поволжья. – 2015. – №2 (35). – С. 99-105.

15. Уханов, А. П. Алгоритмы функционирования и конструктивные варианты исполнения системы автоматического управления подачей топливовоздушной смеси на экспериментальном режиме самостоятельного холостого хода карбюраторного двигателя / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. Ф. Глебов // Нива Поволжья. – 2015. – №1 (34). – С. 71-78.

16. Уханов, Д. А. Закономерности перемещения клапана системы холостого хода карбюратора при работе двигателя на экспериментальном безнагрузочном режиме / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, А. В. Гущин // Научное обозрение. – 2016. – №23. – С. 57-61.

DOI

УДК 621.436

## ВЛИЯНИЕ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [tia\\_sci\\_ssaa@mail.ru](mailto:tia_sci_ssaa@mail.ru)

**Володько Олег Станиславович**, канд. техн. наук, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [tia\\_sci\\_ssaa@mail.ru](mailto:tia_sci_ssaa@mail.ru)

**Ерзамаев Максим Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [tia\\_sci\\_ssaa@mail.ru](mailto:tia_sci_ssaa@mail.ru)

**Сазонов Дмитрий Сергеевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [tia\\_sci\\_ssaa@mail.ru](mailto:tia_sci_ssaa@mail.ru)

**Ключевые слова:** биокomпонент, жирнокислотный, кислота, олеиновая, присадка, противоизносная.

*Цель исследования – повысить противоизносные свойства дизельного топлива введением малых (до 10% по объему) доз олеиновой кислоты, применяемой в качестве противоизносной присадки. Приведены методика и результаты оценки жирнокислотного состава растительных масел, используемых в качестве компонентов смесевых топлив, которые показали, что все они содержат значительное количество ненасыщенных жирных кислот – олеиновой, линолевой и линоленовой. По результатам исследования выдвинута гипотеза о возможности использования в качестве противоизносной присадки к дизельному топливу олеиновой кислоты. Для подтверждения гипотезы были проведены поисковые исследования противоизносных свойств товарного летнего дизельного топлива с присадкой олеиновой кислоты. Исследования проводились на универсальном трибометре типа ТУ на четырехшариковом узле трения. Концентрация олеиновой кислоты в топливе менялась от 0 до 10% по объему с шагом в 2%. Нагрузка, частота вращения шпинделя и материал деталей узла трения не изменялись. Исследования показали, что, например, при концентрации олеиновой кислоты 2% по объему средний диаметр пятна износа снизился на 17,7% (с 0,508 мм при использовании дизельного топлива без добавок до 0,418 мм при добавлении 2% олеиновой кислоты). При концентрации олеиновой кислоты 4% средний диаметр пятна износа снизился на 22,9% от первоначального. При дальнейшем увеличении концентрации олеиновой кислоты (6, 8 и 10% по объему) снижение диаметра пятна износа составило соответственно 21,6, 18,9 и 13,7%, т.е. при повышении концентрации олеиновой кислоты свыше 4% противоизносные свойства дизельного топлива ухудшаются, что связано, по-видимому, с возникновением в сопряжении эффекта Ребиндера. Установлено, что для значительного повышения противоизносных свойств товарного летнего дизельного топлива достаточно ввести в его состав 2-4% олеиновой кислоты по объему. Дальнейшее увеличение концентрации противоизносной присадки приводит к снижению эффекта от ее использования.*