

*Н.Н. ПАТРАХАЛЬЦЕВ, А.А. САВАСТЕНКО*

**ПРИМЕНЕНИЕ В ДИЗЕЛЯХ  
НЕТРАДИЦИОННЫХ ТОПЛИВ,  
КАК ДОБАВОК К ОСНОВНОМУ**

**(РЕГУЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ  
ИЗМЕНЕНИЕМ СОСТАВА ТОПЛИВА)**

**Москва  
Легион-Автодата  
2014**

### УДК 621.436

Н.Н. Патрахальцев, А.А. Савастенко.

Применение в дизелях нетрадиционных топлив, как добавок к основному. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2014. – 162 с.: ил.

978-5-88850-606-6

(Код 4782)

В работе приводятся технические решения, которые уже сегодня могут быть применены для расширения ресурсов дизельных топлив путем их частичного замещения нетрадиционными, альтернативными.

Проведен анализ возможных видов альтернативных топлив (АТ), применимых в дизелях в качестве добавок к основному дизельному топливу (ДТ). Рассмотрены как АТ, легко смешиваемые с ДТ (углеводородные соединения), так и практически не смешиваемые (спирты и т.д.). Дано описание возможных систем топливоподачи, необходимых для подачи АТ в дизель, как добавок к основному ДТ. При этом предпочтение отдается, прежде всего, таким системам, которые могут быть применены на существующих дизелях путём их сравнительно простой модернизации. Проанализированы физико-химические и моторные свойства АТ и их смесей с ДТ. Представлены основные принципы регулирования дизеля изменением физико-химических свойств топлив на основе добавки к ДТ альтернативных, изложены примеры достижения поставленных целей повышения мощностных, экономических и экологических качеств дизеля на основе АТ, а также экономии топлив традиционных, нефтяного происхождения, замещением их альтернативными.

Для специалистов, занимающихся проблемами совершенствования рабочих процессов дизелей, снижения дымности и токсичности их выбросов, повышения экономичности, снижения расхода традиционных топлив нефтяного происхождения. Работа может быть полезна для студентов, изучающих курс теории ДВС, работающих на альтернативных топливах, магистрантов и аспирантов, связанных с проблемой использования альтернативных топлив.

Работа подготовлена на кафедре теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов и основана на результатах многолетних исследований, проводившихся совместно как с отечественными предприятиями, исследовательскими институтами и университетами, так и с рядом зарубежных университетов, прежде всего Латинской Америки.

© Изд-во «Легион-Автодата», 2014.

© Н.Н. Патрахальцев, А.А. Савастенко, 2014.

## СОДЕРЖАНИЕ

Основные, принятые в работе, обозначения и сокращения .....	5
Введение .....	7
<b>Глава 1. Системы питания дизелей, использующих нетрадиционные топлива .....</b>	<b>9</b>
1.1. Основные положения .....	9
1.2. Системы раздельного питания альтернативным и традиционным топливом .....	10
1.3. Системы питания альтернативным топливом в смеси с основным ...	11
1.4. Системы топливоподачи, обеспечивающие возможности регулирования дизеля изменением физико-химических свойств топлива .....	15
1.5. Необходимость регулировки или регулирования расхода добавки ..	24
1.6. Управление двигателями, реализующими метод физико-химического регулирования на основе альтернативных топлив .....	27
<b>Глава 2. Нетрадиционные (альтернативные) топлива и их моторные свойства .....</b>	<b>31</b>
2.1. Возобновляемые и невозобновляемые, традиционные и нетрадиционные ресурсы, альтернативные топлива .....	31
2.2. Основные виды альтернативных топлив, физико-химические и моторные свойства таких топлив.....	35
2.3. Определение количества воздуха, необходимого для сгорания 1 кг топлива состава $C + H + O = 1,000$ .....	38
2.4. Определение теплоты сгорания топлив и горючих смесей .....	40
2.5. Газомоторные топлива .....	42
2.5.1. Природный газ .....	42
2.5.2. Сжиженный нефтяной газ.....	45
2.6. Жидкие синтетические углеводороды.....	54
2.7. Диметилэфир.....	59
2.8. Биотоплива .....	62
2.9. Спирты.....	62
2.10. Легковоспламеняющиеся жидкости .....	67
2.11. Применение водорода в качестве топлива .....	67
2.12. Смесевые топлива.....	69
2.13. Рабочие тела на основе альтернативных топлив .....	73
2.14. Твердые топлива .....	74

---

<b>Глава 3. Регулирование дизеля изменением физико-химических свойств топлива.....</b>	<b>75</b>
3.1. «Физико-химическое» регулирование дизелей (ФХР).....	75
3.2. Применимость метода «физико-химического» регулирования .....	79
3.3. Систематизация целей, решаемых методом ФХР .....	84
<b>Глава 4. Примеры реализации метода «физико-химического» регулирования дизеля.....</b>	<b>86</b>
4.1. Снижение дымности ОГ.....	86
4.2. Снижение токсичности выбросов .....	91
4.3. Повышение топливной экономичности.....	98
4.4. Экономия нефтяного традиционного топлива замещением его альтернативным .....	102
4.5. Длительное форсирование двигателя по мощности .....	105
4.6. Кратковременное форсирование по мощности – «форсаж».....	106
4.7. Повышение эффективности пуска дизеля в особых условиях .....	111
4.8. Повышение эффективности работы двигателя в условиях высокогорья .....	116
4.9. Улучшение моторных свойств основного топлива .....	130
4.10. Утилизация различных горючих отходов .....	138
4.11. Повышение эффективности технического обслуживания.....	147
4.12. Продление моторесурса дизеля, находящегося в эксплуатации ....	150
4.13. Повышение эффективности неустановившихся режимов работы дизеля .....	152
<b>Список литературы .....</b>	<b>158</b>

*Н.Н. ПАТРАХАЛЬЦЕВ, А.А. САВАСТЕНКО*

**ПРИМЕНЕНИЕ В ДИЗЕЛЯХ  
НЕТРАДИЦИОННЫХ ТОПЛИВ,  
КАК ДОБАВОК К ОСНОВНОМУ**

**(РЕГУЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ  
ИЗМЕНЕНИЕМ СОСТАВА ТОПЛИВА)**

**Москва  
Легион-Автодата  
2014**

### УДК 621.436

Н.Н. Патрахальцев, А.А. Савастенко.

Применение в дизелях нетрадиционных топлив, как добавок к основному.  
– М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2014. – 162 с.: ил.

978-5-88850-606-6

(Код 4782)

В работе приводятся технические решения, которые уже сегодня могут быть применены для расширения ресурсов дизельных топлив путем их частичного замещения нетрадиционными, альтернативными.

Проведен анализ возможных видов альтернативных топлив (АТ), применимых в дизелях в качестве добавок к основному дизельному топливу (ДТ). Рассмотрены как АТ, легко смешиваемые с ДТ (углеводородные соединения), так и практически не смешиваемые (спирты и т.д.). Дано описание возможных систем топливоподачи, необходимых для подачи АТ в дизель, как добавок к основному ДТ. При этом предпочтение отдается, прежде всего, таким системам, которые могут быть применены на существующих дизелях путём их сравнительно простой модернизации. Проанализированы физико-химические и моторные свойства АТ и их смесей с ДТ. Представлены основные принципы регулирования дизеля изменением физико-химических свойств топлив на основе добавки к ДТ альтернативных, изложены примеры достижения поставленных целей повышения мощностных, экономических и экологических качеств дизеля на основе АТ, а также экономии топлив традиционных, нефтяного происхождения, замещением их альтернативными.

Для специалистов, занимающихся проблемами совершенствования рабочих процессов дизелей, снижения дымности и токсичности их выбросов, повышения экономичности, снижения расхода традиционных топлив нефтяного происхождения. Работа может быть полезна для студентов, изучающих курс теории ДВС, работающих на альтернативных топливах, магистрантов и аспирантов, связанных с проблемой использования альтернативных топлив.

Работа подготовлена на кафедре теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов и основана на результатах многолетних исследований, проводившихся совместно как с отечественными предприятиями, исследовательскими институтами и университетами, так и с рядом зарубежных университетов, прежде всего Латинской Америки.

© Изд-во «Легион-Автодата», 2014.

© Н.Н. Патрахальцев, А.А. Савастенко, 2014.

## СОДЕРЖАНИЕ

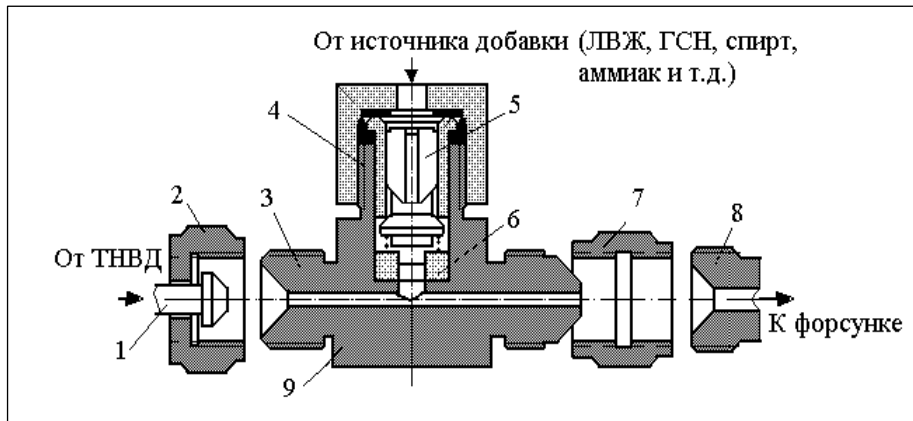
Основные, принятые в работе, обозначения и сокращения .....	5
Введение .....	7
<b>Глава 1. Системы питания дизелей, использующих нетрадиционные топлива .....</b>	<b>9</b>
1.1. Основные положения .....	9
1.2. Системы раздельного питания альтернативным и традиционным топливом .....	10
1.3. Системы питания альтернативным топливом в смеси с основным ...	11
1.4. Системы топливоподачи, обеспечивающие возможности регулирования дизеля изменением физико-химических свойств топлива .....	15
1.5. Необходимость регулировки или регулирования расхода добавки ..	24
1.6. Управление двигателями, реализующими метод физико-химического регулирования на основе альтернативных топлив .....	27
<b>Глава 2. Нетрадиционные (альтернативные) топлива и их моторные свойства .....</b>	<b>31</b>
2.1. Возобновляемые и невозобновляемые, традиционные и нетрадиционные ресурсы, альтернативные топлива .....	31
2.2. Основные виды альтернативных топлив, физико-химические и моторные свойства таких топлив .....	35
2.3. Определение количества воздуха, необходимого для сгорания 1 кг топлива состава $C + H + O = 1,000$ .....	38
2.4. Определение теплоты сгорания топлив и горючих смесей .....	40
2.5. Газомоторные топлива .....	42
2.5.1. Природный газ .....	42
2.5.2. Сжиженный нефтяной газ .....	45
2.6. Жидкие синтетические углеводороды .....	54
2.7. Диметилэфир .....	59
2.8. Биотоплива .....	62
2.9. Спирты .....	62
2.10. Легковоспламеняющиеся жидкости .....	67
2.11. Применение водорода в качестве топлива .....	67
2.12. Смесевые топлива .....	69
2.13. Рабочие тела на основе альтернативных топлив .....	73
2.14. Твердые топлива .....	74

---

<b>Глава 3. Регулирование дизеля изменением физико-химических свойств топлива.....</b>	<b>75</b>
3.1. «Физико-химическое» регулирование дизелей (ФХР).....	75
3.2. Применимость метода «физико-химического» регулирования .....	79
3.3. Систематизация целей, решаемых методом ФХР .....	84
<b>Глава 4. Примеры реализации метода «физико-химического» регулирования дизеля.....</b>	<b>86</b>
4.1. Снижение дымности ОГ.....	86
4.2. Снижение токсичности выбросов .....	91
4.3. Повышение топливной экономичности.....	98
4.4. Экономия нефтяного традиционного топлива замещением его альтернативным .....	102
4.5. Длительное форсирование двигателя по мощности .....	105
4.6. Кратковременное форсирование по мощности – «форсаж».....	106
4.7. Повышение эффективности пуска дизеля в особых условиях .....	111
4.8. Повышение эффективности работы двигателя в условиях высокогорья .....	116
4.9. Улучшение моторных свойств основного топлива .....	130
4.10. Утилизация различных горючих отходов .....	138
4.11. Повышение эффективности технического обслуживания.....	147
4.12. Продление моторесурса дизеля, находящегося в эксплуатации ....	150
4.13. Повышение эффективности неустановившихся режимов работы дизеля .....	152
<b>Список литературы .....</b>	<b>158</b>



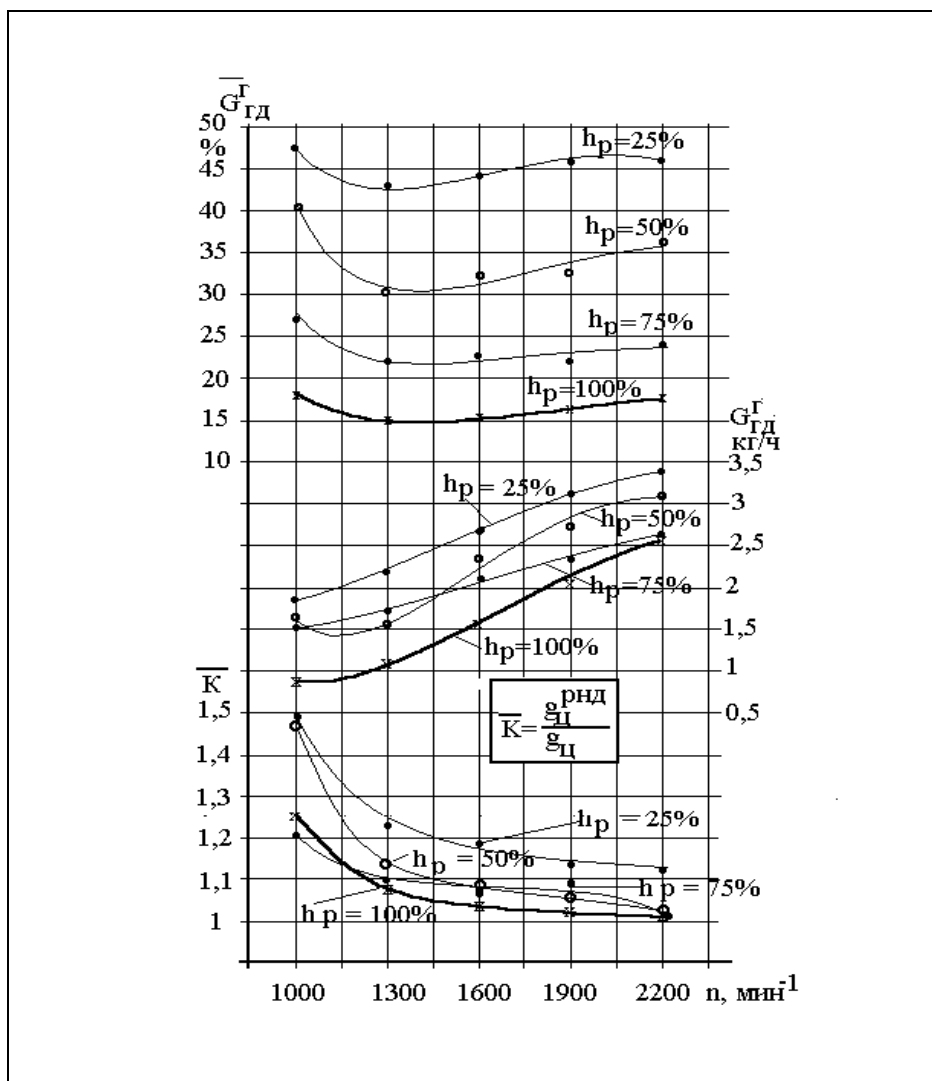
Пример конструктивной модернизации системы топливоподачи дизеля для ввода АТ показан на рис. 1.4.2.



**Рис. 1.4.2. Вариант конструктивного выполнения клапана регулирования начального давления (РНД) (с одинарным запиранием) и его включения между ТНВД и форсункой: 1 – трубопровод высокого давления от ТНВД, 2 – накидная гайка, 3 – штуцер узла с клапаном РНД, 4 – корпус размещения клапана РНД, 5 – клапан РНД с направляющим хвостовиком, запорным конусом и седлом и возвратной пружиной, 6 – ограничитель хода клапана РНД 5, 7 – стяжная гайка, 8 – штуцер форсунки.**

В данном случае узел с клапаном РНД размещается в разрыве трубопровода высокого давления между штатным ТНВД и форсункой. Узел является быстросъемным. Подвод к нему альтернативного топлива или другой добавки может осуществляться гибкими, удобными для размещения трубопроводами. Выполнение клапана РНД может быть реализовано с одинарным (как в схеме рис. 1.4.2) или с двойным запиранием (рис. 1.4.3).

Сущность выполнения клапана РНД с одинарным или двойным запиранием заключается в следующем. Клапан с одинарным запиранием закрывает объем ЛВД благодаря запорному конусу при посадке клапана в седло. Клапан с двойным запиранием имеет дополнительное плоское седло 15, на которое клапан РНД садится плоскостью 14 при полном его открытии (полном смещении влево по чертежу). Таким образом, клапан с одинарным запиранием позволяет ввод добавки в ЛВД при его полном или частичном открытии, а клапан с двойным запиранием допускает ввод добавки только при движении клапана в сторону открытия или в сторону закрытия (т.е. только при частичном открытии клапана РНД).



*Рис. 1.5.2. Влияние добавки к дизельному топливу сжиженного нефтяного газа через клапан РНД на изменение производительности топливной системы дизеля Д-240 (4Ч11/12,5) при разных положениях рейки ТНВД ( $h_p$ ):  $K$  – коэффициент коррекции топливоподачи, благодаря вводу СПБТ через клапан РНД,  $G_{гд}^г$  – абсолютный расход сжиженного газа, приведенный к дизельному топливу по теплоте сгорания,  $G_{гд}^г$  – относительная доля сжиженного газа (приведенного) в смеси топливе.*

### 4.5. Длительное форсирование двигателя по мощности

Как показано выше, повышение мощности двигателя за счет использования альтернативных топлив с повышенной теплотой сгорания практически незначительно или невозможно. В то же время если в качестве параметра, ограничивающего возможное повышение мощности, использовать установленный заводом-изготовителем предел дымления, то благодаря важному свойству АТ снижать дымность ОГ появляется возможность форсировать рабочий процесс дизеля по составу горючей смеси до уровня дымности, близкого к предельно допустимому [29, 30, 31] (рис. 4.5.1).

**Рис. 4.5.1. Внешние скоростные характеристики дизеля 8Ч13/14 без наддува (д), с наддувом (дн), при газодизельном выполнении (гд) и газодизельном выполнении и форсировании по мощности (гдф).**

Очевидно, что при этом должны быть проведены проверки на допустимость возрастания максимальных давлений циклов, максимальных температур и температур выпуска, допустимости скоростей нарастания давления и т.д. Аналогичные мероприятия, конечно, проводятся и при форсировании двигателя наддувом.

