

Рядные многоплунжерные топливные насосы высокого давления дизелей

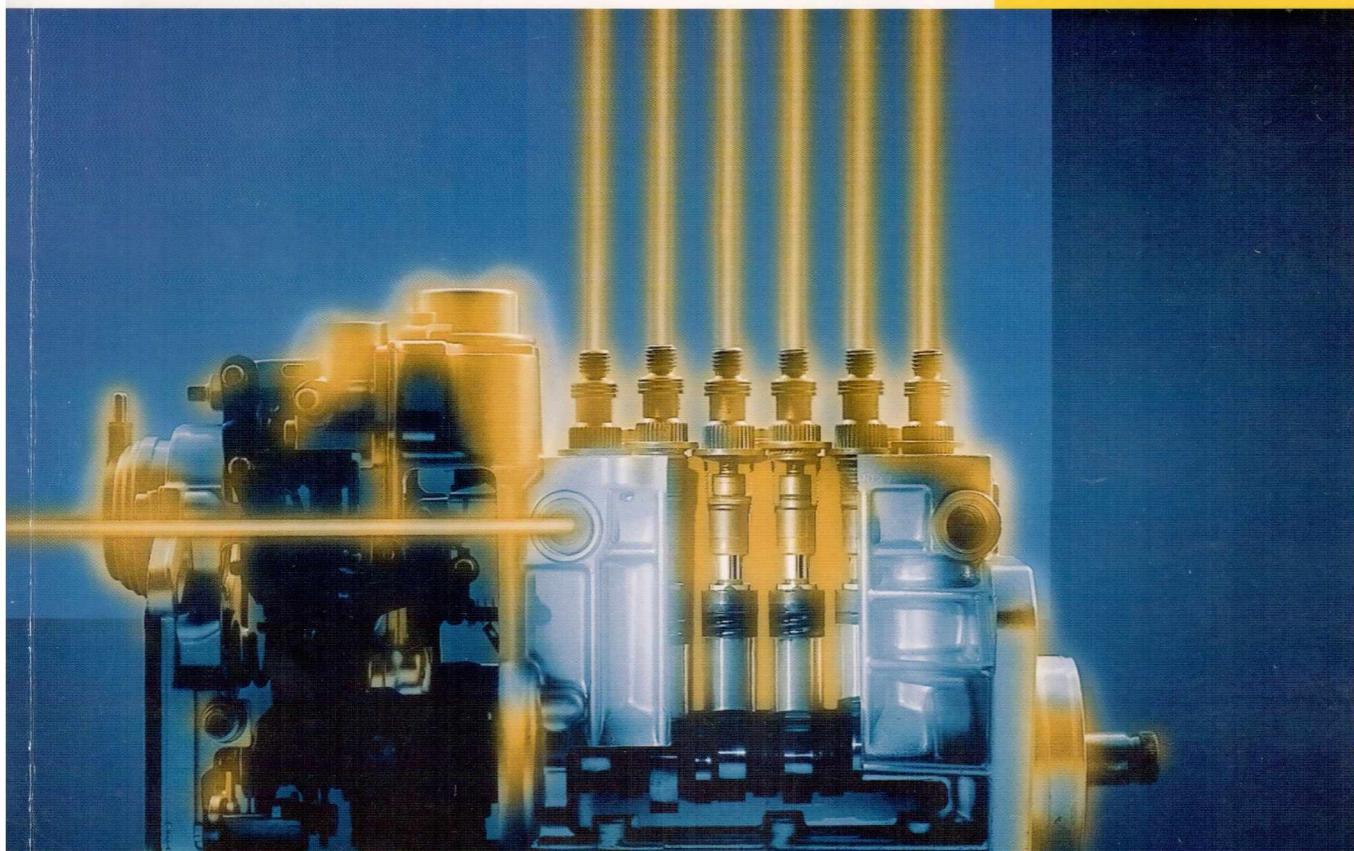
BOSCH



Автомобильные технологии

rutracker.org
новое имя для torrents.ru

- Конструкция насосов
- Конструкция регуляторов
- Принципы работы



Рядные многоплунжерные топливные насосы высокого давления дизелей.

Перевод с английского. Учебное пособие. - М.:

2009. - 144 с.: ил. Код (0500)

Diesel In-Line Fuel-Injection Pumps

© Robert Bosch GmbH, 2003 Postfach 1129,

D-73201 Plochingen, Federal Republic Germany

ISBN 978-5-88850-409-3 (рус.)

ISBN 3-934584-68-3 (англ.)

Рядные многоплунжерные
топливные насосы
высокого давления дизелей

Robert Bosch GmbH

► Содержание

- 4 **Обзор топливных систем дизелей**
- 4 Технические требования
- 6 **Обзор топливных систем с рядными многоплунжерными ТНВД**
- 6 Области применения
- 6 Типы ТНВД
- 7 Состав системы
- 7 Регулирование
- 10 **Система топливоподдачи (линия низкого давления)**
- 10 Топливный бак
- 10 Топливные линии (трубопроводы топливоподдачи)
- 11 Фильтр дизельного топлива
- 12 Дополнительные клапаны рядных многоплунжерных ТНВД
- 14 **Топливоподкачивающие насосы рядных многоплунжерных ТНВД**
- 14 Применения
- 15 Устройство и принцип работы
- 17 Насосы ручной прокачки
- 17 Предварительный топливный фильтр
- 17 Система подачи топлива самотёком
- 18 **Стандартные рядные многоплунжерные ТНВД «Тип РЕ»**
- 19 Установка и система привода
- 19 Устройство и принцип действия
- 28 Варианты конструкций ТНВД
- 38 Многоплунжерные рядные ТНВД типа РЕ для работы на альтернативных топливах
- 39 Работа рядных многоплунжерных ТНВД
- 40 **Регуляторы и системы автоматического регулирования и управления рядных многоплунжерных ТНВД**
- 40 Разомкнутые и замкнутые системы управления
- 42 Принцип действия регулятора частоты вращения/системы автоматического регулирования
- 42 Режимы работы (определения)
- 43 Формирование регуляторных характеристик
- 44 Назначение регулятора/системы автоматического регулирования (управления)
- 47 Типы регуляторов частоты вращения/ систем автоматического регулирования (управления)
- 52 **Обзор конструктивных типов регуляторов частоты вращения**
- 58 Механические регуляторы частоты вращения
- 84 Регулировочные устройства
- 97 Пневматическое устройство остановки двигателя Тип РНАВ
- 98 Муфты опережения впрыска топлива
- 100 Механизмы электромагнитного привода
- 102 Полудиференциальный датчик с кольцом замыкания
- 104 **Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой**
- 105 Устройство и принцип действия
- 108 **Распылители форсунок**
- 110 Штифтовые распылители форсунок
- 112 Распылители соплового типа
- 116 Дальнейшее развитие конструкций распылителей
- 118 **Форсунки**
- 120 Стандартные форсунки
- 121 Форсунки со ступенчатым упором
- 122 Двухпружинные форсунки
- 123 Форсунки с датчиком подъёма иглы распылителя
- 124 **Линии высокого давления**
- 124 Арматура соединений линий высокого давления
- 125 Трубопроводы линий высокого давления
- 128 **Электронное управление дизелей**
- 128 Технические требования
- 128 Обзор систем управления
- 129 Системные блоки
- 130 Рядные многоплунжерные ТНВД
- 132 **Технология технического обслуживания**
- 132 Обзор
- 134 Стенды для испытаний ТНВД
- 136 Испытание рядных многоплунжерных ТНВД
- 140 Испытание форсунок
- 142 **Аббревиатуры**

С момента создания фирмой Bosch первого рядного многоплунжерного ТНВД в 1927 году бесчисленное множество таких насосов обеспечивают надёжную работу дизелей. Эта «классическая технология впрыска топлива в дизелях» и сегодня используется на очень многих двигателях. Главным их достоинством являются высокая надёжность и простота технического обслуживания.

Рядные многоплунжерные ТНВД типа PE обслуживают весьма значительный парк дизельных двигателей. Они используются в небольших стационарных двигателях, двигателях легковых и грузовых автомобилей и даже в больших судовых дизелях мощностью несколько тысяч киловатт. Следовательно, знакомство с этим типом ТНВД является важным началом для каждого, кто интересуется дизелями.

В сочетании с системой электронного управления дизелей (EDC), всё повышающимся давлением впрыска топлива и высокой точностью дозирования топливоподачи эти насосы могут достигать значительного улучшения в долговечности, снижении уровня выброса вредных веществ и расхода топлива.

Данная книга является частью серии «Технические инструкции», касающейся методов обеспечения впрыска топлива в дизелях. В ней находит объяснение каждый важный аспект множества конструкций ТНВД и их компонентов, таких как корпуса ТНВД и нагнетательные клапаны, также как и проникновение в принципы их работы.

В книге имеются также главы, посвящённые регуляторам частоты вращения и системам автоматического регулирования и управления, описание функциональных режимов, таких как ограничение промежуточной и максимальной частоты вращения, конструктивных типов ТНВД и принципов действия. Приводятся также объяснения устройства и работы таких важных компонентов систем топливоподачи дизелей, как форсунки и распылители форсунок.

В главе, посвящённой способам технического обслуживания, описываются методы испытаний и регулировок элементов топливных систем дизелей.

Отдельно даются подробные объяснения принципов работы систем электронного управления дизелей (EDC).

Обзор топливных систем дизелей

Дизели характеризуются высоким уровнем топливной экономичности. С первых серийных ТНВД, выпуск которых начался фирмой Bosch в 1927 году, топливные системы дизелей неуклонно совершенствовались.

Дизели имеют широкую область применения в различных вариантах исполнения в зависимости от их назначения (рис. 1 и таблица 1), в частности:

- привод передвижных электрических генераторов (цилиндровой мощностью до 10 кВт/цилиндр);
- быстроходные двигатели легковых и лёгких коммерческих автомобилей (цилиндровой мощностью до 50 кВт/цилиндр);
- двигатели строительных и сельскохозяйственных машин (цилиндровой мощностью до 50 кВт/цилиндр);
- двигатели тяжёлых грузовых автомобилей, автобусов и тракторов (цилиндровой мощностью до 80 кВт/цилиндр);
- стационарные двигатели, например, для привода резервных электрических генераторов (цилиндровой мощностью до 160 кВт/цилиндр);
- тепловозные и судовые двигатели (цилиндровой мощностью до 1000 кВт/цилиндр).

Технические требования

В связи с жёсткими нормами по снижению шума и вредных выбросов с отработавшими газами (ОГ), а также по снижению расхода топлива, особенно строгие требования предъявляются к топливным системам дизелей.

Топливная система дизеля должна обеспечивать точное дозирование подачи топлива в камеру сгорания под высоким давлением таким образом, чтобы осуществлялось эффективное смешение топлива с воздухом в соответствии с типом камеры сгорания (дизели с непосредственным впрыском топлива или дизели с разделёнными камерами сгорания) и режимом работы двигателя. Мощность и частота вращения дизелей регулируются путём изменения величины объёма впрыскиваемого топлива, поскольку в них отсутствует дроссельная заслонка.

Топливные системы дизелей с механическими регуляторами частоты вращения всё больше вытесняются системами электронного управления (EDC). Все новые системы впрыска топлива легковых и коммерческих автомобилей имеют электронные системы управления.

1 Области применения дизельных топливных систем фирмы Bosch

- Рис. 1
M, MW,
A, P, H,
ZWM,
CW Рядные много-
плунжерные
ТНВД (перечис-
лены по возраст-
ающему разме-
рам)
PF Одноплунжер-
ные ТНВД
VE ТНВД распре-
делительного типа
с аксиальным
плунжером
VR Роторные ТНВД
распределитель-
ного типа
UPS Топливная сис-
тема с индивиду-
альными ТНВД
UIS Топливная сис-
тема с насос-
форсунками
CR Топливная сис-
тема Common
Rail

							
M		MW 	M 	A/P 	P/H 	ZWM 	ZWM 
PF			PF 	PF 	PF 	PF 	PF 
VE		VE 	VE 	VE 	VE 		VE 
VR		VR 	VR 	VR 	VR 		
UIS		UIS 	UIS 	UIS 	UIS 	UIS 	
UPS			UPS 	UPS 	UPS 	UPS 	UPS 
CR		CR 	CR 	CR 	CR 	CR 	CR 

12 Свойства и характеристики наиболее важных дизельных топливных систем

Топливная система	Применение	Параметры впрыска топлива		Способ управления			Показатели двигателя		
Тип	P Легковые автомобили и легкие грузовики N Коммерческие автомобили и автобусы O Внедорожники ¹⁾ S Суды/тепловозы	Цикловая подача топлива мм ³	Максимально допустимое давление впрыска бар	PI Предварительный впрыск топлива POI Дополнительный впрыск топлива (после основного)	h Гидравлический m Механический em Электромеханический MV Электромагнитный клапан	DI Дизели с непосредственным впрыском топлива IDI Дизели с разделенными камерами сгорания	Число цилиндров двигателя	Максимальная частота вращения мин ⁻¹	Максимальная цилиндровая мощность кВт
Рядные ТНВД									
M	P, O	60	550		m, em	IDI	4...6	5000	20
A	O	120	750		m	DI/IDI	2...12	2800	27
M W ⁸⁾	P, N, O	150	1100		m	DI	4...8	2600	36
P3000	N, O	250	950		m, em	DI	4...12	2600	45
P7100	N, O	250	1200		m, em	DI	4...12	2500	55
P8000	N, O	250	1300		m, em	DI	6...12	2500	55
P8500	N, O	250	1300		m, em	DI	4...12	2500	55
H1	N	240	1300		em	DI	6...8	2400	55
H1000	N	250	1350		em	DI	5...8	2200	70
P 1 0	S, O	800	1200		m, em, h	DI/IDI	6...12	2400	140
Z W (M)	S, O	900	950		m, em, h	DI/IDI	4...12	2400	160
P 9	S, O	1200	1200		m, em, h	DI/IDI	6...12	2000	180
W	S, O	1500	1000		m, em, h	DI/IDI	6...10	1800	200
ТНВД распределительного типа с аксиальным плунжером									
VE...F	P	70	350		m	IDI	3...6	4800	25
VE...F	P	70	1205		m	DI	4...6	4400	25
VE...F	N, O	125	800		m	DI	4, 6	3800	30
VP37 (VE...EDC)	P	70	1250		em ⁷⁾	DI	3...6	4400	25
VP37 (VE...EDC)	O	125	800		em ⁷⁾	DI	4, 6	3800	30
VP30 (VE...M)	P	70	1400	PI	Mv ⁷⁾	DI	4...6	4500	25
VP30 (VE...M)	O	125	800	PI	Mv ⁷⁾	DI	4, 6	2600	30
Роторные ТНВД									
VP44 (VR)	P	85	1900	PI	Mv ⁷⁾	DI	4, 6	4500	25
VP44 (VR)	N	175	1500		Mv ⁷⁾	DI	4, 6	3300	45
Одноплунжерные ТНВД									
PF(R) ...	O	13... 120	450... 1150		m, em	DI/IDI	любой	4000	4... 30
PF(R) ... Большие дизели	P, N, O, S	150... 18000	800... 1500		m, em	DI/IDI	любой	300... 2000	75... 1000
UISP1	P	60	2050	PI	Mv	DI	5, 2, 2a)	4800	25
UIS 30	N	160	1600		Mv	DI	8 ²⁾	4000	35
UIS 31	N	300	1600		Mv	DI	8 ²⁾	2400	75
UIS 32	N	400	1800		Mv	DI	8 ²⁾	2400	80
UPS 12	N	180	1600		Mv	DI	8 ²⁾	2400	35
UPS 20	N	250	1800		Mv	DI	8 ²⁾	3000	80
UPS (PF...MV)	S	3000	1600		Mv	DI	6...20	1000	450
Топливные системы "Common Rail"									
CR первое поколение	P	100	1350	PI, POI ³⁾	Mv	DI	3...8	4800 ⁴⁾	30
CR второе поколение	P	100	1600	PI, POI ⁵⁾	Mv	DI	3...8	5200	30
CR	N, S	400	1400	PI, POI ⁶⁾	Mv	DI	6...16	2800	200

Таблица 1

- 1) Стационарные двигатели, двигатели строительных и сельскохозяйственных машин
- 2) Двигатели с большим числом цилиндров могут быть с двумя электронными блоками управления
- 2a) EDC 16: шесть цилиндров
- 3) Предварительный впрыск за 90° до ВМТ, возможен дополнительный (после основного) впрыск топлива
- 4) Максимально допустимая частота вращения 5500 мин⁻¹
- 5) Предварительный впрыск за 90° до ВМТ, дополнительный (после основного) впрыск топлива до 210° после ВМТ
- 6) Предварительный впрыск за 30° до ВМТ, возможен дополнительный (после основного) впрыск топлива
- 7) Электрогидравлическое регулирование угла опережения впрыска топлива с использованием электромагнитного клапана
- 8) Этот тип ТНВД больше не используется в новых топливных системах

Обзор топливных систем с рядными многоплунжерными ТНВД

Нет других так широко используемых топливных систем как системы с рядными многоплунжерными ТНВД — «классика» систем впрыска топлива в дизелях. В течение многих лет эта система постоянно совершенствовалась и адаптировалась для соответствия многим областям применения. В результате имеется множество вариантов исполнения систем, которые всё ещё используются в настоящее время. Особым достоинством рядных многоплунжерных ТНВД является их исключительная долговечность и лёгкость технического обслуживания.

Области применения

Дизельная топливная система служит для подачи топлива в двигатель. Чтобы выполнить эту функцию, ТНВД создаёт необходимое для впрыска давление топлива и подаёт его в цилиндры в необходимом количестве. Топливо проходит по линии высокого давления к форсунке, которая впрыскивает его в камеру сгорания двигателя. Процесс сгорания в дизеле в основном зависит от количества и способа подачи топлива в камеру сгорания. Наиболее важными критериями в этом отношении являются:

- угол опережения и продолжительность впрыска топлива;
- спектр распыливания топлива по пространству камеры сгорания;
- момент начала воспламенения топлива;
- объём впрыскиваемого топлива по углу поворота коленчатого вала;
- общий объём впрыскиваемого топлива для достижения желаемой мощности двигателя.

Рядные многоплунжерные ТНВД используются во всём мире в двигателях средне- и большегрузных грузовых автомобилей, также как в судовых и стационарных двигателях. Регулирование частоты вращения дизелей осуществляется или механическими регуляторами, возможно в комбинации с муфтами опережения впрыска, или электронными исполнительными механизмами (Таблица 1 на странице 9). В отличие от других дизельных топливных систем смазка рядных ТНВД осуществляется централизованно от системы смазки двигателя. По этой причине они могут работать с топливом более низкого качества.

Типы ТНВД

Стандартные рядные многоплунжерные ТНВД

Диапазон выпускаемых в настоящее время стандартных рядных многоплунжерных ТНВД охва-

тывает большое число типов (Таблица 1 на странице 9), которые устанавливаются на дизели с числом цилиндров от двух до двенадцати и цилиндровой мощностью от 10 до 200 кВт/цилиндр (см. также Таблицу 1 в главе «Обзор топливных систем дизелей»). Рядные ТНВД одинаково подходят для использования как в дизелях с непосредственным впрыском топлива (DI), так и в дизелях с разделёнными камерами сгорания (IDI). В зависимости от требуемого давления впрыска, количества и продолжительности впрыска топлива имеются следующие модели рядных многоплунжерных ТНВД:

- Тип М для 4 - 6-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 550 бар;
- Тип А для 2 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 750 бар;
- Тип Р3000 для 4 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 950 бар;
- Тип Р7100 для 4 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1200 бар;
- Тип Р8000 для 6 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1300 бар;
- Тип Р8500 для 4 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1300 бар;
- Тип R для 4 - 12 цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1150 бар;
- Тип Р10 для 6 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1200 бар;
- Тип ZW(M) для 4 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 950 бар;
- Тип Р9 для 6 - 12-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1200 бар;
- Тип CW для 6 - 10-цилиндровых двигателей, давление впрыска до 1000 бар.

На двигатели коммерческих автомобилей обычно устанавливается модель ТНВД Тип Р.

Рядные многоплунжерные ТНВД с дозирующей муфтой

Диапазон рядных многоплунжерных ТНВД включает также модель с дозирующей муфтой (Тип Н), которая в дополнение к регулированию цикловой подачи позволяет осуществлять регулирование момента начала подачи топлива. ТНВД типа Н управляются электронным контроллером «Тип RE», который имеет два исполнительных механизма (привода). Это устройство позволяет осуществлять регулирование момента начала впрыска и количество впрыскиваемого топлива (величину цикловой подачи) с помощью двух реек, что позволяет исключить автоматическую муфту опережения впрыска топлива. Имеются следующие версии моделей ТНВД типа Н:

- Тип Н1 для 6 - 8- цилиндровых двигателей с давлением впрыска до 1300 бар;
- Тип Н1000 для 5 - 8- цилиндровых двигателей с давлением впрыска до 1350 бар.

Состав системы

Кроме ТНВД вся дизельная топливная система (рис. 1 и 2) включает в себя следующие элементы:

- топливоподкачивающий насос (топливный насос низкого давления) для подачи топлива из топливного бака через топливный фильтр к ТНВД;
- механический регулятор частоты вращения или система электронного управления для регулирования частоты вращения и количества впрыскиваемого топлива;
- устройство опережения впрыска топлива (если требуется) для изменения момента начала впрыска в зависимости от частоты вращения двигателя;
- комплект трубок линии высокого давления в соответствии с числом цилиндров двигателя;
- соответствующее число форсунок.

Для нормального функционирования дизеля все эти компоненты должны быть согласованы друг с другом.

Регулирование

Эксплуатационные параметры дизеля регулируются ТНВД и регулятором частоты вращения, который управляет рейкой ТНВД. Крутящий момент двигателя приблизительно пропорционален величине цикловой подачи топлива.

Механические регуляторы частоты вращения

Механические регуляторы частоты вращения, которые работают с рядными ТНВД, являются регуляторами с центробежными грузами. Такой тип регулятора связан с педалью акселератора посредством тяги и рычага управления. На выходной стороне регулятор управляет рейкой ТНВД. Различные регуляторные характеристики, которые обеспечиваются регулятором, зависят от его типа:

- однорежимный регулятор RQ ограничивает максимальную частоту вращения двигателя;
- двухрежимные регуляторы RQ и RQU кроме ограничения максимальной частоты вращения двигателя обеспечивают также регулирование минимальной частоты вращения холостого хода;
- всережимные регуляторы RQV, RQUV, RQV..K, RSV и RSUV обеспечивают также регулирование промежуточных скоростных режимов.

1 Топливная система дизеля со стандартным рядным многоплунжерным ТНВД и механическим регулятором частоты вращения

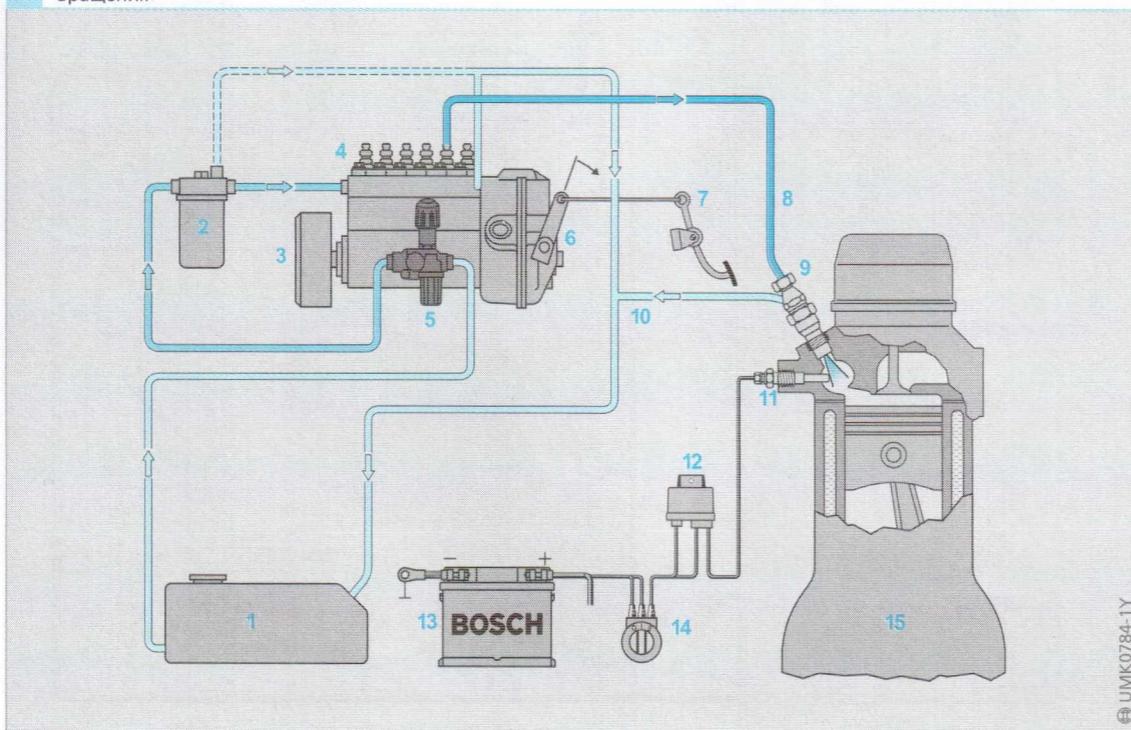


Рис. 1

- 1 Топливный бак
- 2 Топливный фильтр с перепускным клапаном (опция)
- 3 Муфта опережения впрыска топлива
- 4 Рядный ТНВД
- 5 Подкачивающий насос (смонтирован на ТНВД)
- 6 Регулятор
- 7 Педаль акселератора
- 8 Линия высокого давления
- 9 Форсунка
- 10 Линия возврата топлива
- 11 Свеча накаливания (тип GSK)
- 12 Блок управления свечами накаливания (тип GZS)
- 13 Аккумуляторная батарея
- 14 Выключатель стартера/свечей накаливания («замок зажигания»)
- 15 Дизель с разделенной камерой сгорания (IDI)

Рис. 2

- 1 Топливный бак
- 2 Топливный фильтр
- 3 Электромагнитный клапан остановки двигателя (Тип ELAB)
- 4 Рядный ТНВД
- 5 Подкачивающий насос
- 6 Датчик температуры топлива
- 7 Исполнительный механизм начала подачи топлива
- 8 Устройство с датчиком положения рейки и датчиком частоты вращения
- 9 Топливная форсунка
- 10 Свеча накаливания
- 11 Датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя
- 12 Датчик частоты вращения коленчатого вала
- 13 Дизель с непосредственным впрыском топлива (DI)
- 14 Блок управления свечей накаливания GZS
- 15 Электронный блок управления двигателя
- 16 Датчик температуры воздуха
- 17 Датчик давления наддува
- 18 Турбокомпрессор
- 19 Датчик положения педали акселератора
- 20 Рычаг управления FGR, EDR, HGB или ZDR
- 21 Тахограф или датчик скорости автомобиля
- 22 Выключатели на сцеплении, тормозах и горного тормоза
- 23 Аккумуляторная батарея
- 24 Диагностический интерфейс
- 25 Выключатель свечей накаливания/стартера («замок зажигания»)

Муфты опережения впрыска топлива

Для того чтобы управлять началом впрыска топлива и компенсировать время прохождения волны давления по трубке линии высокого давления, стандартные рядные ТНВД оснащаются устройством, которое «опережает» начало подачи ТНВД при увеличении частоты вращения двигателя. В специальных случаях используется система управления по нагрузке двигателя. Нагрузка дизеля и частота вращения определяются величиной цикловой подачи топлива, без какого-либо воздействия дроссельной заслонкой на поток воздуха на впуске.

Электронные системы управления

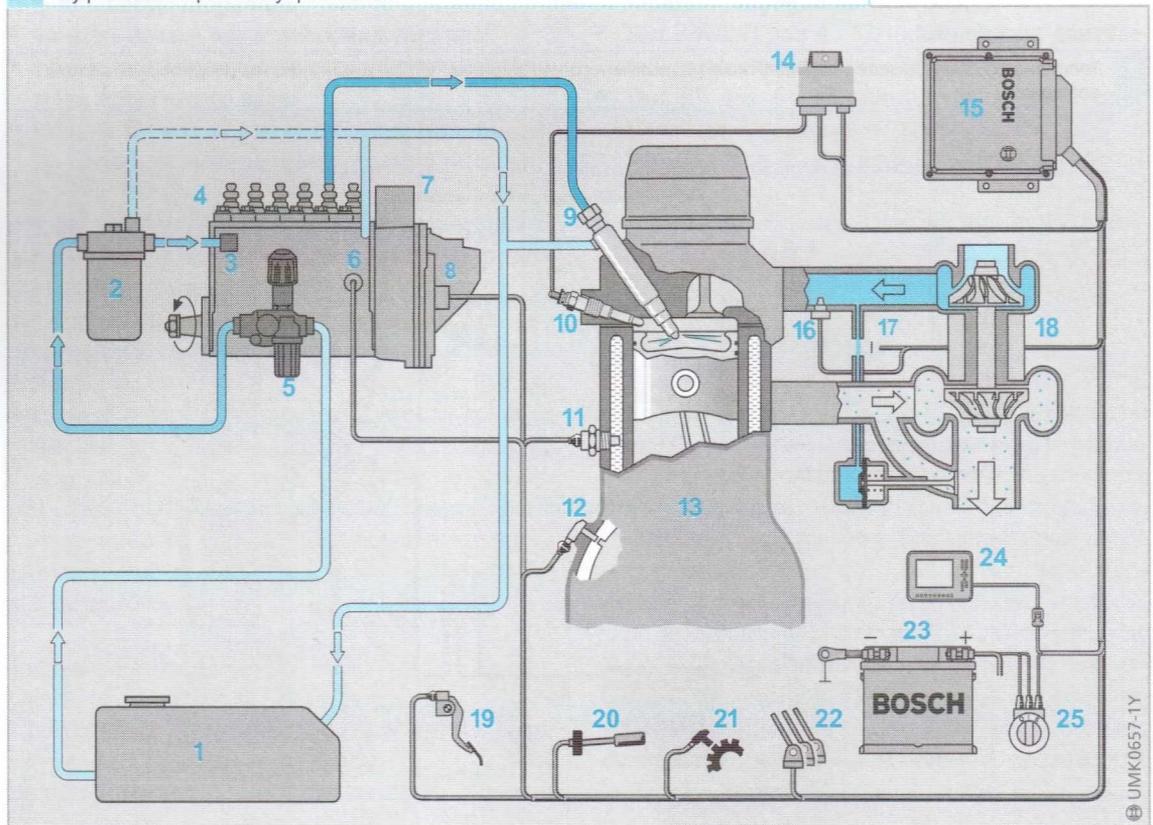
Если используется электронная система управления, то имеется датчик положения педали акселератора, соединённый с электронным блоком управления. Электронный блок управления преобразует сигнал датчика положения педали акселератора в соответствующий сигнал перемещения рейки ТНВД, одновременно принимая во внимание частоту вращения двигателя.

Электронная система управления выполняет значительно больше расширенных функций, чем механический регулятор. Посредством электрически измеряемых процессов, гибкой электронной обработки данных и систем управления с обратной связью и электрическими исполнительными приводами система делает возможным более быстрое срабатывание по сигналам переменных величин, чем это возможно с механическими регуляторами.

Системы электронного управления дизелей могут также обмениваться данными с другими электронными системами управления (например, с противобуксовочной системой (TCS), системой электронного управления трансмиссией), и следовательно могут быть интегрированы в общую бортовую систему автомобиля.

Электронное управление дизелями улучшает их эмиссионные характеристики посредством более точного дозирования подачи топлива.

2 Дизельная топливная система с рядным многоплунжерным ТНВД и дозирующей муфтой с электронным управлением



1 Области применения наиболее важных рядных многоплунжерных ТНВД и их регуляторов частоты вращения

Область применения	Легковые автомо- били	Стационарные двигатели	Коммерческие автомобили	Строительные и сельскохозяй- ственные машины	Тепловозы	Суда
Тип ТНВД						
Стандартный рядный ТНВД Тип М	•	–	–	•	–	–
Стандартный рядный ТНВД Тип А	–	•	–	•	–	–
Стандартный рядный ТНВД Тип MW ¹⁾	–	–	•	•	–	–
Стандартный рядный ТНВД Тип Р	–	•	•	•	•	•
Стандартный рядный ТНВД Тип Р ²⁾	–	–	•	•	•	•
Стандартный рядный ТНВД Тип Р10	–	•	–	•	•	•
Стандартный рядный ТНВД Тип ZW(U)	–	–	–	–	•	•
Стандартный рядный ТНВД Тип Р9	–	•	–	•	•	•
Стандартный рядный ТНВД Тип CW	–	–	–	–	•	•
Рядный ТНВД с дозирующей муфтой (Тип О)	–	–	•	–	–	–
Тип регулятора						
Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RSF	•	–	–	•	–	–
Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RQ	–	–	•	•	–	–
Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RQU	–	–	–	–	–	•
Всережимный регулятор частоты вращения Тип RQV	–	•	•	•	–	–
Всережимный регулятор частоты вращения Тип RQUV	–	–	–	–	•	•
Всережимный регулятор частоты вращения Тип RQVK	–	–	•	–	–	–
Всережимный регулятор частоты вращения Тип RSV	–	•	–	–	–	–
Всережимный регулятор частоты вращения Тип RSUV	–	–	–	–	–	•
Тип RE (электрический привод рейки)	•	–	•	–	–	–

Таблица 1

- 1) Этот тип насоса больше не используется в новых системах
- 2) Такая же конструкция, как и Тип Р, но предназначена для более тяжёлых нагрузок

3 Области применения наиболее важных рядных многоплунжерных ТНВД и их регуляторов частоты вращения

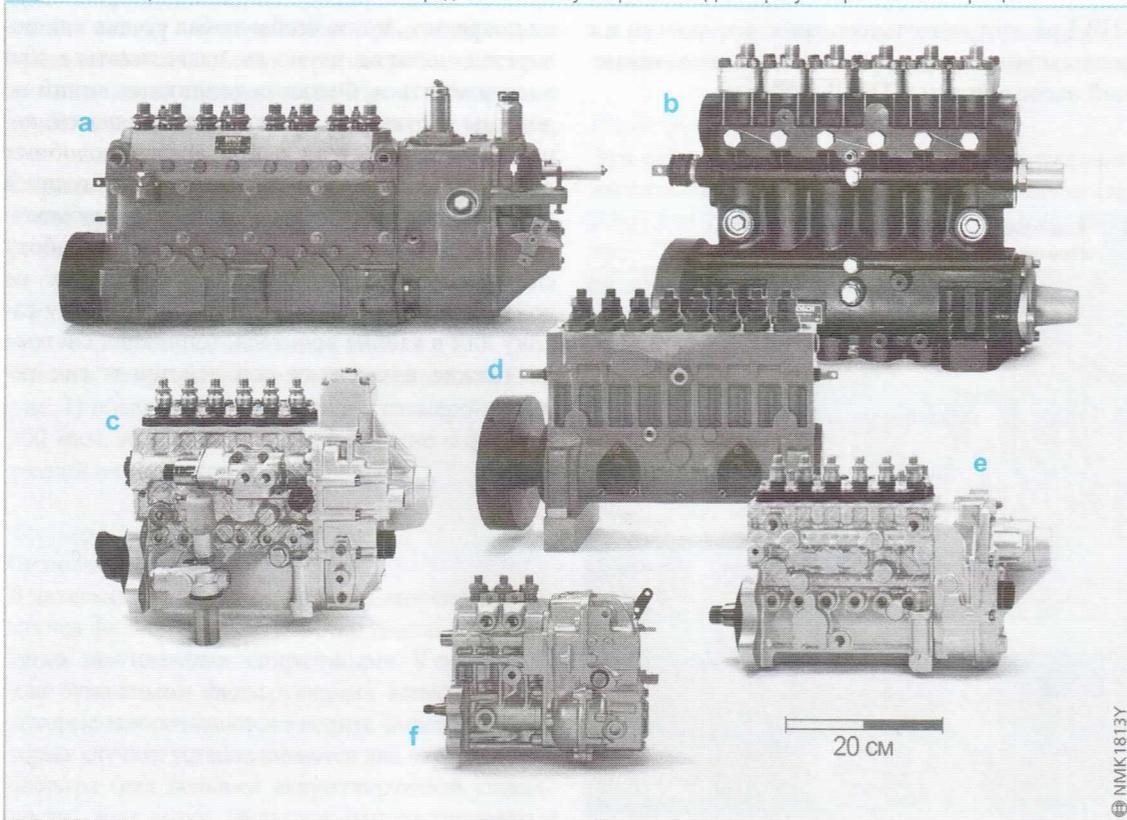


Рис. 3.

Типы ТНВД:

- a ZWM (8 цилиндров)
- b CW (6 цилиндров)
- c Н (с дозирующей муфтой - 6 цилиндров)
- d Р9/Р10 (8 цилиндров)
- e Р7100 (6 цилиндров)
- f А (3 цилиндра)

Система топливоподачи (линия низкого давления)

Назначение системы топливоподачи заключается в хранении топлива, фильтрации и подаче его в контур высокого давления под низким давлением (давлением подкачки) на всех эксплуатационных режимах. В некоторых топливных системах поток топлива в линии возврата также охлаждается.

Ниже перечислены основные компоненты системы топливоподачи:

- топливный бак (позиция 1 на рис. 1);
- фильтр предварительной очистки топлива (2, кроме топливной системы UIS);
- охладитель электронного блока управления (3, опция);
- подкачивающий насос (4, опция, на легковых автомобилях может быть внутри топливного бака);
- фильтр тонкой очистки топлива (5);
- основной топливоподкачивающий насос (насос низкого давления топлива 6);
- регулятор давления (перепускной клапан, 7);
- охладитель топлива (9, опция);
- трубопроводы линии низкого давления.

Некоторые из этих компонентов могут быть встроены в один блок (например, топливоподкачивающий насос и регулятор давления). В топливных системах Common Rail и в системах с ТНВД распределительного типа, роторными и с аксиальным плунжером, топливоподкачивающий насос встроены в ТНВД.

Топливный бак

Топливный бак служит для хранения топлива. Он должен быть устойчивым к коррозии и герметичным под давлением, которое в два раза больше давления в системе, по крайней мере, при давлении 30 кПа (0,3 бар). Любое избыточное давление должно автоматически стравливаться соответствующими перепускными или предохранительными клапанами. Когда автомобиль проходит повороты, наклоняется или ударяется, топливо не должно выливаться из крышки фильтра или вытекать из предохранительных клапанов. Топливный бак должен располагаться на достаточном расстоянии от двигателя, чтобы исключить воспламенение топлива в случае аварии.

Топливные линии (трубопроводы топливоподачи)

Топливные линии контура низкого давления могут представлять собой или металлические трубки, или гибкие огнеупорные шланги со стальной оплёткой. Трубопроводы должны прокладываться таким образом, чтобы исключить контакт с подвижными деталями, которые могут их повредить, и так, чтобы любая утечка или испарение топлива не могли накапливаться или воспламеняться. Функции топливных линий не должны нарушаться при короблении шасси, перемещении двигателя и при других подобных воздействиях. Все детали, в которых находится топливо, должны быть защищены от избыточного нагрева, который может повлиять на работу системы. Топливные линии в автобусах не должны прокладываться по пассажирскому салону или в кабине водителя, топливная система не должна находиться под действием сил тяжести.

Рис. 1

- 1 Топливный бак
- 2 Фильтр предварительной очистки топлива
- 3 Охладитель электронного блока управления
- 4 Топливоподкачивающий насос с обратным клапаном
- 5 Фильтр тонкой очистки топлива
- 6 Основной топливоподкачивающий насос
- 7 Регулятор давления (UIS, UPS)
- 8 Распределитель топлива (UIS, легковые автомобили)
- 9 Охладитель топлива (UIS, UPS, CR)



Фильтр дизельного топлива

Фильтр дизельного топлива служит для снижения уровня загрязнения топлива взвешенными частицами грязи. Следовательно, он обеспечивает соответствие топлива минимальному стандарту чистоты до прохождения через компоненты топливной системы, износ которых может быть критическим. Топливный фильтр также должен быть способен аккумулировать определённое количество частиц для обеспечения достаточно длинных интервалов между техническими обслуживаниями. Если топливный фильтр закупоривается, то подача топлива ограничивается, и характеристики двигателя ухудшаются. Высокоточное (прецизионное) оборудование для впрыска топлива в дизелях очень чувствительно даже к очень малому количеству загрязняющих частиц. Следовательно, высокий уровень защиты от загрязнений необходим для того, чтобы обеспечивать поддержание требуемых уровней надёжности, топливной экономичности и эмиссии вредных веществ в течение всего срока службы автомобиля (1 000 000 км пробега для коммерческих автомобилей). Соответственно, топливный фильтр должен проектироваться так, чтобы он был совместим с системой впрыска топлива, в которой будет использоваться.

В случаях, когда к защите от износа и/или к интервалам между техническими обслуживаниями предъявляются особенно строгие требования, топливоподающие системы включают в себя фильтр грубой очистки и фильтр тонкой очистки топлива.

Варианты конструкций

Ниже представлены функции, выполняемые различными компонентами системы топливоподачи.

Фильтр предварительной очистки топлива для топливоподкачивающего насоса

Фильтр предварительной очистки топлива (2 на рис. 1) обычно сетчатого типа с размером ячеек 300 мкм, используется в дополнение к фильтру тонкой очистки топлива (5).

Фильтр тонкой очистки топлива (основной фильтр)

В дизельных топливных системах широко используются фильтры тонкой очистки топлива (рис. 2) с легко заменяемыми спиральными V-образными или бумажными фильтрующими элементами (3), которые заворачиваются в корпус фильтра. В некоторых случаях устанавливаются два параллельных фильтра (для большей аккумулирующей способности) или серия фильтров (многоступенчатый

фильтр для увеличения фильтрующей способности — полноты отсева или фильтр тонкой очистки с фильтром предварительной очистки топлива). Топливные фильтры со сменными фильтрующими элементами становятся всё более популярными.

Сепаратор воды

В топливе может содержаться эмульсированная или свободная вода (например, конденсат, вызванный изменением температуры), попадание которой в компоненты системы впрыска топлива должно быть предотвращено.

Поскольку имеет место различие в поверхностном натяжении топлива и воды, на фильтрующем элементе формируются капли воды (коалесценция), которые затем скапливаются в водяной аккумулирующей камере (8) в корпусе фильтра. Свободная вода может быть удалена при использовании отдельного сепаратора воды, капли воды в котором отделяются центробежной силой. Для отслеживания уровня водяного конденсата используются датчики проводимости.

Предварительный подогрев топлива

Предварительный подогрев топлива предотвращает закупоривание пор фильтрующего элемента парафиновыми кристаллами в холодную погоду. Наиболее общими способами подогрева подаваемого топлива являются использование электрического нагревательного элемента, охлаждающей жидкости двигателя или рециркуляция топлива.

Насос ручной подкачки топлива

Эти насосы применяются для предварительного заполнения системы топливом и прокачки системы для удаления воздуха после замены фильтра. Обычно они устанавливаются в крышке топливного фильтра.

2 Дизельный топливный фильтр с сепаратором воды

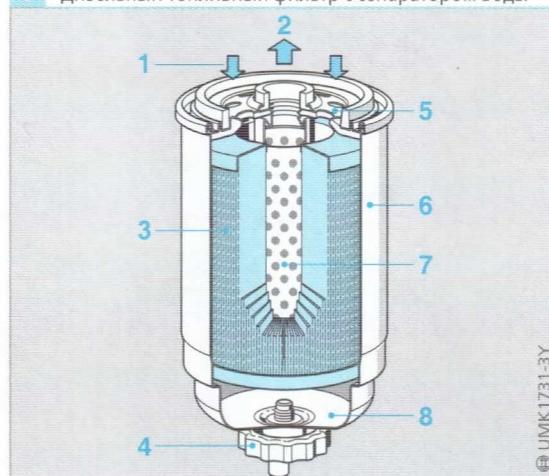


Рис. 2

- 1 Вход топлива
- 2 Выход
- 3 Фильтрующий элемент
- 4 Пробка для слива воды
- 5 Крышка
- 6 Корпус фильтра
- 7 Поддерживающая трубка
- 8 Камера аккумулирования водяного конденсата

Дополнительные клапаны рядных многоплунжерных ТНВД

В дополнение к перепускному клапану в рядных многоплунжерных ТНВД с электронным управлением могут также устанавливаться электромагнитные клапаны прекращения подачи топлива (Тип ELAB) или электрогидравлические устройства прекращения подачи (Тип ЕНАВ).

Перепускной клапан

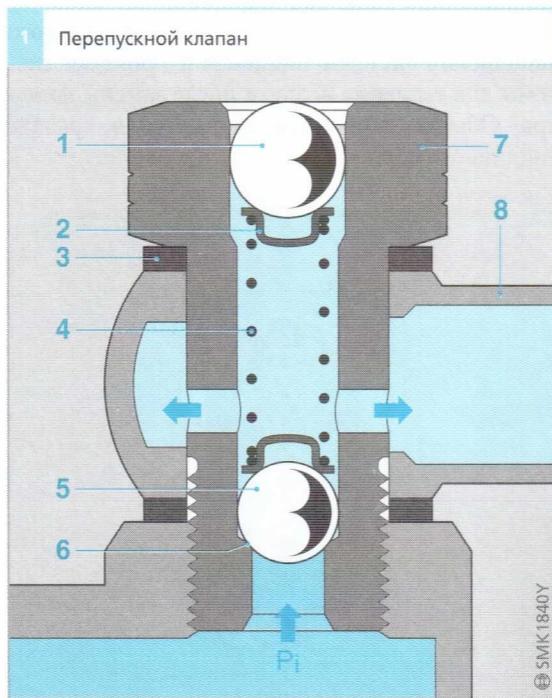
Перепускной клапан устанавливается в линии возврата топлива от основного топливоподкачивающего насоса низкого давления. Этот клапан открывается при давлении 2—3 бара, которое устанавливается для соответствия ТНВД данной топливной системы, посредством чего поддерживается постоянный уровень давления в топливном коллекторе. Пружина клапана (позиция 4 на рис. 1) воздействует на седло пружины 2, которое прижимает запирающий шар 5 к седлу клапана 6. Как только давление p_1 в ТНВД повышается, перепускной клапан открывается, при падении давления клапан снова закрывается. До положения полного открытия перепускного клапана запирающий шар должен отойти от седла на определённое расстояние. Создаваемый таким образом буферный объём сглаживает быстрые колебания давления, что оказывает положительное влияние на срок службы клапана.

Рис. 1

- 1 Уплотнительный шар
- 2 Седло пружины
- 3 Уплотнительная прокладка
- 4 Пружина клапана
- 5 Запирающий шар
- 6 Седло клапана
- 7 Корпус клапана
- 8 Линия возврата топлива
- p_1 Давление в топливном коллекторе

Рис. 2

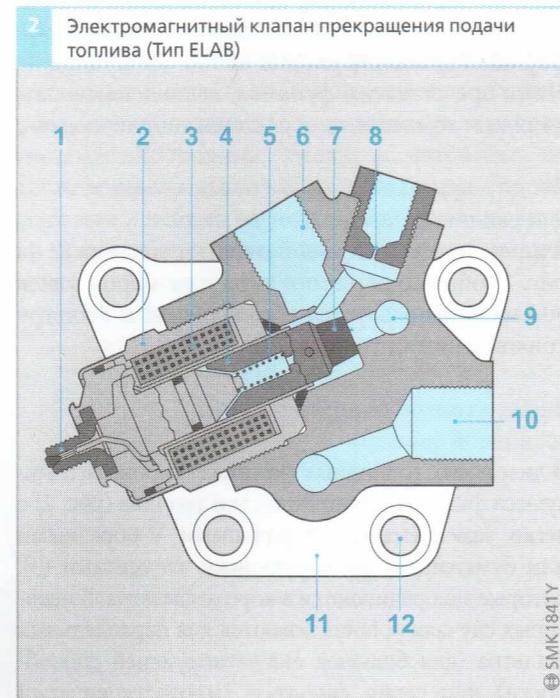
- 1 Электрический вывод к электронному блоку управления двигателя
- 2 Корпус электромагнитного клапана
- 3 Катушка электромагнитного клапана
- 4 Якорь электромагнитного клапана
- 5 Пружина сжатия
- 6 Вход топлива
- 7 Пластмассовый уплотнительный конус
- 8 Пробка с дроссельным вентиляционным отверстием
- 9 Канал прохода топлива к ТНВД
- 10 Резьбовое отверстие для перепускного клапана
- 11 Корпус
- 12 Отверстия для болтов крепления



Электромагнитный клапан прекращения подачи топлива (Тип ELAB)

Электромагнитный клапан прекращения подачи топлива (Тип ELAB) действует как резервное, то есть дублирующее устройство безопасности. Это электромагнитный клапан двойного действия, который заворачивается в линию входа топлива рядного многоплунжерного ТНВД (рис. 2). При отсутствии электропитания электромагнитный клапан перекрывает подачу топлива в ТНВД, который в результате прекращает подачу топлива к форсункам даже при неисправном исполнительном механизме остановки двигателя, что предотвращает его «разнос». Электронный блок управления двигателя закрывает электромагнитный клапан прекращения подачи, если определяет постоянные отклонения регулируемого параметра в регуляторе частоты вращения или если определяется неисправность контроллера цикловой подачи топлива.

При подаче электропитания на электромагнитный клапан (то есть когда вывод 15 находится в положении «Он»), электромагнит 3 (рис. 2) втягивает якорь 4 (ход якоря при напряжении питания 12—24 В приблизительно 1,1 мм), и уплотнительный конус 7, связанный с якорем, открывает канал входа топлива 9. Когда двигатель останавливается «выключателем зажигания», подача электропитания на катушку электромагнитного клапана прекращается. Это вызывает прекращение действия магнитного поля, в результате чего пружина сжатия 5 толкает якорь и прижимает уплотнительный конус к седлу клапана.



Электрогидравлическое устройство прекращения подачи топлива (Тип ЕНАВ)

Электрогидравлическое устройство (клапан) прекращения подачи топлива (Тип ЕНАВ) используется как устройство безопасного выключения подачи в ТНВД с относительно высоким давлением во впускной магистрали, когда использование электромагнитного клапана прекращения подачи ЕЛАВ недостаточно. При высоких давлениях во впускной магистрали ТНВД и отсутствии специальных компенсирующих устройств время падения давления, достаточное для прекращения впрыска топлива, составляет приблизительно 10 секунд. Электрогидравлический клапан прекращения подачи топлива обеспечивает возврат топлива из ТНВД в топливоподкачивающий насос. Таким образом, когда электропитание на клапан не подаётся, давление во впускной магистрали ТНВД снижается значительно более быстро, и двигатель может быть остановлен в течение не более двух секунд. Электрогидравлическое устройство прекращения подачи топлива устанавливается непосредственно на ТНВД. Корпус ЕНАВ включает в себя также встроенный датчик температуры топлива для системы электронного управления (8 на рис. 3).

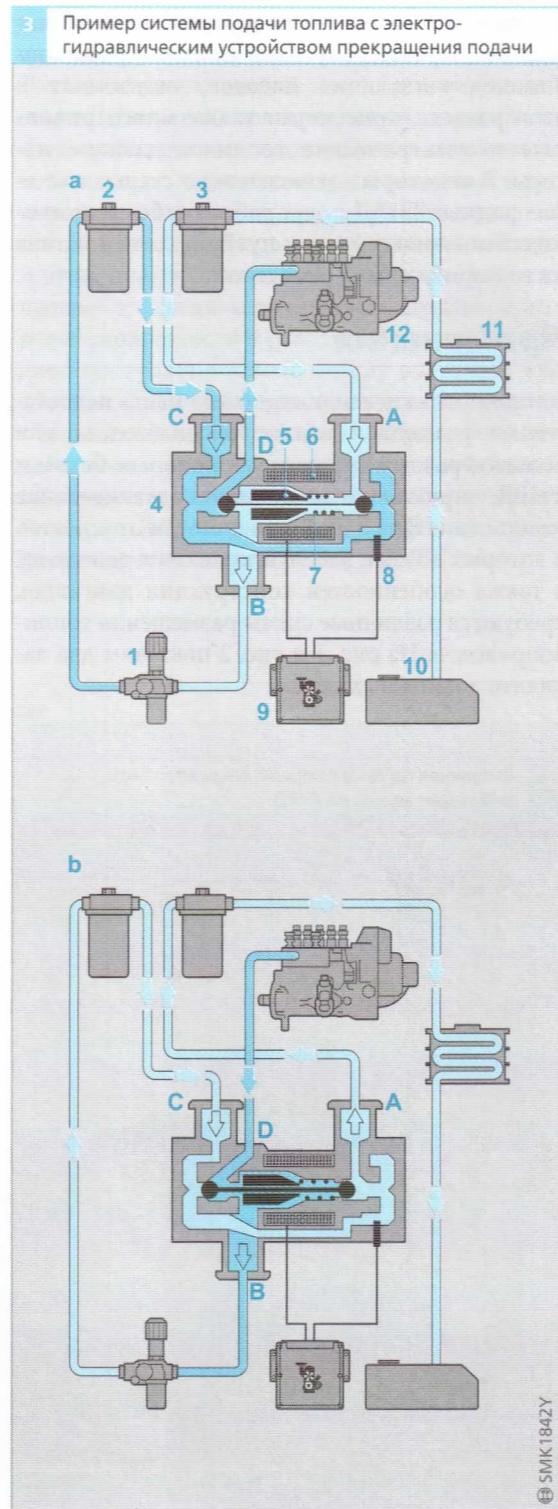
Нормальный режим работы (рис. 3а)

Как только электронный блок управления двигателя активирует электрогидравлическое устройство прекращения подачи (при включении «зажигания»), электромагнит 6 втягивает сердечник электромагнитного клапана (5, рабочее напряжение 12 В), и топливо теперь может проходить из топливного бака 10 через теплообменник 11, служащий для холодного пуска, и фильтр грубой очистки топлива к штуцеру А, откуда топливо проходит через правый клапан к штуцеру В за сердечником электромагнитного клапана. Штуцер В соединён с топливоподкачивающим насосом 1, который подаёт топливо через фильтр тонкой очистки к штуцеру С электрогидравлического устройства прекращения подачи. Затем топливо проходит к выходу D, и от него к ТНВД 12.

Режим обратного течения топлива (рис. 3б)

При выключении «зажигания» пружина 7 клапана перемещает якорь в положение «ожидания». В этом положении сторона впуска топливоподкачивающего насоса соединяется непосредственно с впускным каналом ТНВД, так что топливо вытекает из впускной магистрали ТНВД обратно в топливный бак. Правый клапан ус-

ройства открывает соединение между фильтрами грубой и тонкой очистки топлива, позволяя ему возвращаться в топливный бак.



Топливоподкачивающие насосы рядных многоплунжерных ТНВД

Работа топливоподкачивающего насоса заключается в питании рядного многоплунжерного ТНВД достаточным количеством дизельного топлива на всех эксплуатационных режимах работы двигателя. Кроме того, он подаёт в ТНВД увеличенное количество топлива («Pushes») для охлаждения его путём отвода тепла в топливо, которое затем возвращается в топливный бак через перепускной клапан. Кроме топливоподкачивающих насосов, описанных в этом разделе, существуют также многотопливные и электрические топливоподающие насосы. В некоторых относительно старых системах рядные ТНВД могут работать без топливоподкачивающего насоса путём подачи топлива из топливного бака самотёком.

Применения

В топливных системах, где имеет место недостаточная разница в высоте расположения или большое расстояние между топливным баком и ТНВД, применяются топливоподкачивающие насосы типа Bosch FP. В зависимости от условий, в которых должен эксплуатироваться двигатель, а также особенностей конструкции двигателя, требуются различные схемы размещения топливопроводов. На рис. 1 и рис. 2 показаны два варианта возможных схем.

Если топливный фильтр расположен в непосредственной близости к двигателю, то тепловое излучение от двигателя может привести к образованию в топливных линиях пузырьков пара. Для предотвращения этого топливо должно постоянно циркулировать через топливную впускную магистраль ТНВД, чтобы охлаждать насос. При такой компоновке избыточное топливо протекает через перепускной клапан 6 и линию возврата топлива обратно в топливный бак 1. Кроме того, если температура в моторном отсеке является высокой, то может быть также использована схема, показанная на рис. 2. В этой системе на топливном фильтре имеется перепускной дроссель 7, через который при нормальной работе двигателя в топливный бак перепускается часть топлива вместе с любыми газовыми включениями и пузырьками паров топлива. Пузырьки, которые формируются внутри топливной магистрали ТНВД, удаляются избыточным топливом, которое затем проходит через перепускной клапан 6 в топливный бак. Топливоподающий насос, следовательно, должен иметь такие размеры, чтобы он был способен подавать не только топливо, которое требуется ТНВД, но также и перепускаемый объём («байпас»), который проходит через линию низкого давления ТНВД и сливается в топливный бак.

Рис. 1

- 1 Топливный бак
 - 2 Топливоподкачивающий насос
 - 3 Топливный фильтр
 - 4 Рядный многоплунжерный ТНВД
 - 5 Форсунка в сборе
 - 6 Перепускной клапан
- Линия топливоподдачи
--- Линия возврата топлива

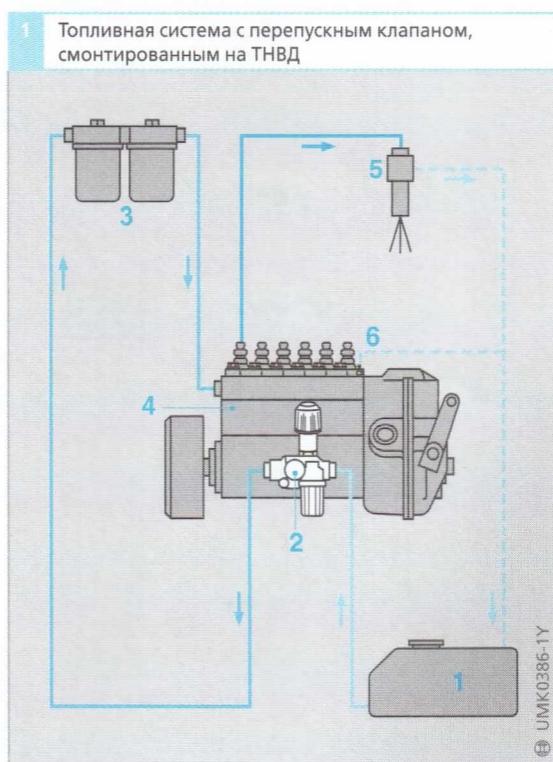
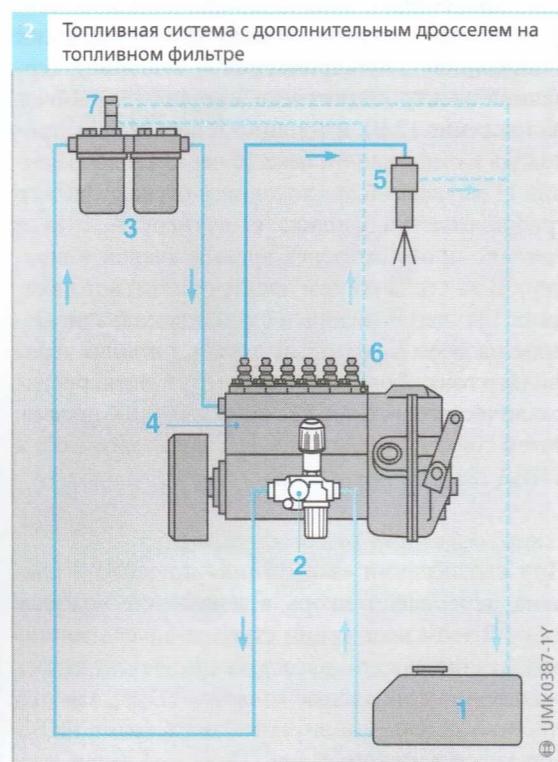


Рис. 2

- 1 Топливный бак
 - 2 Топливоподкачивающий насос
 - 3 Топливный фильтр
 - 4 Рядный многоплунжерный ТНВД
 - 5 Форсунка в сборе
 - 6 Перепускной клапан
 - 7 Дроссель
- Линия топливоподдачи
--- Линия возврата топлива



Выбор топливоподкачивающего насоса определяют следующие критерии:

- тип ТНВД;
- величина цикловой подачи;
- компоновка топливных линий;
- доступное пространство в моторном отсеке.

Устройство и принцип работы

Топливоподкачивающий насос забирает топливо из топливного бака и нагнетает его под давлением 100 - 350 кПа (1 - 3,5 бар) через топливный фильтр во впускную топливную магистраль ТНВД. Топливоподкачивающие насосы - это обычно насосы с механическим плунжером, которые монтируются на корпусе ТНВД (в редких случаях на двигателе). Топливоподкачивающий насос приводится в действие эксцентриком (позиция 1 на рис. 3) на кулачковом валу ТНВД или на распределительном валу двигателя (2).

В зависимости от требуемой величины подачи топлива конструкция топливоподкачивающих насосов может быть одинарного или двойного действия.

Топливоподкачивающие насосы одинарного действия

Топливоподкачивающие насосы одинарного действия (рис. 3 и рис. 4) используются в ТНВД типов М, А, MW, Р. Эксцентрик или кулачок привода (1 на рис. 3) приводит в действие плунжер 5 через шток 3. Плунжер нагружен также пружиной сжатия 7, которая обеспечивает его обратный ход.

Топливоподкачивающий насос одинарного действия работает по принципу перекачивания потока жидкости следующим образом. Кулачок нажимает на шток (толкатель) и перемещает плунжер и встроенный в него впускной клапан 8, преодолевая сопротивление пружины сжатия. В этом процессе впускной клапан открывается под действием низкого давления, создаваемого в топливной полости 4 (рис. 3а). В результате топливо поступает в камеру между впускным клапаном и нагнетательным клапаном 9. Во время обратного хода плунжера, совершаемого под действием пружины сжатия, впускной клапан закрывается, а нагнетательный клапан открывается (рис. 3б), и топливо под давлением проходит по нагнетательной линии к ТНВД.

3 Схема топливоподкачивающего насоса одинарного действия

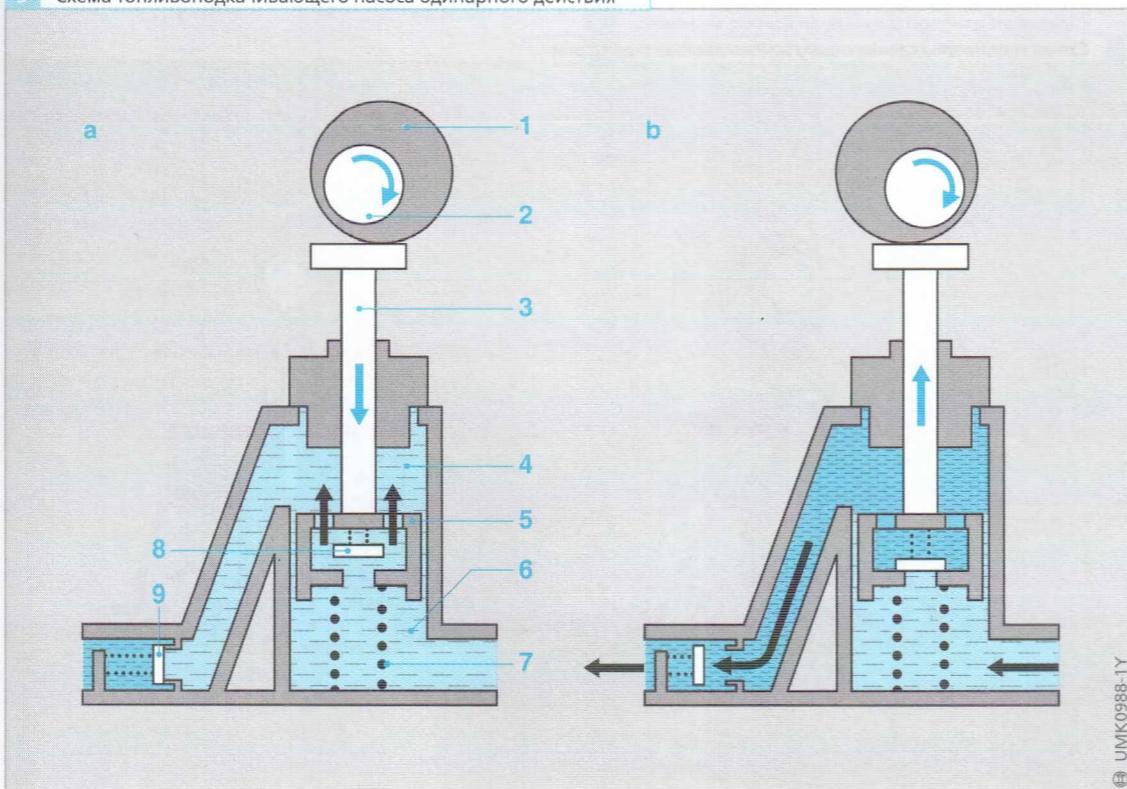


Рис. 3
а Действие кулачка
б Обратный ход

1 Привод кулачка (эксцентрика)
2 Кулачковый вал ТНВД
3 Толкатель
4 Камера давления
5 Плунжер насоса
6 Топливная камера
7 Пружина сжатия
8 Впускной клапан
9 Нагнетательный клапан

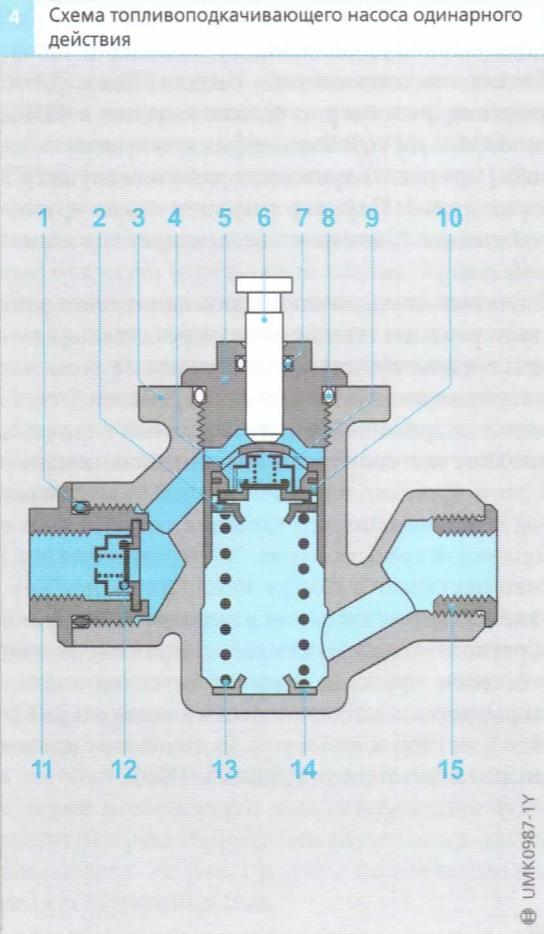


Рис. 4
1, 7
и 8 Уплотнительные кольца
2 Седло пружины
3 Алюминиевый корпус насоса
4 Впускной клапан
5 Корпус роликового толкателя
6 Толкатель
9 Плунжер насоса
10 Кольцо (проставка)
11 Штуцер на стороне нагнетания
12 Нагнетательный клапан
13 Пружина сжатия
14 Седло пружины
15 Штуцер на стороне всасывания

Топливоподкачивающие насосы двойного действия

Топливоподкачивающие насосы двойного действия (рис. 5) обеспечивают большую величину подачи топлива и используются с ТНВД, которые обслуживают большое число цилиндров двигателя и которые сами обеспечивают более высокие величины цикловой подачи. Этот тип топливоподкачивающих насосов подходит для ТНВД типов P и ZW. Как и в насосах одинарного действия, привод топливоподкачивающих насосов двойного действия осуществляется кулачком или эксцентриком.

В топливоподкачивающих насосах двойного действия топливо подается в ТНВД как при прямом (нажатие на толкатель кулачком), так и при обратном ходе плунжера, другими словами, имеют место два хода нагнетания при каждом повороте кулачкового вала.

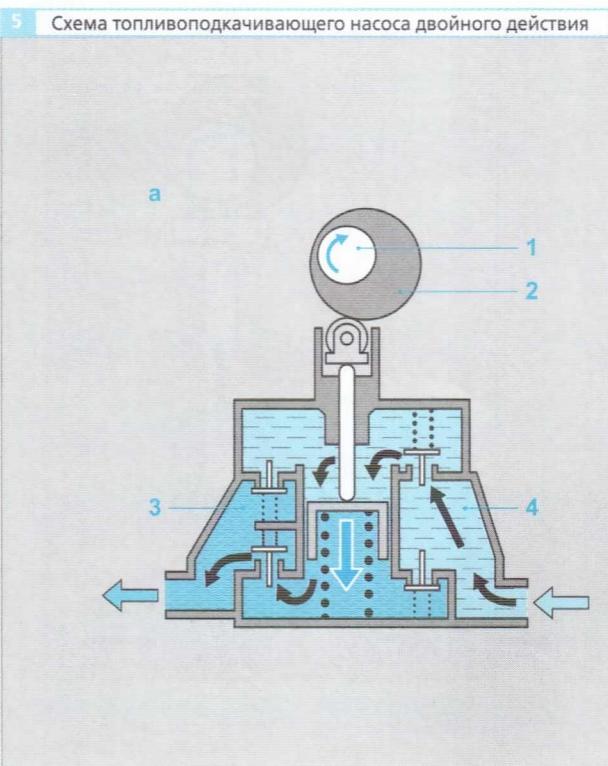


Рис. 5
а Действие кулачка
б Обратный ход
1 Кулачковый вал ТНВД
2 Кулачок (эксцентрик) привода
3 Камера давления
4 Топливная камера

Насосы ручной прокачки

Насос ручной прокачки обычно встроен в топливоподкачивающий насос (позиция 1 на рис. 6), однако он может быть также установлен в топливной линии между топливным баком и топливоподкачивающим насосом. Насос ручной прокачки выполняет следующие функции:

- прокачка всасывающей стороны ТНВД в начале эксплуатации;
- прокачка и удаление воздуха из системы после ремонта или технического обслуживания;
- прокачка и удаление воздуха из системы после полного опустошения топливного бака.

Последний вариант насоса ручной прокачки Bosch фактически заменяет все предыдущие конструкции. Он совместим со старыми версиями и, следовательно, может быть использован для замены старых устройств. Этот насос не может прекратить работу или заблокироваться в крайнем положении и, соответственно, с ним легко работать даже в неудобном месте расположения. Насос ручной прокачки имеет также обратный клапан, который предотвращает вытекание топлива в обратном направлении.

Для условий применения, в которых насос должен быть в огнестойком исполнении, имеется специальная версия со стальным корпусом.

Предварительный топливный фильтр

Предварительный топливный фильтр защищает топливоподкачивающий насос от крупных частиц грязи. В таких условиях эксплуатации, когда двигатель заправляется из бочек, желательно устанавливать дополнительный сетчатый фильтр внутри топливного бака или в топливной линии между топливным баком и топливоподкачивающим насосом.

Система подачи топлива самотёком

Системы подачи топлива самотёком, которые работают без топливоподкачивающего насоса, обычно применяются на тракторах и малоразмерных дизелях. Установка топливного бака и прокладка топливных линий является такой, что топливо подаётся к топливному фильтру и ТНВД под действием силы тяжести.

При небольшой разнице в уровне расположения между топливным баком и топливным фильтром или ТНВД лучше использовать топливные трубки большего диаметра, которые лучше обеспечивают необходимую топливоподачу к ТНВД. В таких системах полезно устанавливать запорный кран между топливным баком и топливным фильтром. Это позволяет перекрывать подачу топлива при перевозке или во время ремонта и технического обслуживания без слива топлива из бака.

6 Топливоподкачивающий насос двойного действия с насосом ручной прокачки и предварительным сетчатым фильтром

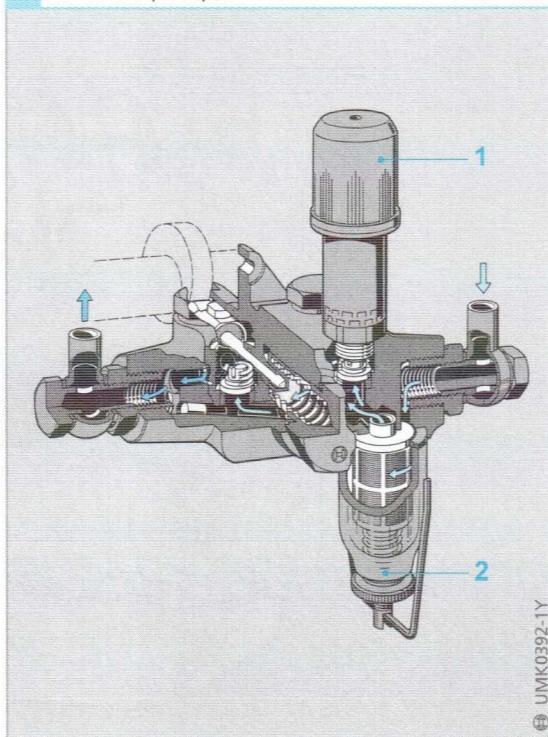


Рис. 6

- 1 Насос ручной прокачки
- 2 Предварительный сетчатый фильтр

Стандартные рядные многоплунжерные ТНВД «Тип РЕ»

Рядные многоплунжерные ТНВД являются классической технологией в системах впрыска топлива в дизелях. Эта надёжная конструкция применяется в дизелях с 1927 года. В последующие годы они постоянно совершенствовались и адаптировались к различным областям применения. Рядные многоплунжерные ТНВД проектируются для использования на стационарных двигателях, в двигателях коммерческих автомобилей, строительных и сельскохозяйственных машин. Они обеспечивают получение высокой цилиндровой мощности дизелей с числом цилиндров от двух до двенадцати. При работе вместе с регулятором частоты вращения, муфтой опережения впрыска топлива и различными дополнительными устройствами рядный многоплунжерный ТНВД обладает значительной универсальностью. В настоящее время рядные многоплунжерные ТНВД для легковых автомобилей больше не выпускаются.

Мощность дизеля существенным образом зависит от количества впрыскиваемого в цилиндр топлива. Рядные многоплунжерные ТНВД должны точно дозировать количество подаваемого топлива, чтобы обеспечивать любой возможный рабочий режим двигателя. Для того чтобы осуществить эффективную подготовку топливовоздушной смеси, ТНВД должен

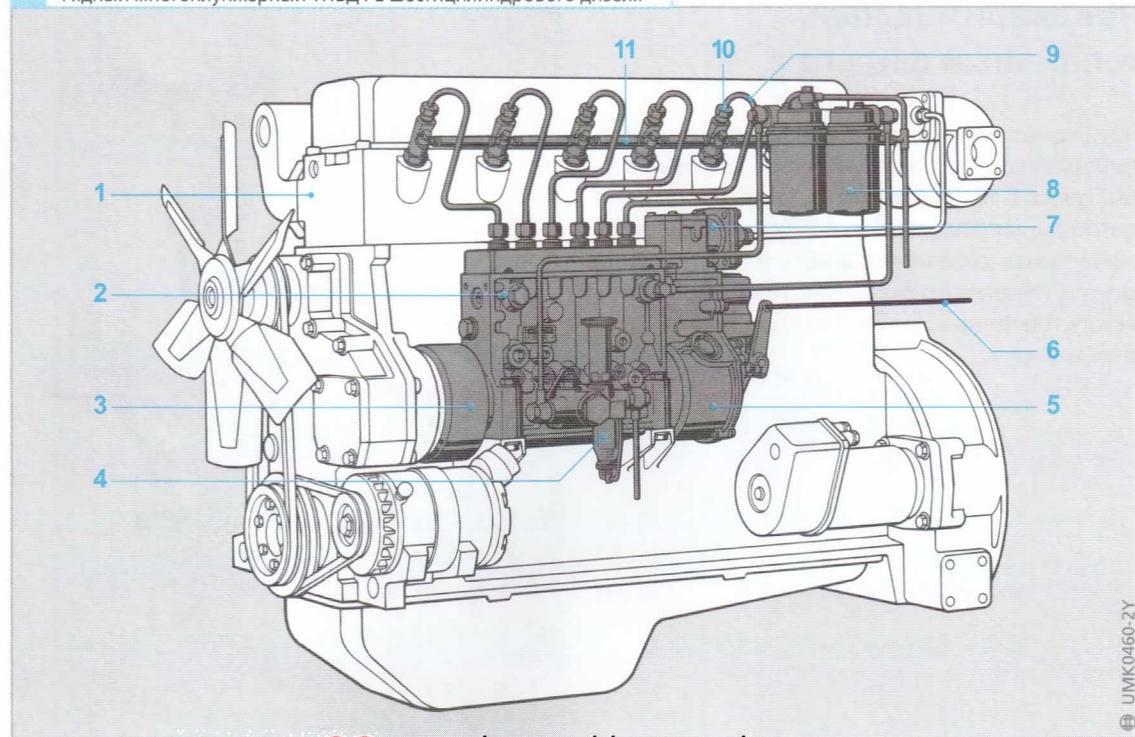
подавать топливо под давлением и в количестве, которое требуется для обеспечения процесса сгорания в данном двигателе. Для достижения оптимального баланса между уровнями выброса вредных веществ, расходом топлива и уровнем шума от процесса сгорания в дизеле, точность начала подачи топлива должна находиться в пределах одного градуса поворота коленчатого вала.

Для того чтобы управлять величиной угла опережения впрыска топлива и компенсировать время, которое требуется для прохождения волны давления по трубопроводу линии высокого давления, в стандартных рядных многоплунжерных ТНВД используются муфты опережения впрыска топлива (позиция 3 на рис. 1), которые обеспечивают опережение начала подачи в ТНВД по мере увеличения частоты вращения двигателя (см. раздел «Регуляторы и системы автоматического регулирования и управления рядных многоплунжерных ТНВД»). В специальных случаях используется система управления по нагрузке, в которой нагрузка и частота вращения дизеля управляются путём изменения величины подачи топлива.

Существует различие в конструкции между стандартными рядными ТНВД и рядными ТНВД с дозирующей муфтой.

1 Рядный многоплунжерный ТНВД РЕ шестицилиндрового дизеля

- Рис. 1
- 1 Дизель
 - 2 Стандартный рядный многоплунжерный ТНВД
 - 3 Муфта опережения впрыска топлива
 - 4 Топливоподающий насос
 - 5 Регулятор частоты вращения
 - 6 Рычаг управления с тягой к педали акселератора
 - 7 Компенсатор давления во впускном коллекторе
 - 8 Топливный фильтр
 - 9 Трубопроводы линии высокого давления
 - 10 Форсунки
 - 11 Линия возврата топлива



Установка и система привода

Рядные многоплунжерные ТНВД устанавливаются непосредственно на дизеле (рис. 1), который приводит кулачковый вал насоса. На двухтактных двигателях частота вращения кулачкового вала ТНВД равна частоте вращения коленчатого вала двигателя, а на четырёхтактных двигателях — половине частоты вращения коленчатого вала, то есть равна частоте вращения распределительного вала двигателя.

Для того чтобы осуществлять впрыск топлива под высоким давлением, привод ТНВД должен быть как можно более «жёстким».

Для смазки подвижных деталей, таких как кулачковый вал, роликовые толкатели и др., внутри корпуса ТНВД имеется определённое количество масла — обычно ТНВД подсоединяется к системе смазки двигателя, так что масло циркулирует при его работе.

Устройство и принцип действия

Кулачковый вал рядного многоплунжерного ТНВД РЕ установлен в корпусе насоса из алюминиевого сплава (позиция 14 на рис. 2). Привод кулачкового вала ТНВД осуществляется или через обычную муфту, или через муфту опережения впрыска топлива.

Каждый кулачок кулачкового вала ТНВД воздействует на роликовый толкатель 13 и седло 12 пружины толкателя для каждого цилиндра двигателя. Седло пружины обеспечивает связь между роликовым толкателем и плунжером 8 ТНВД. Втулка 4 и плунжер 8 образуют плунжерную пару насоса.

2 Рядный многоплунжерный ТНВД РЕ для шестицилиндрового двигателя

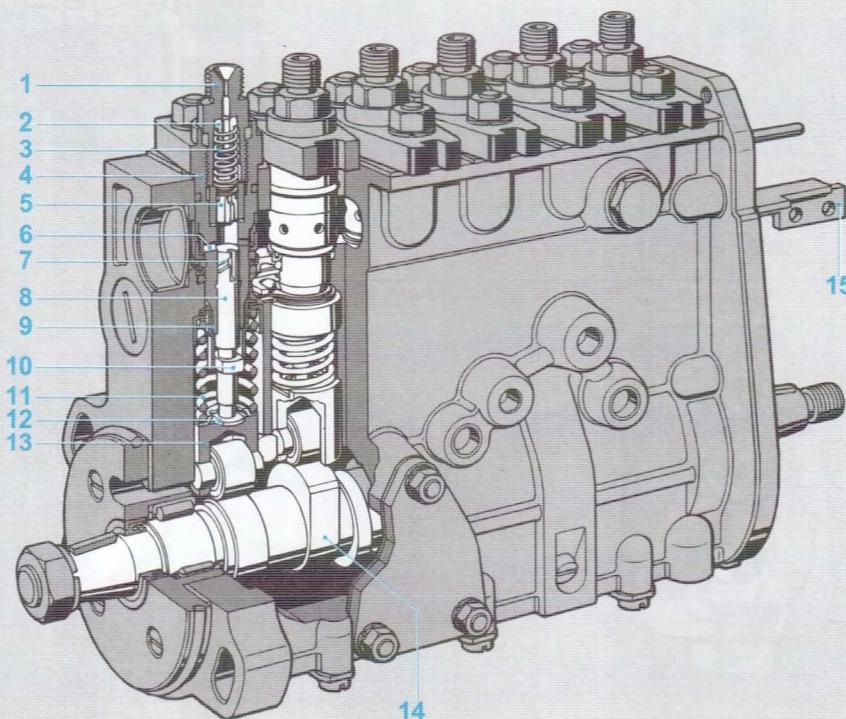


Рис. 2

- 1 Корпус нагнетательного клапана
- 2 Нагнетательный клапан
- 3 Пружина нагнетательного клапана
- 4 Втулка плунжера
- 5 Конус нагнетательного клапана
- 6 Впускное и отсекающее отверстие
- 7 Спиральная кромка плунжера
- 8 Плунжер ТНВД
- 9 Поворотная втулка
- 10 Поворотный рычаг
- 11 Пружина плунжера
- 12 Седло пружины
- 13 Роликовый толкатель
- 14 Кулачковый вал
- 15 Рейка ТНВД

Конструкция плунжерной пары ТНВД

Плунжерная пара ТНВД состоит из плунжера (позиция 9 на рис. 3) и втулки 8, в которой выполнены одно или два впускных окна (впускные отверстия), связанных с топливной магистралью 1. В верхней части плунжерной пары установлен нагнетательный клапан 5 с направляющей 7. Поворотная втулка 3 служит для соединения между плунжером ТНВД и рейкой 10. Рейка перемещается внутри корпуса ТНВД под действием регулятора частоты вращения (как это описано в разделе «Регуляторы и системы автоматического регулирования и управления рядных многоплунжерных ТНВД») для поворота плунжера относительно втулки посредством зубчатого колеса или поводка, что обеспечивает точное регулирование величины подачи топлива ТНВД.

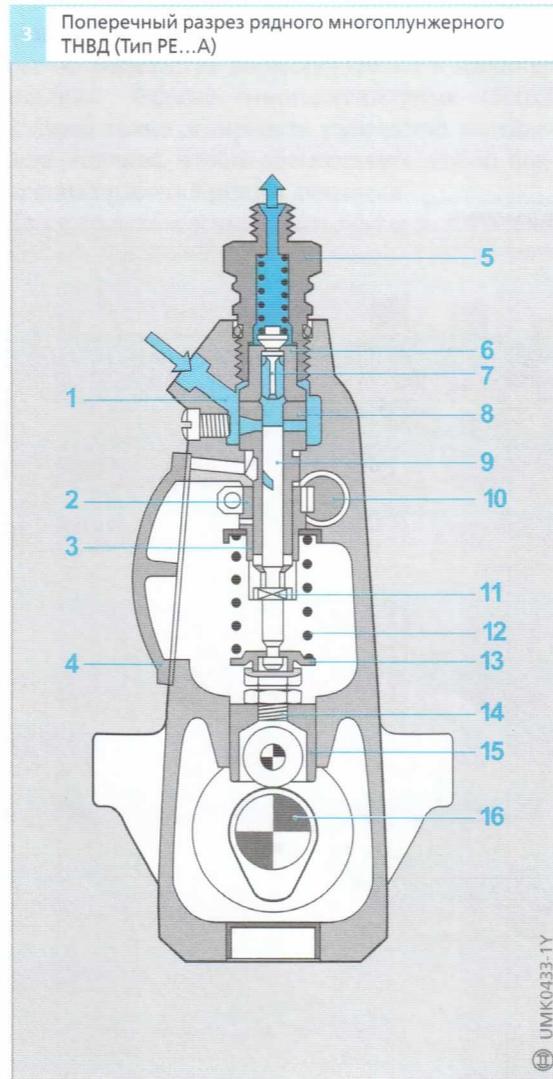
Рис. 3

- 1 Топливная магистраль
- 2 Шестерня поворотной втулки
- 3 Поворотная втулка
- 4 Крышка
- 5 Штуцер нагнетательного клапана
- 6 Корпус нагнетательного клапана
- 7 Направляющая с запорным конусом нагнетательного клапана
- 8 Втулка плунжерной пары
- 9 Плунжер ТНВД
- 10 Рейка
- 11 Хвостовик для поворота плунжера
- 12 Пружина плунжера
- 13 Седло пружины
- 14 Регулировочный болт
- 15 Роликовый толкатель
- 16 Кулачковый вал

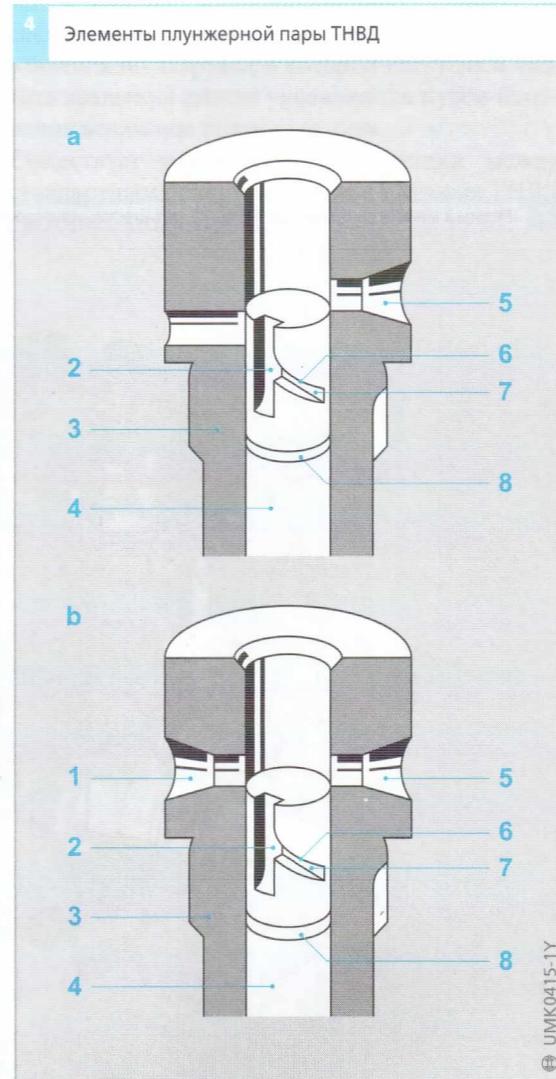
Рис. 4

- a Плунжерная пара с одним впускным окном
- b Плунжерная пара с двумя впускными окнами

- 1 Впускное окно
- 2 Вертикальная канавка
- 3 Втулка плунжерной пары
- 4 Плунжер ТНВД
- 5 Отсечное отверстие (линии впуска и возврата топлива)
- 6 Спиральная отсечная кромка
- 7 Спиральный канал
- 8 Кольцевая канавка для смазки



UMK0433-1Y



UMK0415-1Y

Полный ход плунжера является величиной постоянной, но рабочий ход и, следовательно, величина цикловой подачи могут изменяться при повороте плунжера. В дополнение к вертикально выполненной канавке (позиция 2 на рис. 4) в плунжере также выполнен спиральный канал 7 с отсечной кромкой 6.

Для давления впрыска топлива до 600 бар в плунжере достаточно иметь один спиральный канал, в то время как для более высоких давлений впрыска плунжер должен иметь два спиральных канала, выполненных на противоположных его сторонах. Такая конструктивная особенность предотвращает заедание плунжерной пары, поскольку на плунжер больше не действует боковая сила от стенки, определяемая давлением впрыска топлива.

Втулка плунжерной пары имеет одно или два окна для впуска и возврата топлива (рис. 4). Плунжер ТНВД имеет такую точную посадку внутри втулки, что обеспечивает полное уплотнение (защиту от утечек) даже при очень высоких давлениях и малых частотах вращения. Из-за очень точной посадки плунжерная пара ТНВД может быть заменена только в комплекте.

Относительное угловое расположение кулачков на кулачковом валу ТНВД является таким, что процесс впрыска топлива синхронизирован с порядком работы цилиндров двигателя.

Количество впрыскиваемого топлива зависит от объёма заряда в плунжерной паре, а максимальное давление впрыска топлива может иметь величину от 400 до 1350 бар, в зависимости от конструкции ТНВД.

5 Работа плунжера ТНВД

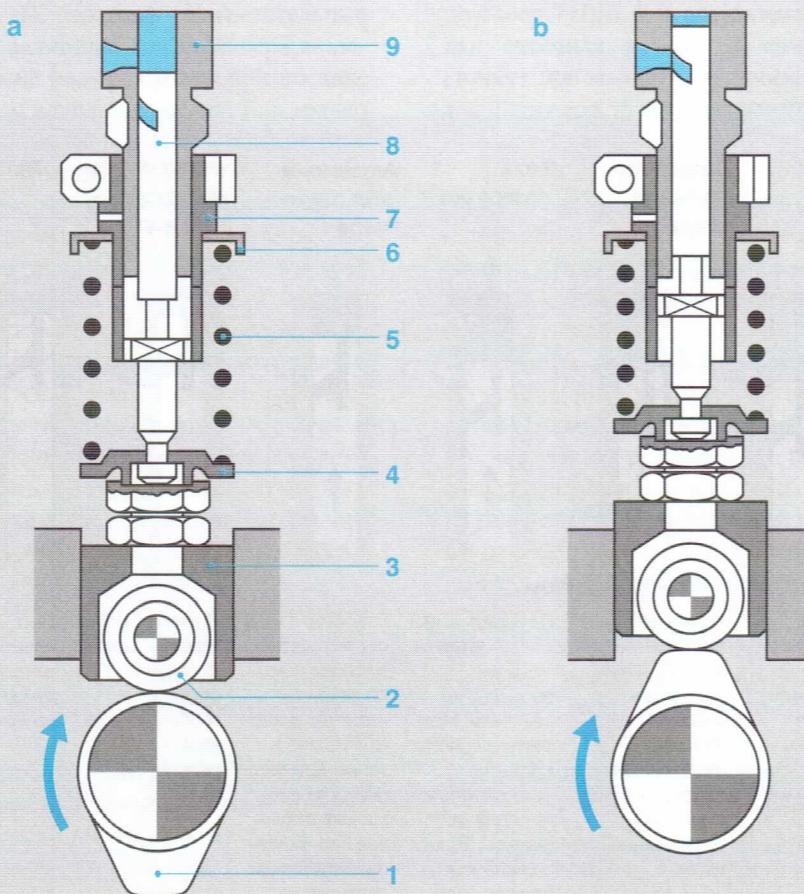


Рис. 5
 а Положение в НМТ
 б Положение в ВМТ
 1 Кулачок
 2 Ролик толкателя
 3 Роликовый толкатель
 4 Нижнее седло пружины
 5 Пружина плунжера
 6 Верхнее седло пружины
 7 Поворотная втулка
 8 Плунжер ТНВД
 9 Втулка плунжерной пары ТНВД

UMK0410-1Y

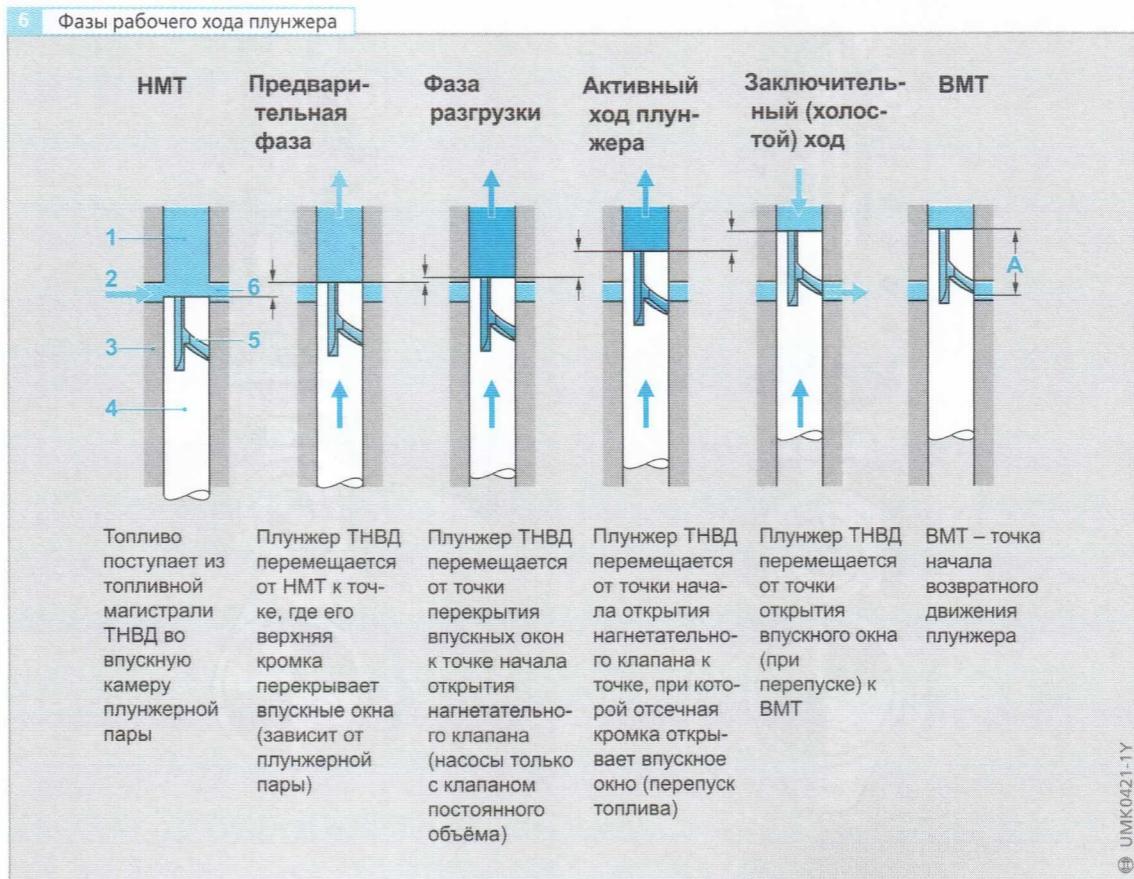
Принцип работы плунжерной пары (последовательность фазы хода плунжера)

Вращение кулачкового вала ТНВД непосредственно преобразуется в поступательно-возвратное движение роликового толкателя и, следовательно, в подобное поступательно-возвратное движение плунжера ТНВД.

Рабочий ход плунжера при его движении к ВМТ определяется действием кулачка, а пружина сжатия служит для возврата плунжера к НМТ. Характеристики и размеры пружины выбираются таким образом, чтобы постоянно удерживать ролик в контакте с кулачком, даже при максимальной частоте вращения, поскольку потеря контакта между роликом и кулачком при последующем ударе обеих поверхностей, возвращающихся к контакту, неизбежно вызывает повреждение обеих деталей в дальнейшей продолжительной работе.

Плунжерная пара ТНВД работает в соответствии с принципом перепуска топлива при отсечке подачи управляющей спиральной кромкой (рис. 6). Этот принцип принят для рядных многоплунжерных ТНВД типа РЕ и одноплунжерных ТНВД типа РЕ.

Когда плунжер ТНВД находится в НМТ, впускные окна во втулке открыты, и топливо под давлением, создаваемым топливоподкачивающим насосом, может протекать через эти окна из топливной магистрали во впускную топливную камеру плунжерной пары. Во время начала рабочего хода плунжер перекрывает впускные окна. Эта фаза подъема плунжера называется предварительной.



7 Регулирование величины подачи топлива

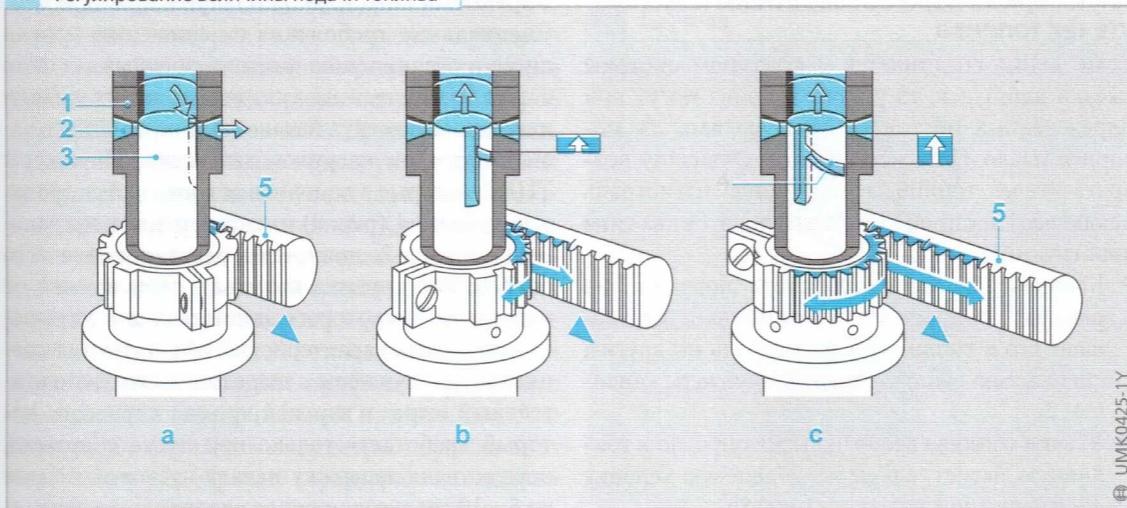


Рис. 7
 а Нулевая подача
 б Частичная подача
 в Максимальная подача
 1 Втулка плунжерной пары
 2 Впускное окно
 3 Плунжер ТНВД
 4 Спиральная отсечная кромка
 5 Зубчатая рейка

По мере продолжения рабочего хода плунжера давление топлива возрастает, и нагнетательный клапан в верхней части плунжерной пары начинает открываться. Если в ТНВД используется нагнетательный клапан с разгрузочным пояском (нагнетательный клапан «постоянного объёма», см. параграф «Нагнетательные клапаны»), то активный ход плунжера включает в себя также фазу разгрузки при посадке нагнетательного клапана на седло. Как только нагнетательный клапан открывается, топливо в течение всего активного хода плунжера по линии высокого давления поступает к форсунке. В конечном итоге форсунка впрыскивает точно дозированное количество топлива в камеру сгорания двигателя.

Как только отсечная кромка плунжера снова открывает впускное окно, активный ход плунжера завершается. Начиная с этого момента, во время заключительного хода плунжера к ВМТ, топливо больше не поступает к форсунке и может вытекать через вертикальную канавку из топливной камеры плунжерной пары обратно в топливную магистраль, в результате чего давление в камере падает.

Как только плунжер достигнет ВМТ и начнёт своё движение в обратном направлении, топливо по вертикальной канавке поступает из топливной магистрали в топливную камеру плунжерной пары до тех пор, пока спиральная кромка плунжера не перекроет впускное окно (окна). При дальнейшем возвратном движении плунжера в топливной камере плунжерной пары возникает разрежение, и как только впускное окно снова открывается, топливо немедленно в неё поступает. В этот момент цикл впрыска топлива снова начинается.

Регулирование цикловой подачи топлива

Регулирование величины цикловой подачи осуществляется путём изменения активного хода плунжера (рис. 7). Это достигается посредством рейки 5, которая поворачивает плунжер ТНВД 3, в результате чего спиральная отсечная кромка 4 изменяет момент (точку), при котором заканчивается активный ход плунжера, и, следовательно, прекращается подача топлива.

В крайнем положении нулевой подачи (а на рис. 7) вертикальная канавка оказывается на одной линии с впускным окном. В этом положении плунжера камера давления плунжерной пары соединяется с топливной магистралью через плунжер в течение всего его хода и, соответственно, подачи топлива не происходит. Плунжеры ТНВД находятся в этом положении при неработающем двигателе.

На частичных режимах (б) подача топлива прекращается в зависимости от положения плунжера. При максимальной подаче топлива (в) отсечки подачи не происходит до окончания активного хода плунжера, то есть до достижения максимально возможного количества впрыскиваемого топлива.

Передача вращающего момента от рейки к плунжеру (рис. 7) осуществляется посредством зубчатого зацепления (ТНВД РЕ..А и РР) или через шарнирное соединение с подвешенным рычагом и поворотной втулкой (ТНВД Тип РЕ..М, MW, P, R, ZW(M), CW).

Регулирование величины подачи топлива

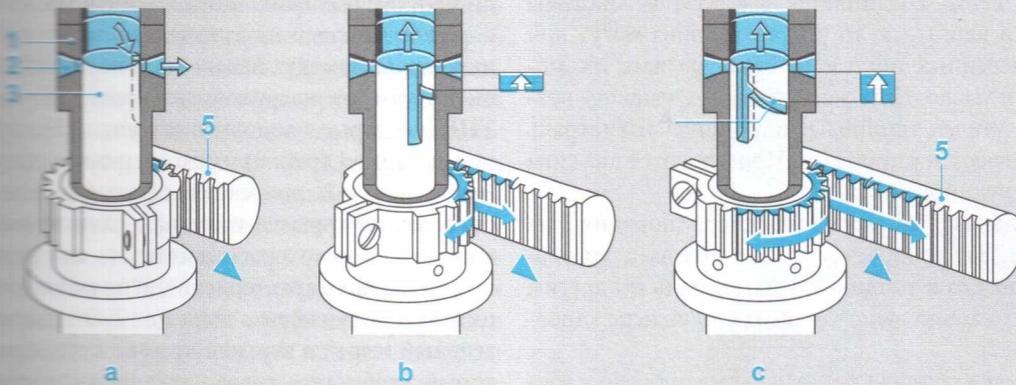


Рис. 7
 а Нулевая подача
 б Частичная подача
 в Максимальная подача

1 Втулка плунжерной пары
 2 Впускное окно
 3 Плунжер ТНВД
 4 Спиральная отсечная кромка
 5 Зубчатая рейка

По мере продолжения рабочего хода плунжера давление топлива возрастает, и нагнетательный клапан в верхней части плунжерной пары начинает открываться. Если в ТНВД используется нагнетательный клапан с разгрузочным элементом (нагнетательный клапан «постоянного объёма», см. параграф «Нагнетательные клапаны»), то активный ход плунжера включает в себя также фазу разгрузки при посадке нагнетательного клапана на седло. Как только нагнетательный клапан открывается, топливо в течение всего активного хода плунжера под действием высокого давления поступает к форсунке. В конечном итоге форсунка впрыскивает точно дозированное количество топлива в камеру сгорания двигателя.

Как только отсечная кромка плунжера снова открывает впускное окно, активный ход плунжера завершается. Начиная с этого момента, во время заключительного хода плунжера к ВМТ топливо больше не поступает к форсунке и может вытекать через вертикальную канавку из топливной камеры плунжерной пары обратно в топливную магистраль, в результате чего давление в камере падает.

Как только плунжер достигнет ВМТ и начнёт своё движение в обратном направлении, топливо по вертикальной канавке поступает из топливной магистрали в топливную камеру плунжерной пары до тех пор, пока спиральная кромка плунжера не перекроет впускное окно (окна). При дальнейшем возвратном движении плунжера в топливной камере плунжерной пары возникает разрежение, и как только впускное окно снова открывается, топливо немедленно в неё поступает. В этот момент цикл впрыска топлива снова начинается.

Регулирование цикловой подачи топлива

Регулирование величины цикловой подачи осуществляется путём изменения активного хода плунжера (рис. 7). Это достигается посредством рейки 5, которая поворачивает плунжер ТНВД 3, в результате чего спиральная отсечная кромка 4 изменяет момент (точку), при котором заканчивается активный ход плунжера, и, следовательно, прекращается подача топлива.

В крайнем положении нулевой подачи (а на рис. 7) вертикальная канавка оказывается на одной линии с впускным окном. В этом положении плунжера камера давления плунжерной пары соединяется с топливной магистралью через плунжер в течение всего его хода и, соответственно, подачи топлива не происходит. Плунжеры ТНВД находятся в этом положении при неработающем двигателе.

На частичных режимах (b) подача топлива прекращается в зависимости от положения плунжера. При максимальной подаче топлива (c) отсечки подачи не происходит до окончания активного хода плунжера, то есть до достижения максимально возможного количества впрыскиваемого топлива.

Передача вращающего момента от рейки к плунжеру (рис. 7) осуществляется посредством зубчатого зацепления (ТНВД РЕ..А и РF) или через шарнирное соединение с подвешенным рычагом и поворотной втулкой (ТНВД Тип РЕ..М, MW, P, R, ZW(M), CW).

Плунжерная пара с возвратным каналом утечек топлива

Если ТНВД соединяется с контуром системы смазки двигателя, то утечки топлива могут при определённых обстоятельствах разжижать моторное масло. Плунжерные пары с каналом возврата утечек топлива в топливную магистраль исключают эту проблему. Применяются два типа конструкций:

- Кольцевая канавка в плунжере (позиция 3 на рис. 8а) собирает утечки топлива и возвращает его в топливную магистраль по другим специально выполненным в плунжере канавкам 2;
- Утечки топлива возвращаются обратно в топливную магистраль через кольцевую канавку 4 и отверстие 1 во втулке (рис. 8б).

Рис. 8

- а Вариант с кольцевой канавкой в плунжере
б Вариант с кольцевой канавкой во втулке

- 1 Окно для возврата утечек топлива
2 Канавки (прорезы) для возврата утечек топлива
3 Кольцевая канавка в плунжере ТНВД
4 Кольцевая канавка во втулке плунжерной пары

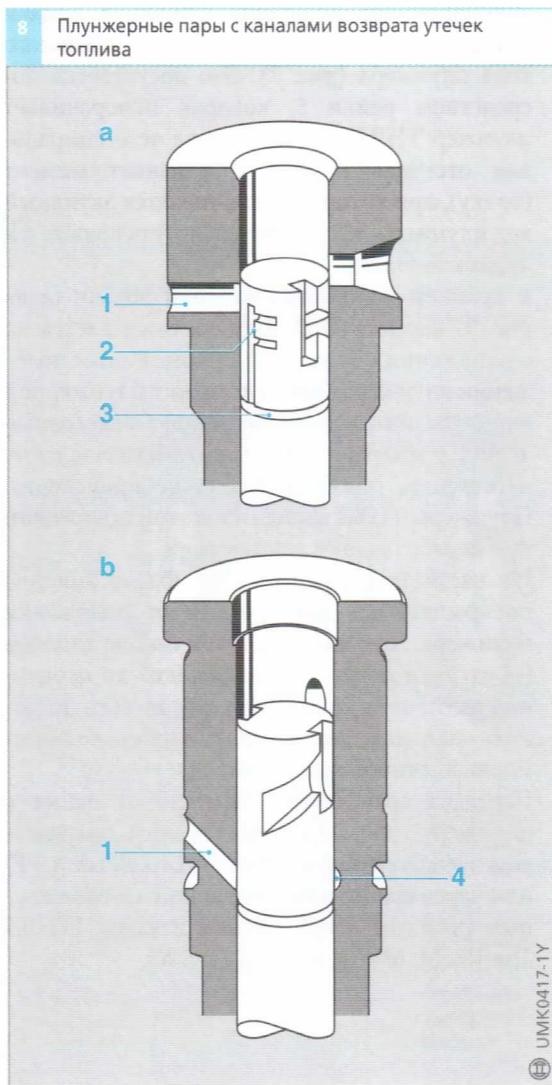


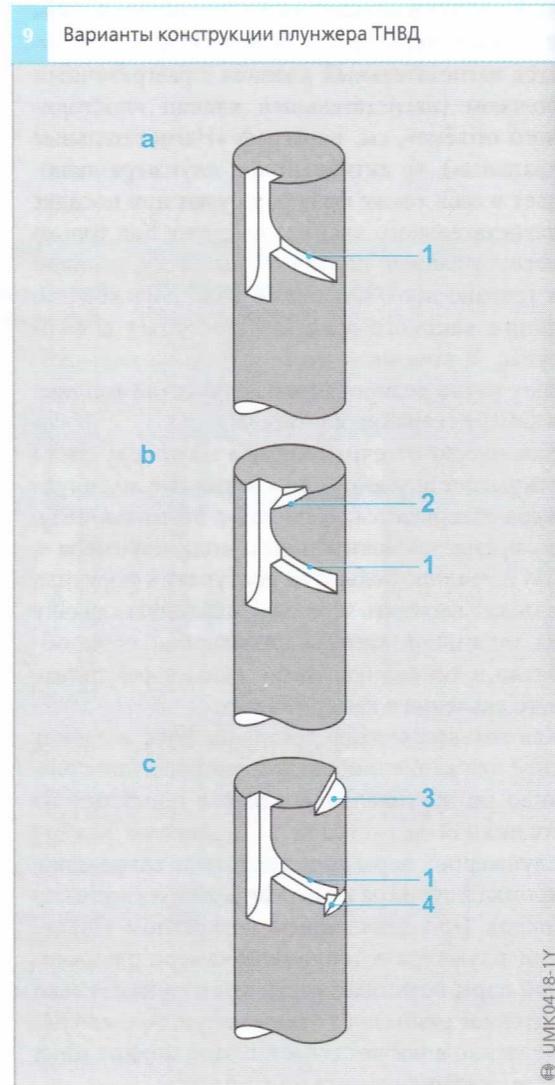
Рис. 9

- а Спиральная канавка в нижней части плунжера
б Спиральные канавки в верхней и нижней частях плунжера
в Спиральная канавка в нижней части плунжера и вырез в верхней кромке плунжера

- 1 Спиральная канавка в нижней части плунжера
2 Спиральная канавка в верхней части плунжера
3 Вырез для пусковой подачи
4 Вырез для ограничения пусковой подачи

Варианты конструкции плунжера ТНВД

Специальные требования по снижению уровня шума и ограничению эмиссии вредных веществ с отработавшими газами делают необходимым изменение момента начала подачи топлива в зависимости от нагрузки двигателя. Плунжеры ТНВД, которые в дополнение к нижней спиральной канавке 1 (рис. 9) имеют верхнюю спиральную канавку 2, допускают регулирование угла опережения впрыска топлива в зависимости от нагрузки. В некоторых двигателях для улучшения пусковых характеристик используются специальные плунжеры с вырезом 3. Это дополнительный вырез в верхней кромке плунжера, который «работает» только при пуске двигателя, осуществляя задержку начала пусковой подачи на 5—10 градусов поворота коленчатого вала.



Формы кулачков вала ТНВД

Различная геометрия камер сгорания и различные способы организации процесса сгорания требуют применения различных параметров процесса впрыска топлива. Другими словами, каждая индивидуальная конструкция двигателя требует индивидуального подхода к адаптации процесса впрыска топлива. Скорость перемещения плунжера и, следовательно, продолжительность впрыска топлива, зависят от профиля кулачка при соответствующем угле поворота кулачкового вала ТНВД. По этой причине существуют различные формы профилей кулачков в соответствии со спецификой применения. Для того чтобы улучшить параметры впрыска топлива, такие как «кривые характеристик подачи» и «кривые давления по углу поворота кулачкового вала», могут проектироваться специальные формы профилей кулачков с использованием компьютерных программ.

Также может быть различной форма сбегавшей кромки кулачка (рис. 10). Существуют кулачки с симметричным профилем (а на рис. 10), с асимметричной сбегавшей кромкой (b) и «reversible-inhibiting» кулачки (с), которые осложняют двигателю начало вращения в обратном направлении.

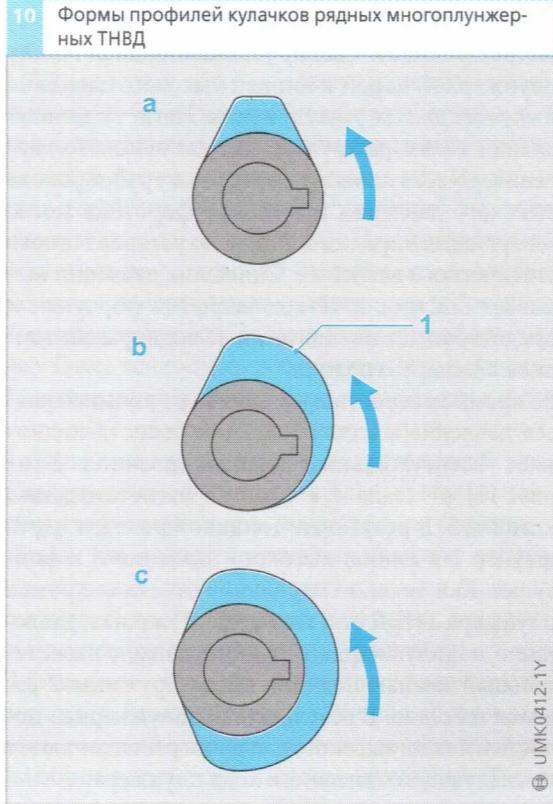


Рис.10
 а Симметричный кулачок
 б Асимметричный кулачок
 в «Reversible-inhibiting» кулачок
 1 Сбегавшая кромка

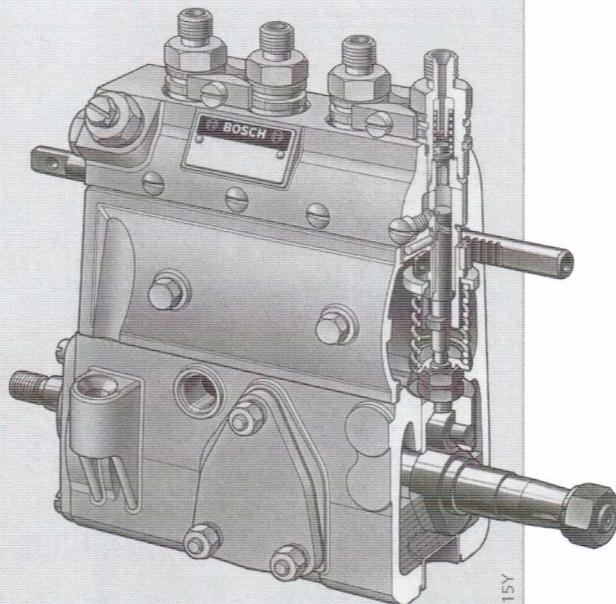
История создания рядных многоплунжерных ТНВД

Никакая другая дизельная топливная система не имеет такую долгую историю, как система с рядными многоплунжерными ТНВД фирмы Bosch. Самый первый пример начала серийного производства исключительно надёжной конструкции ТНВД относится к далёкому 1927 году.

Хотя основной принцип действия ТНВД и регулятора остался неизменным, их конструкция постоянно совершенствовалась и адаптировалась к новым требованиям. Появление в 1987 году систем электронного управления дизелей и в 1993 году рядных многоплунжерных ТНВД с дозирующей втулкой открыло новые горизонты.

Объёмы продаж рядных многоплунжерных ТНВД для широкого ряда применения на сегодняшний день показывают, что они далеки от достижения своего «потолка» («sell-by date»). В 2001 году завод Bosch в Гамбурге «покинули» приблизительно 150 000 ТНВД типов Р и Н.

Рядный многоплунжерный ТНВД, типы РЕ..А



Нагнетательные клапаны

Нагнетательный клапан устанавливается между плунжерной парой и линией высокого давления и служит для их разъединения. Нагнетательный клапан также разгружает линию высокого давления, то есть снижает давление в трубопроводе высокого давления и в камере форсунки после завершения впрыска топлива до установленного статического давления. Снижение давления вызывает быстрое и чёткое закрытие форсунки и предотвращает нежелательные подвпрыски топлива в камеру сгорания.

Во время активного хода плунжера повышающееся давление в надплунжерной полости поднимает нагнетательный клапан (позиция 3 на рис. 11) от седла 4 в корпусе нагнетательного клапана 5. В результате топливо проходит через штуцер 1 в линию высокого давления и к форсунке. Как только спиральная отсечная кромка плунжера ТНВД отсекает подачу топлива, давление в надплунжерной полости падает, нагнетательный клапан под действием пружины 2 садится на седло. В результате надплунжерная полость и линия высокого давления разъединяются до следующего активного хода плунжера.

Нагнетательный клапан постоянного объёма без дросселя возврата топлива

В нагнетательном клапане постоянного объёма (конструкция Bosch GRV) имеется так называемый разгрузочный пояс (позиция 2 на рис. 12),

который выполняется на направляющей клапана и имеет прецизионную посадку в корпусе. При отсечке подачи топлива, когда нагнетательный клапан начинает садиться на седло, разгрузочный пояс отсасывает часть топлива из линии высокого давления, увеличивая тем самым её объём. Объём разгрузки линии высокого давления точно рассчитывается для соответствия длине трубопровода, которая не должна изменяться.

Для достижения желаемых характеристик впрыска топлива в некоторых специальных случаях используются клапаны, корректирующие крутящий момент двигателя, которые имеют лыску, отфрезерованную на разгрузочном поясе.

Нагнетательный клапан постоянного объёма с дросселем возврата топлива

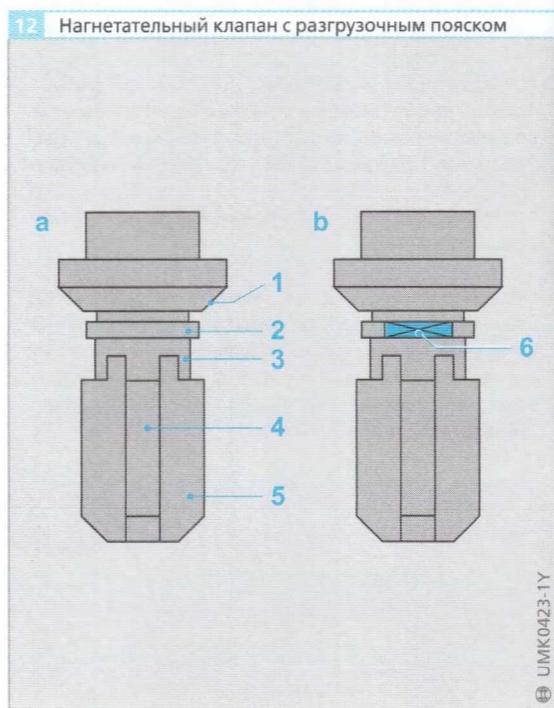
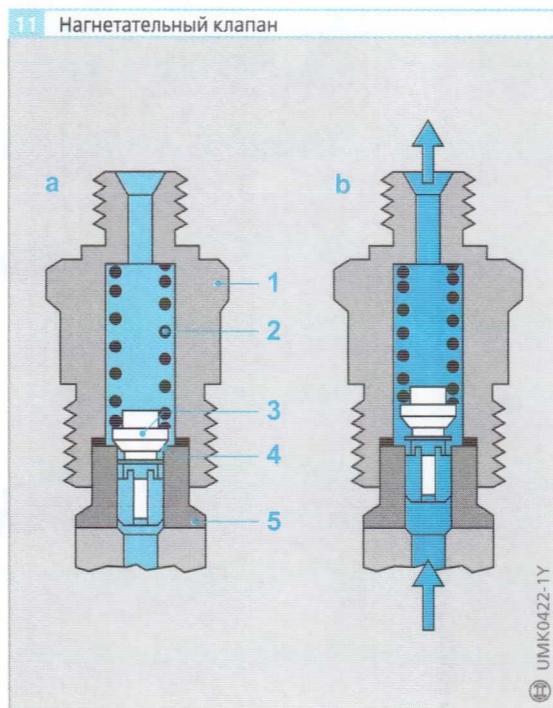
Дросселирование топлива, возвращающегося из линии высокого давления (конструкция Bosch RDV или RSD) также может применяться в дополнение к нагнетательному клапану с разгрузочным пояском. Целью дросселирования является демпфирование и снижение вредного действия волн давления, которые возникают при отсечке подачи, что снижает или полностью исключает износ и кавитацию в камере давления плунжерной пары. Это также предотвращает нежелательные повторные впрыски топлива.

Рис. 11
a Закрыт
b Во время подачи топлива

- 1 Корпус нагнетательного клапана
- 2 Пружина клапана
- 3 Запорный конус клапана
- 4 Седло клапана
- 5 Штуцер

Рис. 12
a Обычный клапан
b Со специальной лыской для выравнивания давления

- 1 Запорный конус нагнетательного клапана
- 2 Разгрузочный пояс
- 3 Кольцевая канавка
- 4 Направляющая нагнетательного клапана
- 5 Вертикальная канавка
- 6 Специальная лыска



Дросселирование возвращающегося из линии высокого давления потока топлива осуществляется в верхней части корпуса нагнетательного клапана (рис. 13), то есть между клапаном и форсункой. Корпус клапана 4 имеет небольшое отверстие 3, размер которого выбирается таким образом, чтобы соответствовать, во-первых, достижению желаемой величины дросселирования потока и, во-вторых, максимально возможному предотвращению возникновения отражённых волн давления. Во время подачи топлива клапан открывается и, следовательно, не дросселирует поток. Для давлений впрыска топлива до 800 бар корпус клапана выполняется в виде диска, при более высоких давлениях — в виде направляющего конуса.

ТНВД с дроссельными клапанами являются «открытыми системами», то есть до начала перекрытия плунжером впускных окон и подъёма нагнетательного клапана статическое давление в линии высокого давления является таким же, как и внутри ТНВД. Следовательно, величина этого давления должна быть, по крайней мере, 3 бара.

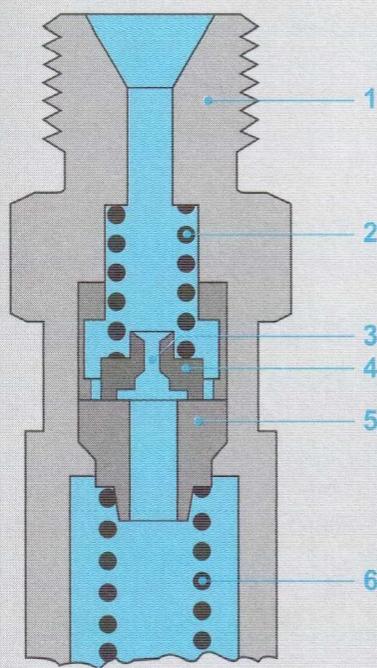
Нагнетательный клапан постоянного давления

Нагнетательный клапан постоянного давления (конструкция Bosch GVD) используется в ТНВД с высоким давлением впрыска топлива (рис. 14). Он состоит из первичного нагнетательного кла-

пана (позиции 1, 2, 3) и клапана постоянного давления с дросселем возврата потока (позиции 2, 5, 6, 7, 8), который встроен в конус нагнетательного клапана 2. Этот клапан поддерживает практически постоянное статическое давление в линии высокого давления между фазами впрыска топлива (остаточное/начальное давление) на всех эксплуатационных режимах. Преимуществами нагнетательного клапана постоянного давления являются предотвращение кавитации и повышение гидравлической стабильности, что обеспечивает более точное дозирование цикловой подачи. Во время активного хода плунжера клапан действует как обычный нагнетательный клапан. В конце активного хода плунжера шаровой клапан 7 открывается, и нагнетательный клапан действует как клапан с дросселированием обратного потока. Как только достигается давление закрытия, пружина сжатия 5 закрывает клапан возврата топлива, поддерживая, таким образом, постоянное давление в линии высокого давления.

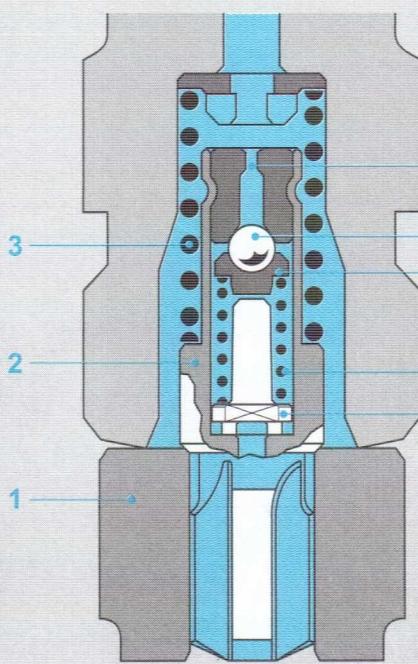
Нормальное функционирование нагнетательного клапана постоянного давления требует, однако, высокой точности регулирования и модификации регулятора частоты вращения. Такой клапан применяется в ТНВД высокого давления (примерно выше 800 бар) и в небольших высокооборотных дизелях с непосредственным впрыском топлива.

13 Нагнетательный клапан постоянного объёма с дросселем возвратного потока топлива



UMK0424-1Y

14 Нагнетательный клапан постоянного давления



UMK0983-1Y

Рис. 13

- 1 Штуцер
- 2 Пружина клапана
- 3 Дроссель возвратного потока
- 4 Корпус клапана
- 5 Седло (держатель) дросселя
- 6 Пружина нагнетательного клапана

Рис. 14

- 1 Корпус нагнетательного клапана
- 2 Конус клапана
- 3 Пружина клапана давления
- 4 Клапан подачи
- 5 Пружина клапана постоянного давления
- 6 Седло пружины
- 7 Шаровой клапан
- 8 Дроссель

Варианты конструкций ТНВД

Диапазон цилиндровой мощности дизелей с рядными многоплунжерными ТНВД простирается от 10 до 200 кВт/цилиндр. Соответственно, различные варианты конструкций ТНВД позволяют обеспечивать такой широкий диапазон мощности. Конструкции рядных многоплунжерных ТНВД группируются в серии, которые в некоторой степени перекрывают мощностной ряд дизелей. Следует отметить большой объём производства ТНВД размерностей А, М, MW и Р (рис. 1).

Имеются две разные конструктивные схемы стандартных рядных многоплунжерных ТНВД:

- конструкции ТНВД открытого типа (Тип М и А) с боковой крышкой;
- конструкции ТНВД закрытого типа (Тип MW и Р), в которых плунжерная пара устанавливается в корпус насоса сверху.

Для дизелей с ещё более высокой цилиндровой мощностью имеются ТНВД размерности P10, ZW, P9 и CW.

Существуют два способа подачи топлива к плунжерным парам — с продольным током (а), когда топливо последовательно протекает от одной плунжерной пары к другой, и с поперечным током (b), при котором топливо подаётся в плун-

жерные пары индивидуально от общего питающего канала. В последнем случае нарушение давления в одной секции не влияет на работу соседних цилиндров, достигаются более жёсткие допуски по точности дозирования.

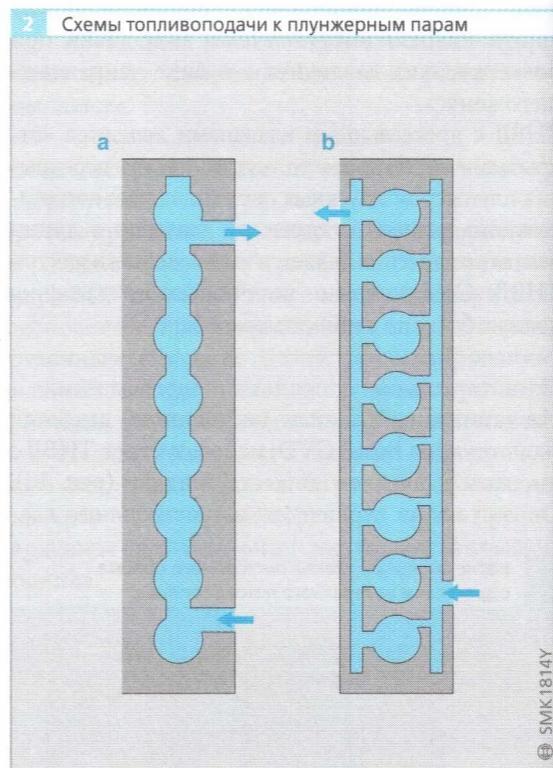
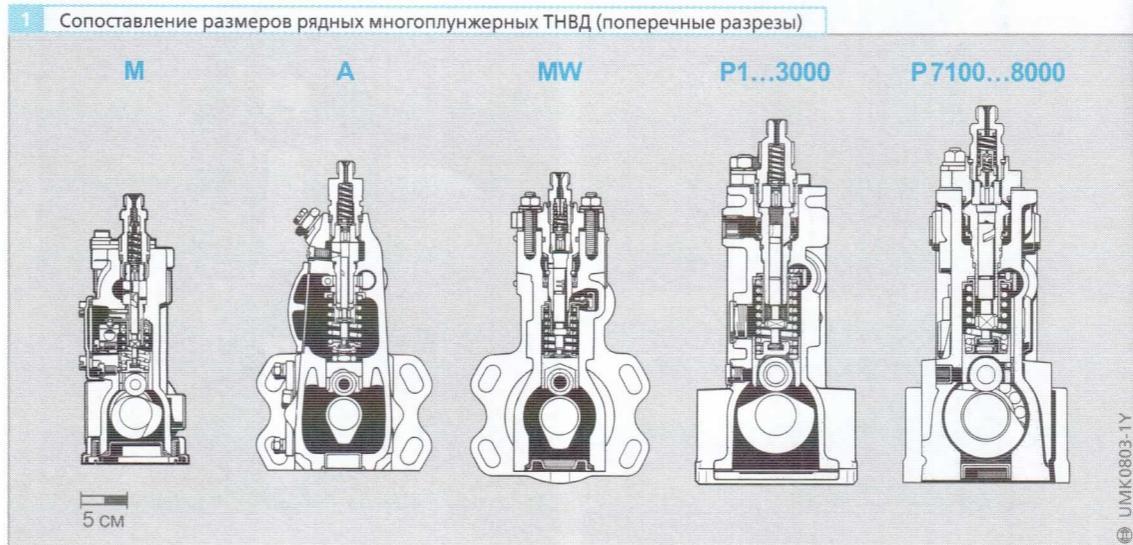


Рис. 2

а Продольный ток
b Поперечный ток (ТНВД тип Р-8000)



► Рекорды скорости дизельных автомобилей в 1978 году

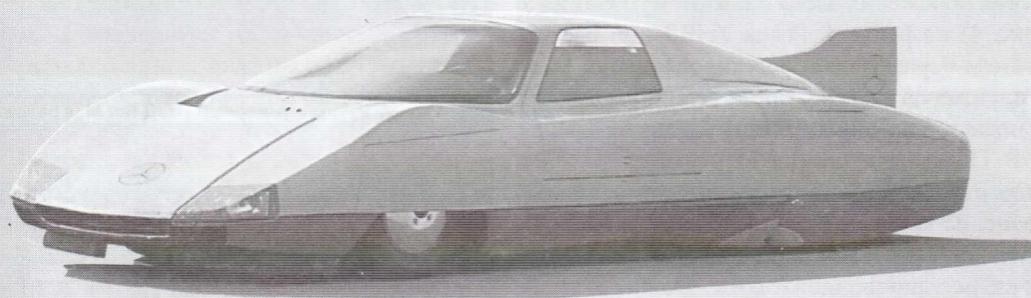
В апреле 1978 года экспериментальный Mercedes-Benz C111-III установил девять мировых рекордов скорости, некоторые из которых стоят и сегодня, а также одиннадцать мировых рекордов в классе автомобилей. Некоторые из этих рекордов ранее были установлены автомобилями с бензиновыми двигателями.

Средняя скорость рекордных заездов составляла приблизительно 325 км/ч, а максимальная измеренная скорость 338 км/ч. При этом средний расход топлива был только 16 литров на 100 километров.

Такие значительные достижения были возможны благодаря исключительно обтекаемой форме пласт-

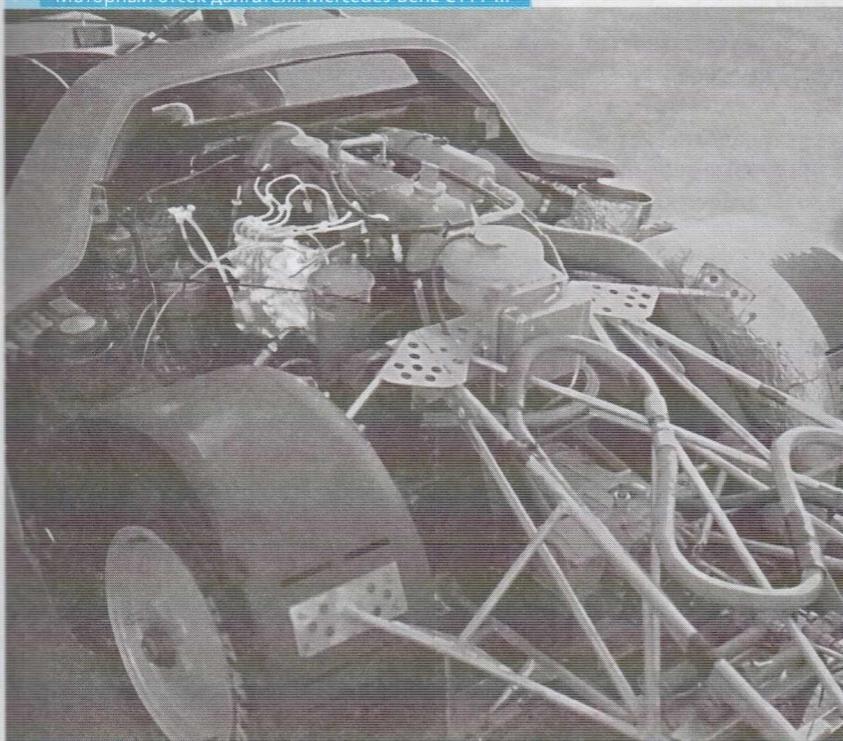
массового кузова, коэффициент аэродинамического сопротивления которого 0,195 был сенсационно низким для того времени.

На автомобиле был установлен трёхлитровый пятицилиндровый рядный дизель с максимальной мощностью 170 кВт (230 л.с.), которая была в два раза выше мощности его стандартного аналога в серийном производстве. Максимальный крутящий момент в 401 Н•м достигался при частоте вращения 3600 мин⁻¹. Такие характеристики стали возможными при наличии турбонаддува и промежуточного охлаждения воздуха.



⊕ NMM0598Y

► Моторный отсек двигателя Mercedes-Benz C111-III



При номинальной частоте вращения двигателя частота вращения ротора турбокомпрессора составляла 150 000 мин⁻¹.

Впрыск топлива с точным его дозированием осуществлялся рядным многоплунжерным ТНВД Bosch Тип РЕ...М

⊕ NMM0599Y

Рядные многоплунжерные ТНВД размерности М

Рядные многоплунжерные ТНВД размерности М (рис. 3 и 4) имеют наименьшие размеры в серии ТНВД РЕ. Этот насос имеет корпус из алюминиевого сплава с фланцевым креплением на двигателе и крышку сбоку корпуса. Максимальное давление впрыска ТНВД размерности М ограничено величиной в 400 бар.

Регулирование величины цикловой подачи и заданной неравномерности подачи между секциями осуществляется после снятия боковой крышки корпуса ТНВД. Индивидуальная регулировка каждой секции производится путём изменения положения блока с зажимом (позиция 5 на рис. 4) на рейке 4. Рейка ТНВД при работе двигателя осуществляет регулирование положения плунжеров и как результат величины цикловой подачи в заданных конструктивных пределах. В ТНВД размерности М рейка состоит из круглого стального стержня с лыской на одной стороне, на котором установлены регулировочные блоки с вырезом и зажимным винтом. В прорезь регулировочного блока 5 входит регулировочный рычаг 3, жёстко связанный с поворотной втулкой, формируя механическую связь последней с рейкой ТНВД. Такая конструкция относится к рычажному механизму управления «шток — рычаг».

Плунжеры ТНВД опираются непосредственно на роликовые толкатели 6. Регулировка момента закрытия впускных окон (LPC) осуществляется выбором роликов различных диаметров.

ТНВД размерности М могут устанавливаться на четырёх-, пяти- и шестичилиндровые двигатели и подходят для работы только на дизельном топливе.

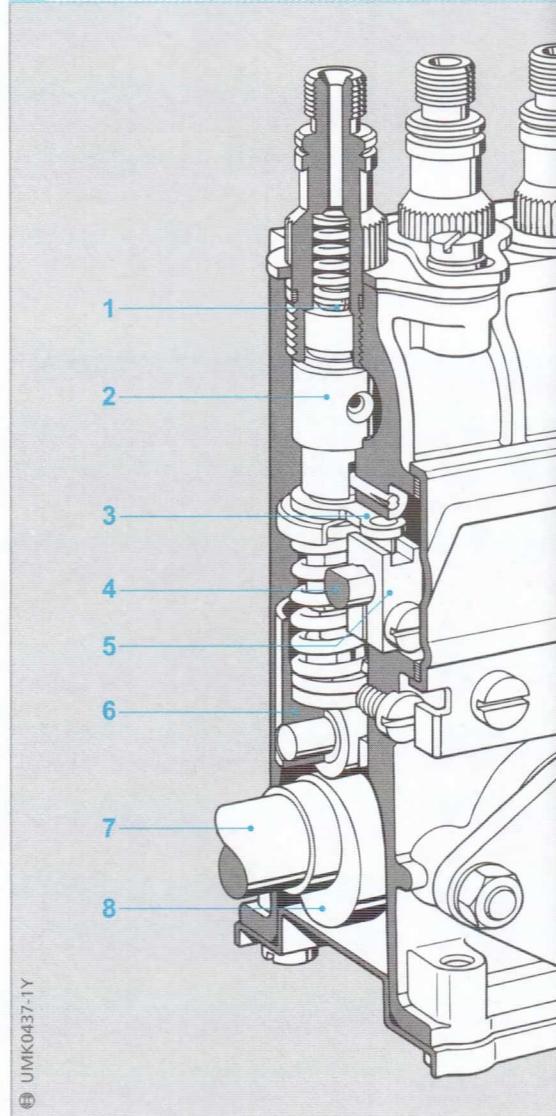
Рис. 4

- 1 Нагнетательный клапан
- 2 Втулка плунжерной пары
- 3 Рычаг поворотной втулки
- 4 Рейка ТНВД
- 5 Блок рейки с зажимом
- 6 Роликовый толкатель
- 7 Кулачковый вал ТНВД
- 8 Кулачок

3 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип М (общий вид)



4 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип М (в разрезе)



Рядные многоплунжерные ТНВД размерности А

Рядные многоплунжерные ТНВД размерности А (рис. 5 и 6) являются следующим типом в размерном ряду после ТНВД размерности М, обеспечивающие большие значения величины цикловой подачи.

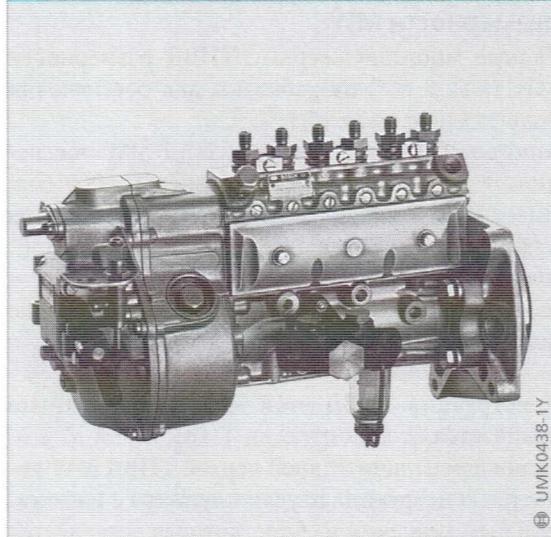
Корпус этого насоса выполнен из алюминиевого сплава и крепится к двигателю или с помощью фланца, или на опоре.

В ТНВД размерности А, который также имеет конструкцию открытого типа, плунжерная пара (позиция 2 на рис. 6) вставляется в корпус насоса непосредственно сверху и прижимается штуцером высокого давления к корпусу через опору клапана. Прижимные давления уплотнений, которые значительно выше гидравлических давлений впрыска топлива, должны выдерживаться корпусом насоса, и по этой причине максимальное давление впрыска топлива в ТНВД размерности А ограничивается в отношении внутреннего действия до 600 бар.

В отличие от ТНВД размерности М, насосы размерности А имеют регулировочный винт 7 для установки момента перекрытия впускного окна при подъёме плунжера. Это упрощает процесс регулирования основных установочных параметров. Регулировочный винт заворачивается в роликовый толкатель и фиксируется контргайкой. Другое отличие от насосов размерности М заключается в том, что вместо рычажного механизма привода рейки используется зубчатая передача рейка — шестерня. Это означает, что зубчатая рейка 4 находится в зацеплении с шестерней поворотной втулки 5, каждая из которых может быть повернута относительно шестерни поворотной втулки путём ослабления зажимного болта при регулировке величины цикловой подачи каждой индивидуальной секцией (плунжерной парой).

Такая конструкция ТНВД позволяет выполнять все регулировки без вращения насоса и при открытии крышки, которая располагается сбоку корпуса и открывает доступ к пружинам насоса. В отличие от насосов модели М ТНВД размерности А могут устанавливаться на двигателях с числом цилиндров до двенадцати и работать на альтернативных топливах.

5 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип А (общий вид)



6 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип А (в разрезе)

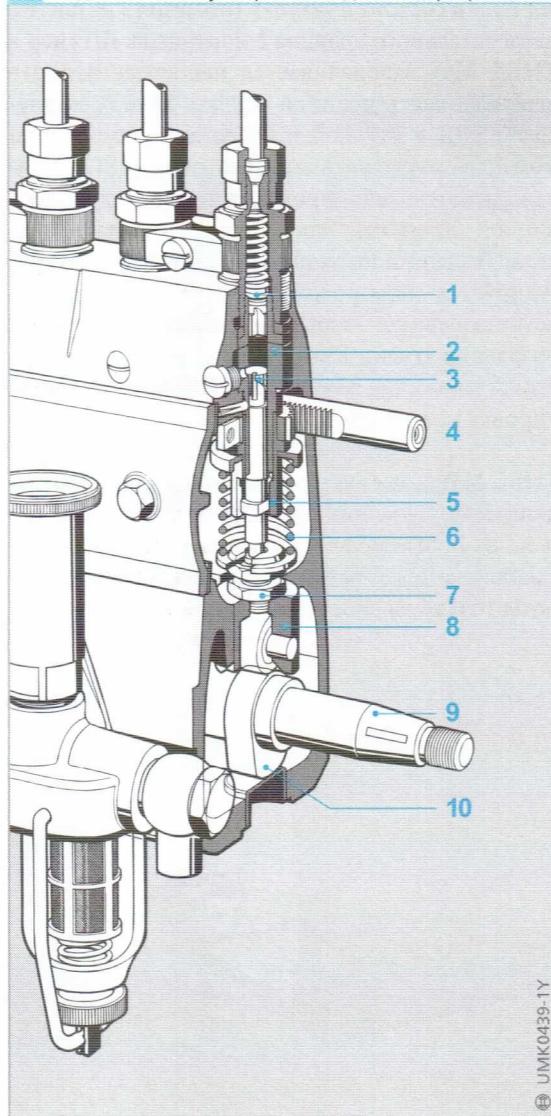


Рис. 6

- 1 Нагнетательный клапан
- 2 Втулка плунжерной пары
- 3 Плунжер ТНВД
- 4 Рейка
- 5 Поворотная втулка
- 6 Пружина плунжера
- 7 Регулировочный болт
- 8 Роликовый толкатель
- 9 Кулачковый вал
- 10 Кулачок

Рядные многоплунжерные ТНВД размерности MW

Рядные многоплунжерные ТНВД размерности MW (рис. 7 и 8) разработаны для обеспечения больших подач топлива.

Многоплунжерный рядный ТНВД MW обеспечивает давление впрыска топлива до 900 бар, имеет корпус закрытого типа, выполненный из алюминиевого сплава, по конструкции подобный моделям меньшей мощности, крепление к двигателю может осуществляться с помощью фланца или на опоре.

Конструкция ТНВД этой модели значительно отличается от конструкции ТНВД серий М и А. Основной отличительной чертой ТНВД MW является конструкция втулки плунжера с нагнетательным клапаном в сборе, которая вставляется в корпус насоса сверху. Этот узел собирается вне корпуса и состоит из втулки (позиция 3 на рис. 8), нагнетательного клапана 2 и штуцера. Штуцер в ТНВД MW заворачивается непосредственно в верхнюю часть длинной втулки. Между корпусом ТНВД и втулкой в сборе для регулировки момента закрытия впускного окна (LPC) устанавливаются регулировочные прокладки различной толщины. Равномерность подачи различных секций (заданная неравномерность) регулируется поворотом всего узла втулки с нагнетательным клапаном снаружи. Для этого во фланце втулки 1 выполнены овальные отверстия. Положение плунжера ТНВД при этой регулировке не изменяется.

ТНВД MW может устанавливаться на различные двигатели с числом цилиндров до восьми, однако на новые модели двигателей больше не устанавливается. Этот насос предназначен для работы только на дизельном топливе.

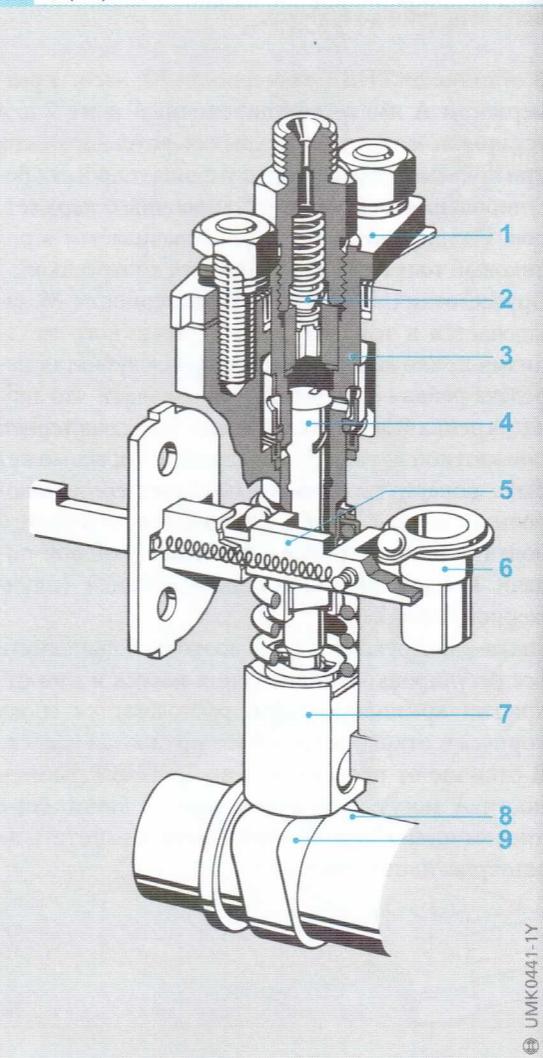
Рис. 8

- 1 Монтажный фланец узла втулки ТНВД
- 2 Нагнетательный клапан
- 3 Втулка ТНВД
- 4 Плунжер ТНВД
- 5 Рейка
- 6 Поворотная втулка
- 7 Роликовый толкатель
- 8 Кулачковый вал
- 9 Кулачок

7 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип MW
(общий вид)



8 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип MW
(в разрезе)



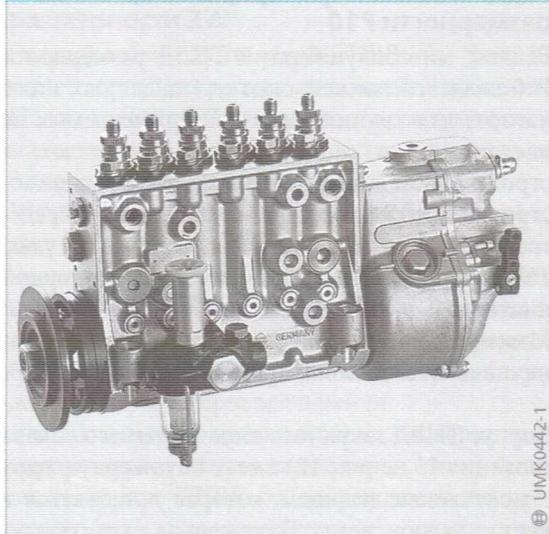
Рядные многоплунжерные ТНВД размерности Р

Рядные многоплунжерные ТНВД размерности Р (рис. 9 и 10) также были разработаны для обеспечения больших подач топлива. Подобно ТНВД MW корпус насоса Р закрытого типа с креплением на двигателе с помощью фланца или на опоре. В ТНВД Р с давлением впрыска топлива до 850 бар втулка плунжерной пары (позиция 4 на рис. 10) устанавливается внутри дополнительной фланцевой втулки 3, в которой имеется внутренняя резьба для штуцера нагнетательного клапана. В такой конструкции силы затяжки, прикладываемые для обеспечения уплотнений, не оказывают влияния на корпус ТНВД. Регулировка момента закрытия впускного окна (LPC) в ТНВД Р осуществляется так же, как и в насосах MW.

В рядных многоплунжерных ТНВД с небольшим давлением впрыска топлива используется обычная топливная магистраль низкого давления, посредством которой топливо последовательно подаётся к индивидуальным секциям (плунжерным парам) от входа до выхода из магистрали, расположенной вдоль продольной оси ТНВД (продольный ток топлива). В ТНВД размерности Р типа Р8000, который спроектирован для давления впрыска топлива 1150 бар, такой способ течения топлива внутри ТНВД может вызвать значительный перепад температуры топлива, почти до 40 градусов, между первым и последним цилиндрами. Соответственно, в разные камеры сгорания двигателя впрыскивалось бы разное массовое количество топлива (с повышением температуры плотность топлива уменьшается при соответствующем увеличении объёма) и сообщалась бы разная энергия. По этой причине такой тип ТНВД имеет поперечный ток топлива (то есть под прямым углом к продольной оси насоса), посредством чего топливные каналы индивидуальных секций изолированы одна от другой, и питаются топливом параллельно с практически одинаковой температурой.

ТНВД Тип Р выпускается для двигателей с числом цилиндров до 12-ти и может работать как на дизельном топливе, так и на альтернативных топливах.

9 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип Р (общий вид)



10 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип Р (в разрезе)

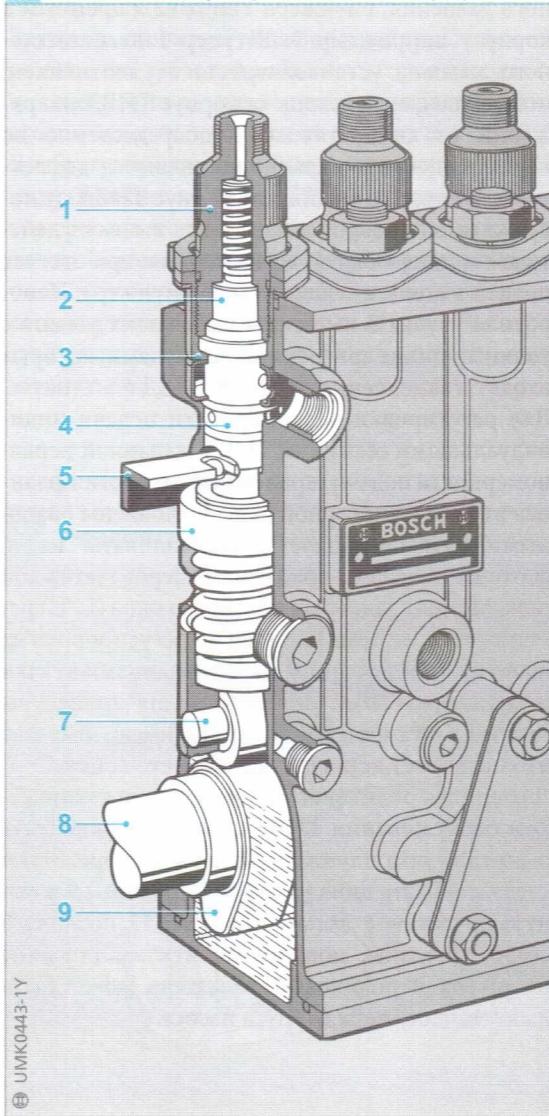


Рис. 10

- 1 Штуцер нагнетательного клапана
- 2 Нагнетательный клапан
- 3 Фланцевая втулка
- 4 Втулка плунжерной пары
- 5 Рейка
- 6 Поворотная втулка
- 7 Роликовый толкатель
- 8 Кулачковый вал
- 9 Кулачок

Рядный многоплунжерный ТНВД размерности Р10

Рядный многоплунжерный ТНВД размерности Р10 является наименьшим из описанных ниже насосов для крупных дизелей, применяемых на внедорожниках, стационарных двигателях, в строительном и сельскохозяйственном машиностроении, в специальных транспортных средствах, на железнодорожных локомотивах и судах. ТНВД устанавливается на двигателе на опорной плите.

Максимальное давление впрыска топлива ограничивается величиной приблизительно 1200 бар.

Корпус ТНВД закрытого типа из лёгкого сплава (позиция 13 на рис. 12) имеет плунжерную пару с монтажным фланцем, которая вставляется в корпус насоса сверху. Плунжерная пара состоит из втулки 5, нагнетательного клапана постоянного давления, плунжера ТНВД 12 и крепится к корпусу шпильками 3. Штуцер 1 нагнетательного клапана устанавливается с уплотнением, что исключает действие на корпус ТНВД напряжений от сил затяжки. Непосредственно во втулку плунжерной пары вставляются дефлекторы 4, которые защищают корпус ТНВД от повреждения, которое может быть вызвано действием мощных струй, возникающих при отсечке подачи в конце активного хода плунжера. Поворотная втулка 8 имеет два связующих рычага с тонкими цилиндрическими выступами, которые входят в зацепление с рейкой ТНВД 6.

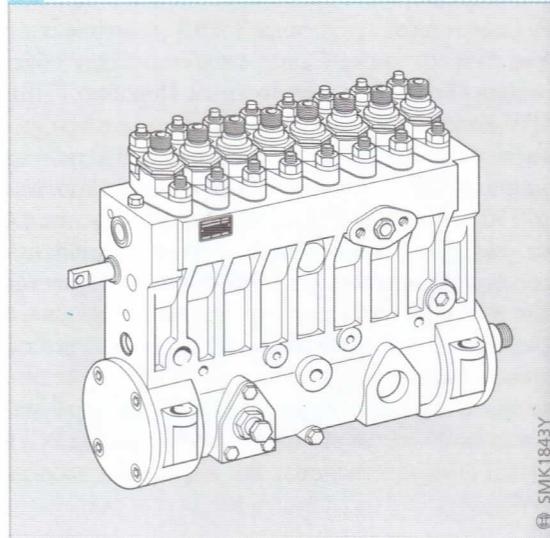
Для регулировки равномерности подачи индивидуальными секциями ТНВД (заданной неравномерности подачи) крепёжные отверстия фланцев втулки плунжерной пары выполнены овальными, что позволяет устанавливать их в соответствующем положении перед затяжкой гаек. Момент закрытия впускного окна (LPC) регулируется путём установки регулировочных шайб нужной толщины между фланцами втулки и корпусом ТНВД. Для облегчения процедуры замены регулировочные шайбы имеют вырезы, что позволяет вставлять их на место сбоку.

Для снятия роликового толкателя при техническом обслуживании ТНВД сначала должна быть вынута втулка плунжерной пары в сборе. Затем следует нажать вниз на седло 7 пружины 9 и вынуть пружинное стопорное кольцо 11, после чего седло пружины, поворотная втулка, пружина плунжера и роликовый толкатель могут быть вынуты через верх корпуса насоса.

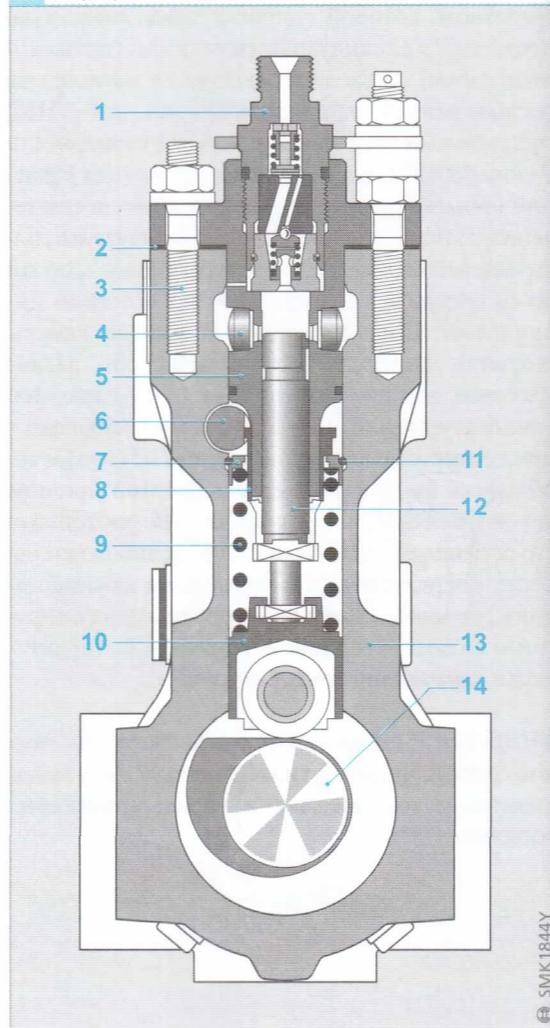
Рис. 12

- 1 Штуцер нагнетательного клапана постоянного давления
- 2 Регулировочные шайбы
- 3 Шпильки
- 4 Дефлекторы втулки
- 5 Втулка плунжерной пары с фланцами крепления
- 6 Рейка ТНВД
- 7 Седло пружины плунжера
- 8 Поворотная втулка
- 9 Пружина плунжера
- 10 Роликовый толкатель
- 11 Стопорное пружинное кольцо
- 12 Плунжер ТНВД
- 13 Корпус ТНВД
- 14 Кулачковый вал

11 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип Р10 (общий вид)



12 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип Р10 (в разрезе)



При обратной установке этих деталей нужно сжать пружину плунжера седлом и с помощью специального прис. особления установить на место в корпусе насоса до защёлкивания пружинное стопорное кольцо.

Кулачковый вал вращается на роликовых подшипниках, установленных в каждом конце корпуса ТНВД. Для достижения максимальной жёсткости конструкции вал поддерживается также одним или двумя подшипниками скольжения.

Корпус ТНВД P10 соединён с контуром системы смазки двигателя, при этом расход масла определяется дроссельным отверстием. Подача топлива к индивидуальным секциям ТНВД осуществляется при циркуляции топлива в канале с продольным током. Топливоподкачивающий насос может быть шестерёнчатый с приводом от двигателя или электрическим. Для обеспечения бесперебойной подачи топлива к ТНВД и, следовательно, эффективного охлаждения насоса, расход топлива через топливоподкачивающий насос в несколько раз больше необходимого для подачи в цилиндры двигателя.

ТНВД размерности P10 выпускается для двигателей с числом цилиндров 6, 8 и 12. Регулирование величины подачи топлива осуществляется гидравлическим или электромеханическим регулятором частоты вращения, выпускаемых производителем двигателей.

Рядный многоплунжерный ТНВД размерности P9

Рядный многоплунжерный ТНВД P9 по конструкции более или менее идентичен ТНВД P10, однако он несколько больше по размерам и, следовательно, располагается в ряду между моделями ZW и CW.

ТНВД P9 имеет закрытый корпус из лёгкого сплава, максимальное давление впрыска топлива, как и в ТНВД P10, ограничено величиной 1200 бар. Насос крепится к двигателю с помощью рамы. ТНВД P9 выпускается в вариантах для 6-, 8- и 12-цилиндровых двигателей.

Регулирование величины подачи осуществляется гидравлическим или электромеханическим регулятором частоты вращения, выпускаемых производителем двигателей.

Рядный многоплунжерный ТНВД размерности ZW

Рядный многоплунжерный ТНВД ZW (рис. 13) имеет корпус открытого типа из лёгкого сплава. Насос крепится к двигателю с помощью рамы, максимальное давление впрыска топлива ограничено величиной 950 бар.

Штуцер нагнетательного клапана (позиция 1 на рис. 14), завёрнутый в корпус насоса 18, обеспечивает уплотнение между нагнетательным клапаном и втулкой плунжерной пары 2, также как и передачу гидравлических сил от плунжера. Стопорный винт 14 удерживает втулку плунжерной пары от проворачивания.

Два закалённых резьбовых болта 3, завёрнутых в корпус насоса напротив впускных окон, защищают корпус ТНВД от повреждения, которое может быть вызвано действием мощных струй, возникающих при отсечке подачи в конце активного хода плунжера.

Величина цикловой подачи регулируется при перемещении зубчатой рейки 4, которая находится в зацеплении с шестернями, закреплёнными прижимами на поворотных втулках 6.

Для регулировки равномерности подачи индивидуальными секциями ТНВД (заданной неравномерности подачи) нужно ослабить зажимные болты 15 шестерен поворотных втулок, которые после этого могут быть повёрнуты относительно соответствующих поворотных втулок. После регулировки зажимные болты должны быть снова затянуты.

13 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип ZW (общий вид)

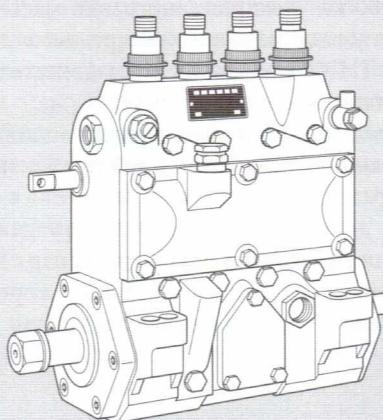


Рис. 14

- 1 Штуцер нагнетательного клапана постоянного давления
- 2 Втулка плунжерной пары
- 3 Болты ударных deflectоров
- 4 Рейка ТНВД
- 5 Направляющий болт рейки
- 6 Поворотная втулка
- 7 Плунжер ТНВД
- 8 Пружина плунжера
- 9 Диск LPC
- 10 Роликовый толкатель
- 11 Кулачковый вал
- 12 Пробка для контроля уровня масла
- 13 Пробка отверстия для заливки масла
- 14 Стопорный винт втулки плунжерной пары
- 15 Зажимной болт
- 16 Крышка корпуса ТНВД
- 17 Фиксирующий болт
- 18 Корпус ТНВД

Регулировка момента закрытия впускных окон осуществляется подгонкой или заменой диска 9 LPC или с помощью фиксирующего болта 17 роликового толкателя 10.

Для снятия кулачкового вала 11 роликовые толкатели могут быть зафиксированы в предельном верхнем положении фиксирующим болтом 17, завёрнутым в боковую стенку корпуса ТНВД. Кулачковый вал, как отмечалось выше, вращается в роликовых подшипниках, в дополнение к которым при большом числе секций (числе цилиндров двигателя) могут устанавливаться один или два разъёмных подшипника скольжения.

Топливоподкачивающий насос может быть поршневого типа с фланцевым креплением сбоку корпуса ТНВД или отдельно установленный насос с кольцевой шестерней, или электрический топливоподкачивающий насос. Смазка ТНВД осуществляется от системы смазки двигателя.

ТНВД ZW предназначены для двигателей с числом цилиндров от четырёх до двенадцати и могут работать только на дизельном топливе. ТНВД с маркировкой ZW(M) спроектированы в многотопливном исполнении.

Рядный многоплунжерный ТНВД размерности CW

Рядный многоплунжерный ТНВД CW завершает верх модельного ряда многоплунжерных ТНВД фирмы Bosch. Обычной областью применения этих моделей являются очень мощные и относительно малооборотные судовые двигатели и силовые установки внедорожных передвижных средств с номинальной частотой вращения 1800 мин^{-1} и цилиндровой мощностью до 200 кВт/цилиндр .

Даже шестицилиндровый вариант этого ТНВД с чугунным корпусом закрытого типа имеет массу около 100 кг , что примерно равно массе двигателя легкового автомобиля среднего размера. Корпус ТНВД закрепляется на двигателе восемью болтами в его основании.

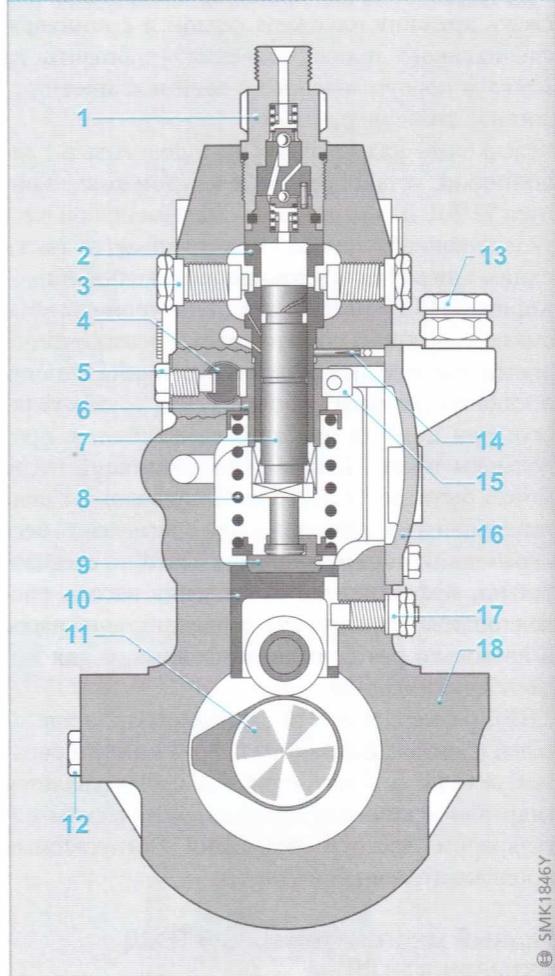
Максимальное давление впрыска топлива ТНВД CW ограничивается величиной приблизительно 1000 бар .

Силы для уплотнения плунжерных пар с диаметром плунжеров до 20 мм передаются корпусу насоса затяжкой прижимных болтов 1 (рис. 15).

Рис. 15

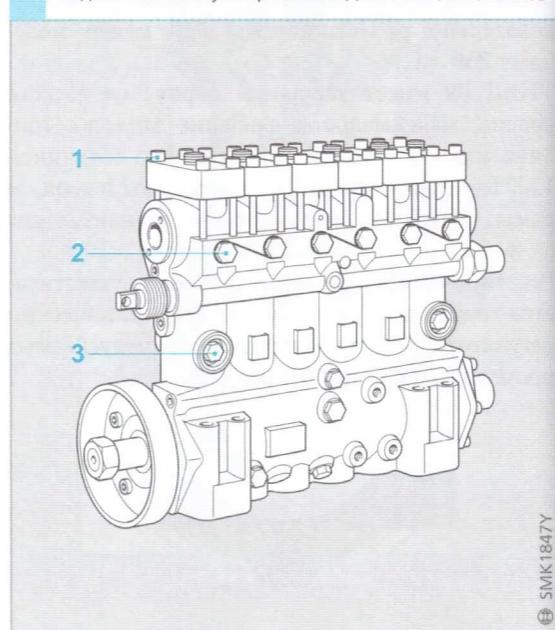
- 1 Прижимной болт
- 2 Болт deflectора
- 3 Уплотнительная крышка болта

14 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип ZW (в разрезе)



SMK1846Y

15 Рядный многоплунжерный ТНВД Тип CW (общий вид)



SMK1847Y

Регулирование цикловой подачи осуществляется зубчатой рейкой ТНВД. Регулировка равномерности подачи индивидуальными секциями ТНВД (заданной неравномерности подачи) достигается с помощью небольших отверстий сбоку корпуса ТНВД, которые уплотняются крышками болтов 3. Регулировка момента закрытия впускных окон (LPC) осуществляется установкой регулировочных шайб различной толщины между роликовыми толкателями и плунжерами ТНВД.

Подача топлива к ТНВД обеспечивается шестерёнчатым топливоподкачивающим насосом с приводом от двигателя или электрическим топливоподкачивающим насосом.

Регулирование цикловой подачи ТНВД осуществляется гидравлическим или электромеханическим регулятором частоты вращения, выпускаемых изготовителем двигателей.

ТНВД CW выпускается в вариантах для 6-, 8- и 12-цилиндровых двигателей и предназначен для работы только на дизельном топливе.

Рядные многоплунжерные ТНВД для специального применения

Кроме использования ТНВД в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) существует ряд специальных областей применения рядных многоплунжерных ТНВД (например, с приводом от электромоторов):

- химическая промышленность;
- текстильная промышленность;
- станкоинструментальная промышленность;
- машиностроение.

ТНВД, используемые в этих областях, относятся к так называемым нагнетательным насосам («press pumps»). Такими ТНВД, главным образом, являются модели Тип Р и Тип ZW(M). Также может быть использован одноплунжерный ТНВД Тип РЕ без кулачкового вала.

В перечисленных выше областях применения требуется обеспечение впрыска равномерно и тонко распыленной жидкости в очень малых, но точно дозированных количествах при высоких давлениях. Там часто требуется наличие способности быстро и плавно, и по возможности просто изменять величину подачи.

Подаваемые под давлением (то есть распыливаемые) жидкости не должны химически воздействовать на материалы ТНВД (алюминий, медь, сталь, perbunane, нейлон) ни в малейшей степени, содержать любые твёрдые, то есть абразивные, частицы, так как это единственный способ

предотвратить преждевременный износ деталей ТНВД. Там, где это необходимо, жидкости должны быть тщательно отфильтрованы перед входом в нагнетательные насосы. В зависимости от применяемой жидкости может потребоваться установка в ТНВД специальных деталей, как, например, противостоящие коррозии пружины сжатия, специально обработанные топливные магистрали, специальные уплотнения.

Жидкости с высокой вязкостью должны подаваться в ТНВД под достаточно высоким давлением, или перед прохождением через фильтр для уменьшения вязкости жидкость должна быть подогрета (максимально до 80°С).

Максимально допустимая величина вязкости впрыскиваемой жидкости должна быть $7,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с, или подача в топливную магистраль ТНВД должна происходить при давлении до 2-х бар и величине вязкости $38 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

Жидкость, впрыскиваемая ТНВД, должна поступать в его магистраль под давлением до двух бар, в зависимости от вязкости жидкости. Это может быть достигнуто с помощью топливоподкачивающего насоса, смонтированного на нагнетательном насосе, гидростатического напора или баллона с жидкостью под давлением.

Производительность нагнетательного насоса измеряется с использованием характеристик стандартного дизельного топлива. Если используются жидкости с различной вязкостью, то и производительность будет изменяться. Точное определение максимальной величины подачи возможно только при использовании конкретной жидкости и в месте конкретной установки. Допустимое давление впрыска жидкости также зависит от того, работает ли ТНВД периодически или постоянно. Для нагнетательных насосов на базе ТНВД Тип ZW(M) максимально допустимое давление впрыска при определённых обстоятельствах может достигать 1000 бар (при условии консультаций со специалистами). Если для работы имеется возможность увеличить давление выше максимально допустимого предела, то в линии высокого давления должен быть установлен предохранительный клапан.

Многоплунжерные рядные ТНВД Тип РЕ для работы на альтернативных топливах

Некоторые специально спроектированные дизели могут работать на альтернативных топливах. Для таких применений используются модифицированные варианты ТНВД типов MW и P.

Многотопливные двигатели

Многотопливные двигатели могут работать не только на дизельном топливе, но также и на бензине, парафиновых углеводородах и керосине. Переход с одного вида топлива на другой требует проведения регулировок топливodosирующей системы для предотвращения больших отличий в развиваемой мощности. Наиболее важными свойствами топлива являются точка кипения, плотность и вязкость. Для того чтобы эти свойства могли быть сбалансированы одно с другим для достижения оптимального результата, необходима модификация компонентов системы впрыска топлива. Поскольку альтернативные топлива обычно имеют низкую точку кипения, топливо должно более быстро и под более высоким давлением циркулировать по топливной магистрали низкого давления ТНВД. Для этой цели используется специальный топливopодкачивающий насос.

При использовании топлива меньшей плотности (например, бензина) величина цикловой подачи топлива при полной нагрузке может быть увеличена с помощью регулируемого упора рейки ТНВД.

Для предотвращения утечек топлива, имеющего низкую вязкость, в плунжерных парах имеются «ловушки» топлива в виде двух кольцевых канавок во втулках (см. параграф «Плунжерная пара с возвратным каналом утечек топлива»). Верхняя канавка соединяется отверстием с топливной магистралью, в которую снова поступает топливо, протекающее в эту канавку через плунжер во время активного хода.

Нижняя канавка имеет впускной канал, через который в неё с целью уплотнения под давлением через фильтр поступает масло из системы смазки двигателя. При обычных рабочих частотах вращения давление масла больше, чем давление топлива в магистрали, поэтому в результате обеспечивается надёжное уплотнение плунжерной пары. Обратный клапан предотвращает переход топлива в систему смазки двигателя, если имеет место падение давления масла ниже определённого предела на режиме минимальной частоты вращения холостого хода.

Работа на спиртовых топливах

Соответствующим образом модифицированные и оборудованные рядные многоплунжерные ТНВД могут быть также использованы в двигателях, которые работают на спиртовых топливах, метаноле или этаноле. Необходимые модификации включают в себя следующие меры:

- установка специальных уплотнений;
- специальная защита поверхностей, находящихся в контакте со спиртовым топливом;
- установка пружин, не подверженных коррозии;
- использование специальных видов смазки.

Для получения эквивалентного количества энергии величина подачи топлива при работе на метаноле должна быть в 2,3 раза больше, а при работе на этаноле в 1,7 раза больше, чем при работе на дизельном топливе. Кроме того, следует ожидать значительно большего износа нагнетательного клапана и седла иглы форсунки, чем при работе на дизельном топливе.

Работа на топливах органического происхождения (FAME¹⁾)

Для работы на альтернативных топливах FAME ТНВД должны быть модифицированы с внесением подобных изменений, которые требуются при работе на спиртовых топливах.

Одной из разновидностей FAME является часто используемое альтернативное топливо RME (Rape-oil Methyl Ester — рапсовое масло). В соответствии с действующим европейским стандартом 2000 максимально допустимая пропорция RME, которая может быть добавлена к дизельному топливу без модификации ТНВД, составляет 5%. При больших пропорциях или при плохом качестве применяемого топлива в топливной системе могут иметь место закупоривания или повреждения. В будущем, возможно, будут другие сорта FAME, которые можно будет применять или в чистом виде, или как добавку к дизельному топливу (5%).

Окончательный стандарт для FAME в настоящее время находится в состоянии подготовки. В нём будут указаны требования к точному определению свойств топлива, стабильности и максимально допустимому уровню загрязнений. Только такими мерами может быть обеспечена безотказная, надёжная работа топливной системы и двигателя.

1) Fatty Acid Methyl Ester), то есть на топливе животного или растительного происхождения

Работа рядных многоплунжерных ТНВД

Для обеспечения нормальной работы ТНВД должен быть правильно отрегулирован, прокачан для удаления из него воздуха, подсоединён к системе смазки двигателя, а момент начала подачи топлива должен быть синхронизирован с положением коленчатого вала двигателя. Только таким образом можно получить оптимальный баланс между величиной расхода топлива и характеристиками двигателя, жёсткими законодательными нормами на уровень вредных выбросов. Следовательно, совершенно необходимо использование стенда для испытаний дизельной топливной аппаратуры.

Удаление воздуха из топливной системы

Пузырьки воздуха в топливе нарушают нормальную работу ТНВД или даже полностью её прекращают. Следовательно, топливная система всегда после замены фильтра или других работ по ремонту или техническому обслуживанию ТНВД должна быть прокачана для удаления из неё воздуха. В то время, когда топливная система находится в работе, воздух постоянно удаляется через перепускной клапан на топливном фильтре. В топливных системах без перепускного клапана применяется дросселирование потока топлива.

Смазка

ТНВД и регуляторы частоты вращения обычно соединяются с контурами системы смазки двигателей, что практически исключает техническое обслуживание ТНВД. В насосах, которые установлены на двигателе с помощью опоры или рамы, масло возвращается в двигатель по линии

возврата (рис. 1). Если ТНВД имеет фланцевое крепление к двигателю со стороны привода, то масло может возвращаться непосредственно через подшипник кулачкового вала или специальные масляные отверстия.

Проверка уровня масла обычно происходит одновременно с регулярной заменой масла в двигателе, устанавливаемой изготовителем, при отворачивании пробки контроля уровня масла на корпусе регулятора. ТНВД и регуляторы частоты вращения с индивидуальной масляной системой для проверки уровня масла имеют свой собственный щуп.

Длительное прекращение работы

Если двигатель и, следовательно, ТНВД длительный период времени не работали, то внутри корпуса ТНВД может совсем не оставаться дизельного топлива. Также в оставшемся дизельном топливе может образовываться смола, вызывая прихватывание плунжеров и нагнетательных клапанов ТНВД с возможным образованием коррозии. По этой причине в дизельное топливо в баке добавляется 10% проверенного, известного антикоррозионного средства, после чего топливо должно циркулировать через ТНВД в течение 15 минут. Антикоррозионное средство добавляется также в той же пропорции к смазочному маслу в корпусе ТНВД.

Новые ТНВД с маркировкой «р» в их идентификационном коде обрабатываются эффективным антикоррозионным средством на заводе-изготовителе.

Места подсоединения масляных линий к рядным многоплунжерным ТНВД

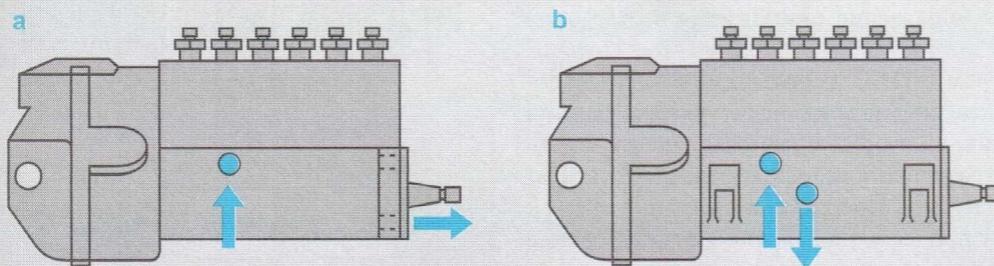


Рис. 1

- a Возврат масла через подшипник на стороне привода
- b Возврат масла по линии возврата

Регуляторы и системы автоматического регулирования и управления рядных многоплунжерных ТНВД

ТНВД дизелей должны обеспечивать точно дозированную подачу топлива в цилиндры двигателей в точно определённый момент времени на всех эксплуатационных скоростных и нагрузочных режимах работы. Даже если рейка ТНВД находится в фиксированном положении, это не означает, что двигатель будет поддерживать абсолютно постоянную частоту вращения. Следовательно, для эффективной работы ТНВД требуется установка механического центробежного регулятора частоты вращения или системы электронного управления.

ТНВД подаёт точно дозированное количество топлива под высоким давлением к форсунке, которая впрыскивает его в камеру сгорания двигателя. Топливная система дизеля должна обеспечивать:

- точно дозированное количество топлива (цикловую подачу) в соответствии с нагрузкой двигателя;
- впрыск топлива в точно определённый момент времени;
- точно определённую продолжительность впрыска топлива;
- впрыск топлива, совместимый с организацией процесса сгорания.

Это работа ТНВД и регулятора частоты вращения выполнять все перечисленные требования. Характерными особенностями механических регуляторов является их долговечность и лёгкость технического обслуживания. Основная тема этой главы заключается в изучении различных типов регуляторов частоты вращения вместе с регулировочными механизмами и устройствами.

Системы электронного управления дизелями (EDC) выполняют значительно более широкий ряд функций, чем механические регуляторы частоты вращения. В конце этой главы описывается система электронного управления с электрическим приводом рейки ТНВД. Структура системы управления описывается в отдельной главе.

В прошлом с ТНВД небольших размеров работали также пневматические регуляторы частоты вращения, в которых в качестве управляющего параметра использовалось разрежение во впускном коллекторе. Поскольку в настоящее время к качеству процесса управления и регулирования предъявляются повышенные требования, пневматические регуляторы больше не производятся и, следовательно, более подробно в этой книге не описываются.

Разомкнутые и замкнутые системы управления

Системами управления называются системы, в которых одна или несколько входных переменных (определяющие параметры и влияние внешних факторов) определяют процесс регулирования одной или более выходных переменных (параметров).

Разомкнутая система управления (без обратной связи)

В разомкнутой системе управления (рис. 1а) результаты действия управляющих команд не отслеживаются (система без обратной связи). Этот метод используется, например, для определения величины пусковой подачи.

Замкнутая система управления (с обратной связью)

Характерной чертой замкнутой системы управления (рис. 1б) является циклическая природа последовательности управления. Действительное значение регулируемого параметра (переменной) постоянно сравнивается с установочным значением, и как только определяется наличие расхождения, выполняется регулирование путём соответствующей установки исполнительных устройств (приводов). Преимущество замкнутой системы управления заключается в том, что воздействие внешних возмущений на процесс управления может быть определено и компенсировано (например, изменение нагрузки двигателя). Замкнутая система управления используется, например, при регулировании минимальной частоты вращения холостого хода.

Рис. 1
а Разомкнутая система управления
б Замкнутая система управления
w Контрольные переменные (входные координаты)
x Регулируемая переменная (выходная координата) в замкнутой системе управления
 x_A Регулируемая переменная (выходная координата) в разомкнутой системе управления
y Регулирующий параметр (-ы)
 z_1, z_2 Параметры возмущения (внешние факторы)



История создания регуляторов частоты вращения

«Любой человек, кто думает, что дизель это грубая машина, которая допускает грубое обращение, ошибается»¹⁾.

Для того чтобы получить от дизеля наилучшие характеристики и постоянно их поддерживать, необходимо достижение высокой чувствительности и точности его работы.

Конкретный способ, посредством которого осуществлялось регулирование дизеля, первоначально был предложен самими изготовителями двигателя. Однако для того чтобы исключить несоответствие работы системы привода и двигателя, изготовители дизелей начали требовать поставки ТНВД в комплекте с уже смонтированными регуляторами частоты вращения.

В конце 1920-х годов фирма Bosch сделала новый выбор, и в результате выдающейся инженерной работы к 1931-му году имела в серийном производстве центробежный двухрежимный регулятор частоты вращения (регулирование минимальной частоты вращения холостого хода и максимальной частоты вращения).

С другой стороны, для небольших быстроходных автомобильных дизелей центробежный регулятор не казался подходящим. И его не стали устанавливать, как только дали новый импульс к внедрению пневматического регулятора.

«Управляющая рейка ТНВД прикрепляется к кожаной диафрагме, положение которой изменяется под действием разрежения во впускном коллекторе, зависящего от частоты вращения двигателя и положения дроссельной заслонки, что обеспечивает регулирование величины подачи топлива»²⁾ (см. рисунок).

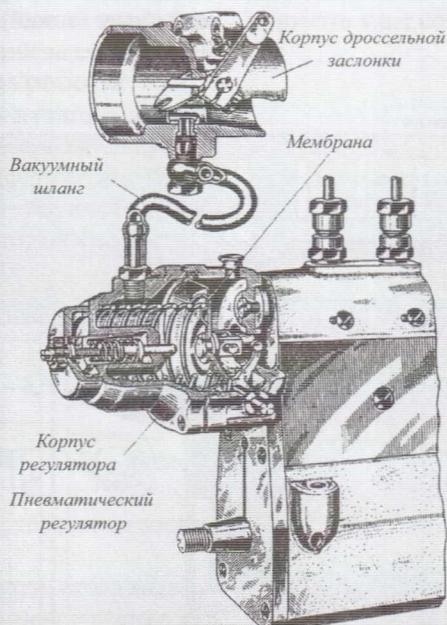
В послевоенные годы было использовано множество усовершенствованных конструкций, таких как регуляторы с плавающей осью (1946—1948 г.г.), регуляторы с наружными пружинами (1955 и далее) и регуляторы с вибрирующими демпферами.

Использовались также дополнительные устройства для обеспечения соответствия подачи топлива при полной нагрузке форме характеристики крутящего момента двигателя, также как и устройства для автоматического регулирования пусковой подачи.

В настоящее время электроника в системах топливоподачи дизелей так же важна, как и в других отраслях промышленности. Оптимальное регулирование работы дизеля системой электронного управления считается уже доказанным.

Пневматический регулятор

Рисунок, взятый из публикации «Bosch und der Dieselmotor», изданной в 1950-м году



¹⁾ Georg Auer; «Der Widerspesspendigen Zahnung»; Diesel-Report; Robert Bosch GmbH; Stuttgart, 1977/78.

²⁾ Friedrich Schildberger; Bosch und der Dieselmotor; Stuttgart, 1950.

Принцип действия регулятора частоты вращения/системы автоматического регулирования

Все рядные многоплунжерные ТНВД включают в себя плунжерные пары для каждого цилиндра, состоящие из втулки (позиция 8 на рис. 1) и плунжера 9. Количество впрыскиваемого в цилиндр топлива может быть изменено путём поворота плунжера (см. главу «Стандартные рядные многоплунжерные ТНВД Тип Р»).

Регулятор частоты вращения/система автоматического регулирования регулирует положение всех плунжеров одновременно посредством рейки 7 ТНВД, для того чтобы изменять количество впрыскиваемого топлива от нуля до максимальной величины цикловой подачи. Величина перемещения рейки пропорциональна количеству впрыскиваемого топлива и, следовательно, величине крутящего момента, создаваемого двигателем.

Спиральная отсечная кромка на плунжере ТНВД может иметь различную форму. Если на плунжере имеется только нижняя отсечная кромка, то геометрическая подача топлива начинается в одной и той же точке подъёма плунжера, но заканчивается подача в различных точках его подъёма, в зависимости от угла поворота плунжера. Если на плунжере имеется верхняя отсечная кромка, то начало подачи топлива также может быть изменено. Имеются также конструкции, в которых совмещаются оба типа отсечных кромок — верхняя и нижняя.

Режимы работы (определения)

Работа двигателя без нагрузки

Рабочее состояние без нагрузки означает, что двигатель преодолевает только внутренние сопротивления трения и не создаёт никакого крутящего момента. При этом педаль акселератора может быть в любом положении и возможна любая частота вращения, включая максимальную частоту вращения холостого хода.

Минимальная частота вращения холостого хода

Это работа двигателя на минимальной частоте вращения без нагрузки. Педаль акселератора при этом полностью отпущена, и двигатель не создаёт крутящего момента, а только преодолевает внутреннее сопротивление трения. В некоторых источниках такой режим работы двигателя называется «idling». При этом режим максимальной частоты вращения без нагрузки (breakaway) называется «максимальная частота вращения холостого хода».

Полная нагрузка

На режиме полной нагрузки педаль акселератора полностью нажата (WOT). На установившемся режиме работы двигатель создаёт максимально возможный крутящий момент. На неустановившихся (переходных) режимах (ограниченных давлением наддува) двигатель развивает максимально возможный (более низкий) крутящий момент при полной нагрузке в зависимости от располагаемого расхода

1 Работа регулятора частоты вращения

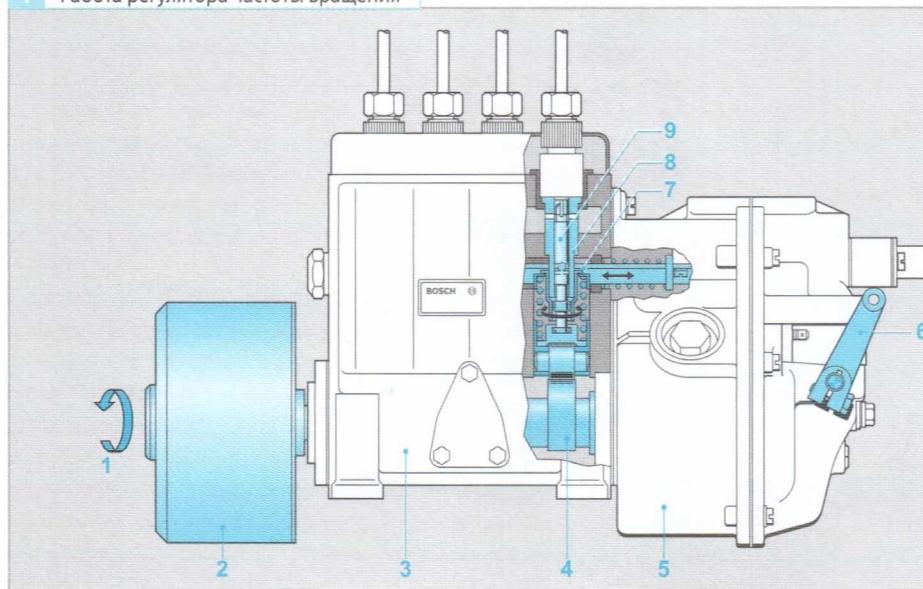


Рис. 1

- 1 Привод кулачкового вала ТНВД
- 2 Муфта опережения впрыска топлива
- 3 Корпус ТНВД
- 4 Кулачковый вал ТНВД
- 5 Корпус регулятора
- 6 Рычаг управления
- 7 Рейка ТНВД
- 8 Втулка плунжерной пары ТНВД
- 9 Плунжер ТНВД

воздуха. При этом возможен весь диапазон частоты вращения двигателя, от минимальной холостого хода до номинальной. Если имеет место увеличение частоты вращения выше номинальной (breakaway), то регулятор/система автоматического регулирования автоматически уменьшает подачу топлива и, следовательно, крутящий момент двигателя.

Частичная нагрузка

Частичная нагрузка двигателя охватывает диапазон от работы без нагрузки до полной нагрузки. На частичных режимах двигателя создаёт соответствующий крутящий момент.

Частичная нагрузка на режиме холостого хода

На этом особом режиме регулятор поддерживает работу двигателя на регуляторной характеристике минимального режима холостого хода, при этом двигатель создаёт крутящий момент. Это может простирается до режима полной нагрузки.

Превышение максимальной частоты вращения холостого хода

Такой режим работы двигателя возможен при воздействии на него внешних сил через трансмиссию (например, при движении под уклон с включённой передачей).

Установившийся режим работы

На установившемся режиме крутящий момент двигателя равен моменту сопротивления. Двигатель работает на постоянной частоте вращения.

Неустановившийся режим работы

Крутящий момент, создаваемый двигателем, не равен моменту сопротивления (требуемому моменту). Частота вращения двигателя не является постоянной. Индексы, использующиеся на графиках и в уравнениях в дальнейшем в этой главе, имеют следующий смысл:

- Г Минимальный холостой ход
- η Нет нагрузки
- ν Полная нагрузка
- и Минимальное значение
- о Максимальное значение

Некоторые примеры:

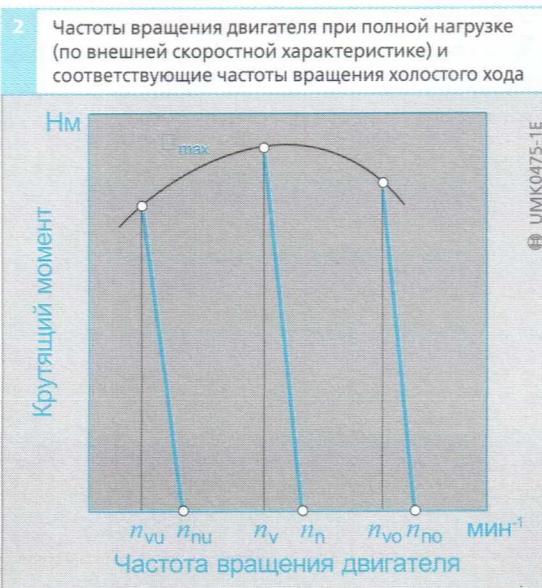
- $n_{\text{иГ}}$ Минимальная частота вращения холостого хода («idle» n_i)
- n_{η} Любая частота вращения холостого хода
- $n_{\text{ио}}$ Максимальная частота вращения холостого хода
- $n_{\text{ио}}$ Любая частота вращения при полной нагрузке
- $n_{\text{ио}}$ Номинальная частота вращения (максимальная частота вращения при полной нагрузке)

Формирование регуляторных характеристик

Каждый двигатель имеет свою внешнюю характеристику крутящего момента, соответствующую полной нагрузке. Каждому значению частоты вращения соответствует свой максимальный крутящий момент двигателя.

Если имеет место уменьшение нагрузки двигателя без изменения положения рычага управления, то система автоматического регулирования не допускает увеличения частоты вращения больше допустимой величины, установленной изготовителем двигателя (например, от частоты вращения при полной нагрузке n_{ν} до частоты вращения без нагрузки, то есть холостого хода на данном режиме, n_{η} , график рис. 2). Увеличение частоты вращения происходит пропорционально изменению нагрузки двигателя, то есть чем больше величина уменьшения нагрузки, тем больше повышается частота вращения двигателя. Следовательно, факторы пропорционального реагирования и формирования регуляторных характеристик связаны с работой автоматических регуляторов частоты вращения. Действие регулятора может относиться не только к максимальной частоте вращения двигателя при полной нагрузке, то есть к номинальной частоте вращения (номинальному режиму работы двигателя). Наклон регуляторной характеристики определяется степенью неравномерности регулятора δ , которая рассчитывается следующим образом:

$$\delta = \frac{n_{\eta} - n_{\nu 0}}{n_{\nu 0}}$$



3 Увеличение частоты вращения по регуляторной характеристике в зависимости от величины степени неравномерности

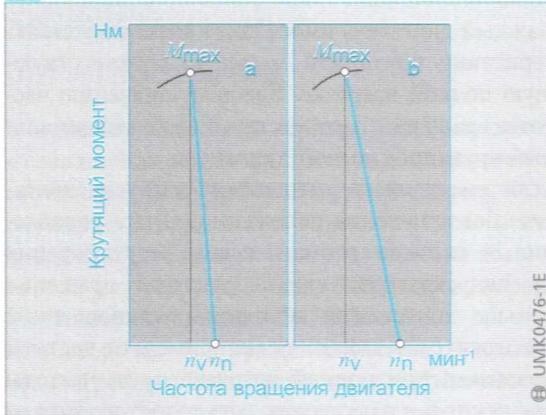


Рис. 3

- а Малая величина степени неравномерности
б Большая величина степени неравномерности

4 Характеристика степени неравномерности регулятора типа RQV

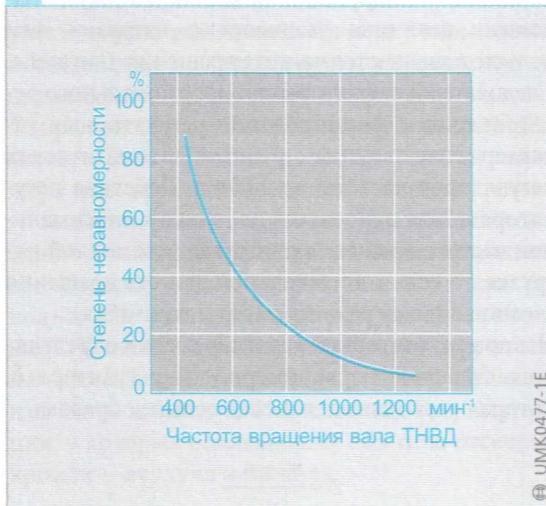
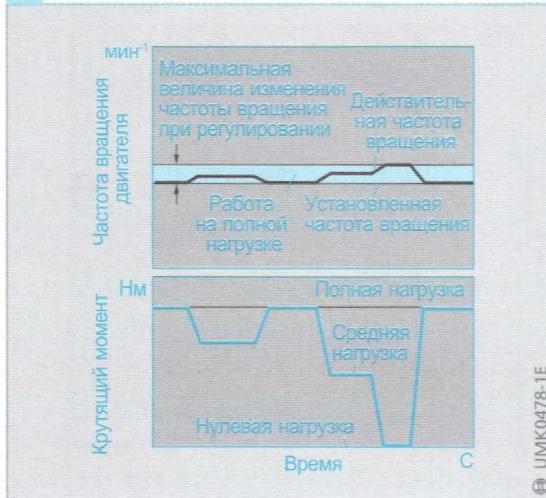


Рис. 4

Кривая зависимости степени неравномерности по регулируемому скоростному режиму, устанавливаемому посредством рычага управления

5 Влияние степени неравномерности на изменение крутящего момента и частоты вращения двигателя при изменении нагрузок во времени



или в процентах:

$$\delta = \frac{n_{\eta} - n_{v0}}{n_{v0}} 100\%$$

где n_{η} — максимальная частота вращения холостого хода, n_{v0} — номинальная частота вращения (при полной нагрузке).

Поскольку частота вращения вала ТНВД в четырёхтактном двигателе составляет половину величины частоты вращения двигателя, обе эти величины, как кулачкового вала ТНВД, так и коленчатого вала двигателя, могут использоваться в расчёте степени неравномерности.

Пример (по частоте вращения вала ТНВД):

$$n_{\eta} = 1000 \text{ мин}^{-1}, n_{v0} = 920 \text{ мин}^{-1};$$

$$\delta = \frac{1000 - 920}{920} 100\% = 8,7\%$$

На рис. 3 — рис. 5 показано влияние величины степени неравномерности на протекание регуляторных характеристик и изменение частоты вращения и крутящего момента двигателя. Величина степени неравномерности влияет на наклон регуляторной характеристики при изменении нагрузки двигателя (рис. 3).

В общем, большее значение степени неравномерности позволяет получить более устойчивые характеристики системы автоматического регулирования, состоящей из регулятора частоты вращения, двигателя и потребителя (в виде приводимого потребителя или транспортного средства). С другой стороны, величина степени неравномерности ограничивается эксплуатационными условиями. Примеры численных значений степени неравномерности:

- приблизительно 0—5% для привода электрогенераторов;
- приблизительно 6—15% для двигателей транспортных средств.

Назначение регулятора/системы автоматического регулирования (управления)

Основное назначение любого регулятора частоты вращения и системы автоматического регулирования в целом заключается в предотвращении недопустимого увеличения максимальной частоты вращения, установленной производителем двигателя. Поскольку дизель всегда работает с избыточной величиной расхода воздуха при практическом отсутствии сопротивлений во впускном тракте, он склонен к «разносу», если отсутствуют средства ограничения максималь-

ной частоты вращения. В зависимости от типа регулятора/системы автоматического регулирования их функции могут включать в себя поддержание частоты вращения на некотором постоянном уровне применительно к минимальной частоте вращения холостого хода, другим значениям частоты вращения в выбранном диапазоне, или во всём диапазоне между минимальной и максимальной частотами вращения. Кроме упомянутых, могут быть поставлены и другие задачи, решение которых может быть более эффективно, чем механическим регулятором, выполнено электронной системой управления.

Регулятор частоты вращения и система автоматического регулирования (управления) служат также для выполнения следующих задач управления:

- автоматическое применение или выключение увеличенной подачи топлива при пуске двигателя (пусковая подача);
- изменение цикловой подачи топлива при полной нагрузке в зависимости от частоты вращения двигателя (управление величиной крутящего момента);
- изменение цикловой подачи топлива при полной нагрузке в зависимости от давления наддува и атмосферного давления.

Некоторые из этих задач требуют использования дополнительного оборудования, о чём более детально будет говориться ниже.

Регулирование максимальной частоты вращения (номинального режима)

Когда двигатель работает на номинальной частоте вращения n_{vo} при полной нагрузке, нельзя допустить превышения максимальной частоты вращения холостого хода n_{no} , соответствующей степени неравномерности, при сбросе нагрузки (рис. 6). Регулятор частоты вращения/система автоматического регулирования обеспечивают перемещение рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива, в предельном случае назад до упора.

Диапазон изменения частоты вращения $n_{no} - n_{vo}$ относится к максимально допустимому изменению частоты вращения. Чем больше степень неравномерности регулятора, тем больше диапазон изменения частоты вращения $n_{no} - n_{vo}$ (абсолютная неравномерность регулирования).

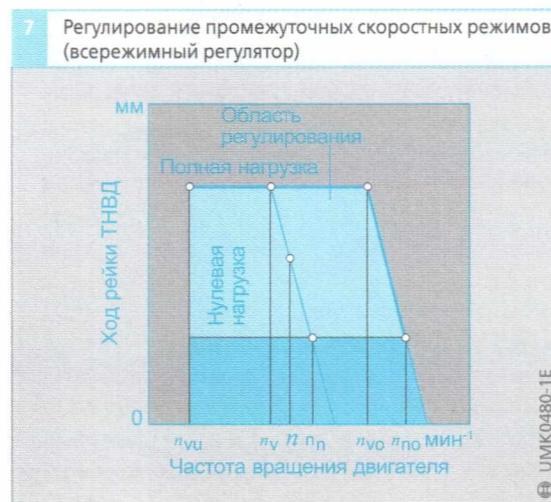
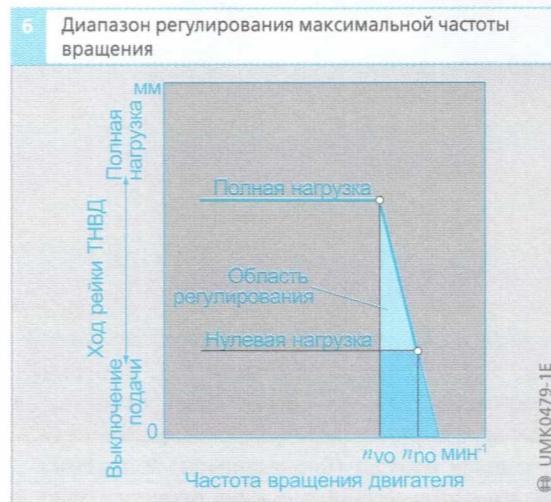
Регулирование промежуточных скоростных режимов

При такой постановке задачи регулирования (например, в транспортных средствах с валом отбора мощности) регулятор и система автоматического регулирования могут поддерживать заданную постоянную частоту вращения в диапазоне между ми-

нимальной частотой вращения холостого хода и максимальной частотой вращения в соответствии с величиной степени неравномерности (рис. 7). После выбора регулируемого скоростного режима, частота вращения двигателя n изменяется только в соответствии с изменением нагрузки в пределах протекания регуляторной характеристики между n_v (полная нагрузка) и n_n (полный сброс нагрузки).

Регулирование минимальной частоты вращения холостого хода

Частота вращения дизелей может также регулироваться в области минимальных её значений (рис. 8) - регулирование минимальной частоты вращения холостого хода. При отсутствии регулятора частоты вращения или системы электронного управления двигатель будет или замедляться вплоть до остановки, или уходить в неконтролируемый «разнос» при полном сбросе нагрузки. Когда после холодного пуска двигателя рейка из положения пусковой подачи возвращается в положение В,



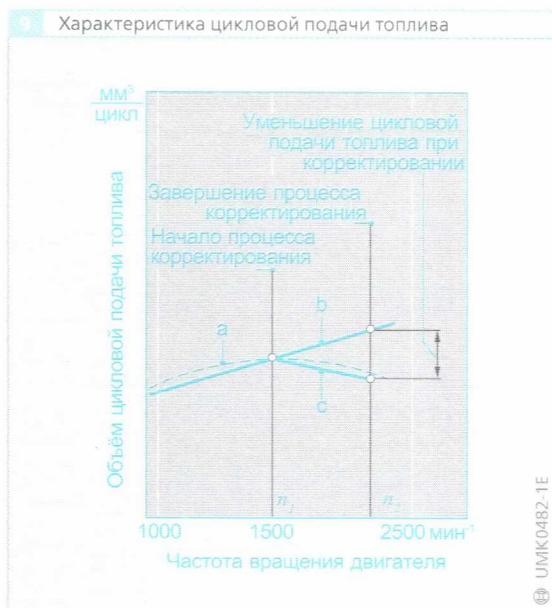
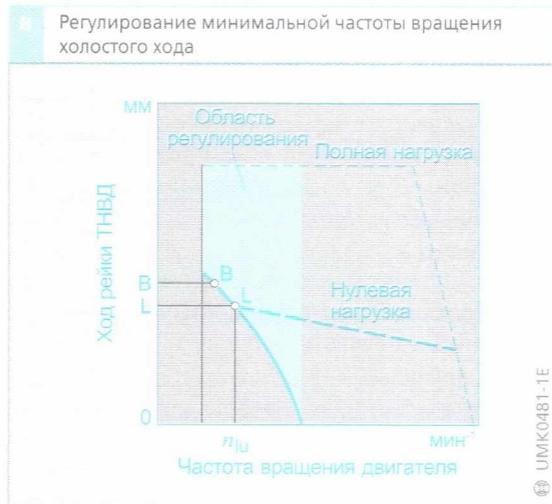


Рис. 9

- a Необходимая величина цикловой подачи топлива
- b Величина цикловой подачи топлива при полной нагрузке без корректирования
- c Характеристика цикловой подачи при корректировании крутящего момента



сопротивление внутреннего трения в двигателе всё ещё достаточно велико, и количество топлива, требующееся для поддержания работы двигателя, следовательно, несколько больше, а частота вращения ниже установленной минимальной частоты вращения холостого хода (точка L).

По мере прогрева двигателя сопротивление внутреннего трения уменьшается, как и сопротивление приводимых двигателем навесных агрегатов, таких как генератор, ТНВД и т.д. Соответственно, частота вращения двигателя постепенно увеличивается, и рейка ТНВД в конечном счёте возвращается в положение L. Теперь двигатель работает на минимальной частоте вращения холостого хода при нормальной рабочей температуре.

Корректирование характеристики крутящего момента

Корректирование характеристики крутящего момента позволяет оптимально использовать расход воздуха, поступающего в камеру сгорания двигателя. Это действие не является непосредственной функцией регулятора частоты вращения/системы автоматического регулирования, но является одной из функций, связанных с их работой. Она определяет необходимую величину подачи топлива на режиме полной нагрузки, то есть максимальную цикловую подачу в диапазоне максимальной мощности и подачу, обеспечивающую процесс сгорания без образования дыма.

Двигатели без наддува (атмосферные двигатели)

Потребность в величине подачи топлива в двигателях без наддува обычно при увеличении частоты вращения уменьшается (меньше пропускная способность для воздуха, температурные ограничения, изменения параметров смесеобразования). В отличие от этого, ТНВД Bosch при увеличении частоты вращения двигателя увеличивает подачу топлива при неизменном положении рейки (эффект дросселирования во впускном отверстии). Слишком большая величина впрыскиваемого в цилиндр топлива приводит к образованию дыма и может вызвать перегрев двигателя. Следовательно, величина цикловой подачи должна регулироваться для соответствия режиму работы двигателя (рис. 9).

Специальные устройства корректирования величины крутящего момента в регуляторах/системах автоматического регулирования перемещают рейку ТНВД на установленное расстояние на участке корректирования в сторону уменьшения подачи топлива (рис. 10). Таким образом, при увеличении частоты вращения двигателя (от n_1 до n_2) величина цикловой подачи топлива уменьшается (положительное корректирование

характеристики крутящего момента), а при уменьшении частоты вращения (от n_2 до n_1) - увеличивается.

Устройство и расположение исполнительных механизмов (корректоров топливоподачи) системы корректирования изменяются в зависимости от типа регуляторов частоты вращения/ систем автоматического регулирования. Детали конструкции корректоров топливоподачи описываются при рассмотрении устройства конкретных регуляторов частоты вращения.

На рис. 11 показаны кривые характеристик крутящего момента дизелей с корректированием и без корректирования. Максимальный крутящий момент двигателя должен достигаться без превышения предела дымления во всём скоростном диапазоне работы дизеля.

Двигатели с турбонаддувом

В двигателях с высоким уровнем давления наддува необходимая величина подачи топлива на режимах полной нагрузки и малых частотах вращения значительно повышается, поэтому прис. щее ТНВД увеличение цикловой подачи оказывается недостаточным. В таких случаях корректирование крутящего момента в зависимости от частоты вращения двигателя или давления наддува должно выполняться или непосредственно регулятором, или компенсатором давления во впускном коллекторе, или их сочетанием, в зависимости от обстоятельств.

Такое корректирование называется отрицательным. Это означает, что имеет место быстрое увеличение цикловой подачи топлива при повышении частоты вращения (рис. 12). Этот процесс отличается от обычного положительного корректирования, при котором величина цикловой подачи топлива при увеличении частоты вращения уменьшается.

Типы регуляторов частоты вращения/ систем автоматического регулирования (управления)

Постоянно повышающиеся требования к эмиссии вредных веществ с ОГ двигателя, топливной экономичности и равномерности работы определяют необходимость совершенствования эффективных характеристик дизелей. Выполнение этих задач отражается на требованиях, предъявляемых к топливной системе и в частности к регулятору частоты вращения и системе управления. В зависимости от различных задач управления требуются следующие типы регуляторов частоты вращения:

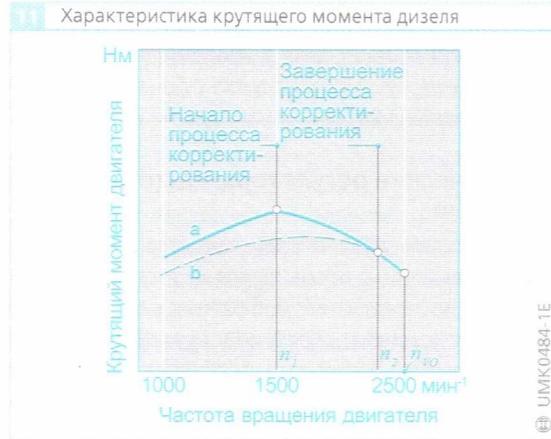


Рис. 11
 а Характеристика при корректировании крутящего момента
 б Характеристика без корректирования

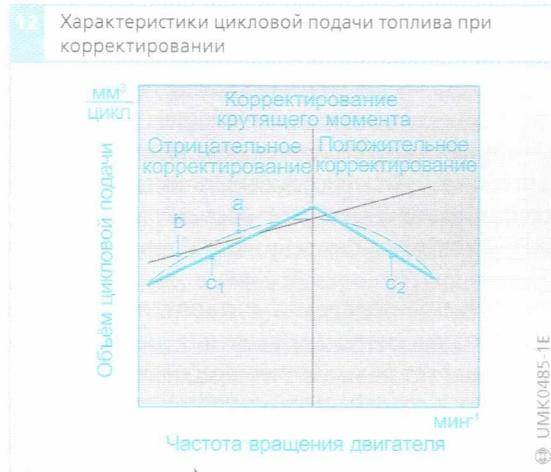
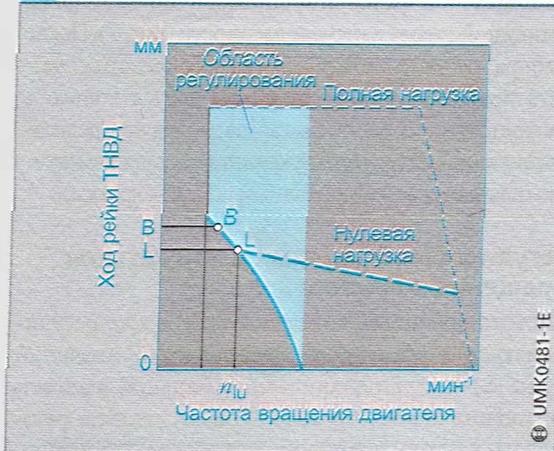


Рис. 12
 а Потребность двигателя в подаче топлива
 б Цикловая подача при полной нагрузке без корректирования
 в Скорректированная цикловая подача при полной нагрузке:
 с₁ Отрицательное корректирование
 с₂ Положительное корректирование

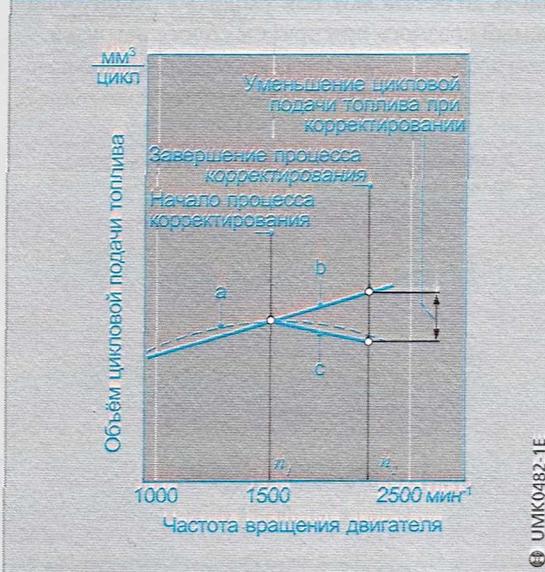
- Однорежимные, или предельные регуляторы, которые регулируют только режим максимальной частоты вращения двигателя;
- Двухрежимные регуляторы, которые кроме автоматического регулирования режима максимальной (номинальной) частоты вращения обеспечивают также регулирование минимальной частоты вращения холостого хода. При этом они не регулируют частоту вращения в промежуточной области. Количество впрыскиваемого топлива в скоростном диапазоне между указанными режимами регулируется положением педали акселератора. Такой тип регулятора используется преимущественно в автомобильных двигателях.
- Всережимные регуляторы обеспечивают автоматическое регулирование не только минимального и максимального (номинального), но также и промежуточных скоростных режимов
- Комбинированные регуляторы, как показывает их название, являются комбинацией двухрежимного и всережимного регуляторов (трёхрежимные регуляторы, прим. переводчика).

8 Регулирование минимальной частоты вращения холостого хода



UMK0481-1E

9 Характеристика цикловой подачи топлива

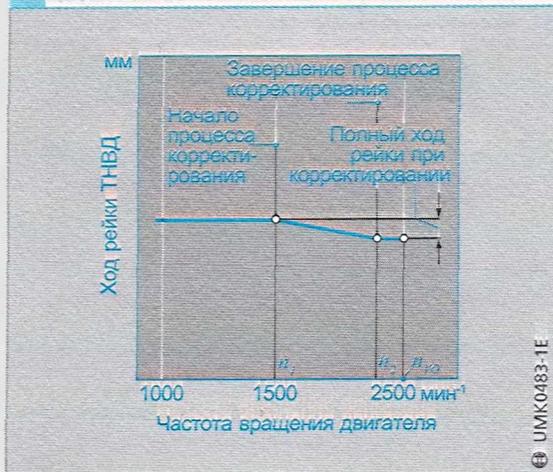


UMK0482-1E

Рис. 9

- Необходимая величина цикловой подачи топлива
- Величина цикловой подачи топлива при полной нагрузке без корректирования
- Характеристика цикловой подачи при корректировании крутящего момента

10 Изменение величины хода рейки ТНВД при положительном корректировании характеристики крутящего момента



UMK0483-1E

сопротивление внутреннего трения в двигателе всё ещё достаточно велико, и количество топлива, требующееся для поддержания работы двигателя, следовательно, несколько больше, а частота вращения ниже установленной минимальной частоты вращения холостого хода (точка L).

По мере прогрева двигателя сопротивление внутреннего трения уменьшается, как и сопротивление приводимых двигателем навесных агрегатов, таких как генератор, ТНВД и т.д. Соответственно, частота вращения двигателя постепенно увеличивается, и рейка ТНВД в конечном счёте возвращается в положение L. Теперь двигатель работает на минимальной частоте вращения холостого хода при нормальной рабочей температуре.

Корректирование характеристики крутящего момента

Корректирование характеристики крутящего момента позволяет оптимально использовать расход воздуха, поступающего в камеру сгорания двигателя. Это действие не является непосредственной функцией регулятора частоты вращения/системы автоматического регулирования, но является одной из функций, связанных с их работой. Она определяет необходимую величину подачи топлива на режиме полной нагрузки, то есть максимальную цикловую подачу в диапазоне максимальной мощности и подачу, обеспечивающую процесс сгорания без образования дыма.

Двигатели без наддува (атмосферные двигатели)

Потребность в величине подачи топлива в двигателях без наддува обычно при увеличении частоты вращения уменьшается (меньше пропускная способность для воздуха, температурные ограничения, изменения параметров смесеобразования). В отличие от этого, ТНВД Bosch при увеличении частоты вращения двигателя увеличивает подачу топлива при неизменном положении рейки (эффект дросселирования во впускном отверстии). Слишком большая величина впрыскиваемого в цилиндр топлива приводит к образованию дыма и может вызвать перегрев двигателя. Следовательно, величина цикловой подачи должна регулироваться для соответствия режиму работы двигателя (рис. 9). Специальные устройства корректирования величины крутящего момента в регуляторах/системах автоматического регулирования перемещают рейку ТНВД на установленное расстояние на участке корректирования в сторону уменьшения подачи топлива (рис. 10). Таким образом, при увеличении частоты вращения двигателя (от n_1 до n_2) величина цикловой подачи топлива уменьшается (положительное корректирование

характеристики крутящего момента), а при уменьшении частоты вращения (от n_2 до n_1) - увеличивается.

Устройство и расположение исполнительных механизмов (корректоров топливоподачи) системы корректирования изменяются в зависимости от типа регуляторов частоты вращения / систем автоматического регулирования. Детали конструкции корректоров топливоподачи описываются при рассмотрении устройства конкретных регуляторов частоты вращения.

На рис. 11 показаны кривые характеристик крутящего момента дизелей с корректированием и без корректирования. Максимальный крутящий момент двигателя должен достигаться без превышения предела дымления во всём скоростном диапазоне работы дизеля.

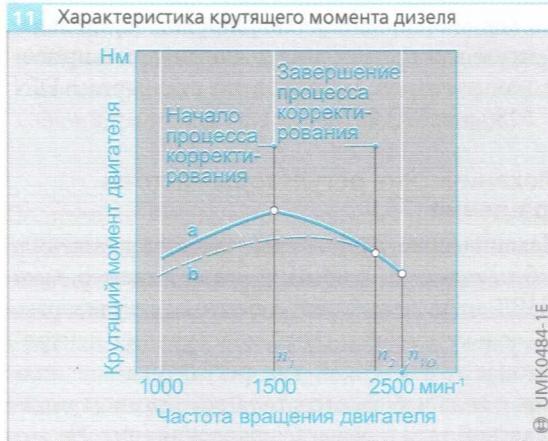


Рис. 11
 а Характеристика при корректировании крутящего момента
 б Характеристика без корректирования

Двигатели с турбонаддувом

В двигателях с высоким уровнем давления наддува необходимая величина подачи топлива на режимах полной нагрузки и малых частотах вращения значительно повышается, поэтому прис. щее ТНВД увеличение цикловой подачи оказывается недостаточным. В таких случаях корректирование крутящего момента в зависимости от частоты вращения двигателя или давления наддува должно выполняться или непосредственно регулятором, или компенсатором давления во впускном коллекторе, или их сочетанием, в зависимости от обстоятельств.

Такое корректирование называется отрицательным. Это означает, что имеет место быстрое увеличение цикловой подачи при повышении частоты вращения (рис. 12). Этот процесс отличается от обычного положительного корректирования, при котором величина цикловой подачи топлива при увеличении частоты вращения уменьшается.



Рис. 12
 а Потребность двигателя в подаче топлива
 б Цикловая подача при полной нагрузке без корректирования
 в Скорректированная цикловая подача при полной нагрузке:
 с₁ Отрицательное корректирование
 с₂ Положительное корректирование

Типы регуляторов частоты вращения / систем автоматического регулирования (управления)

Постоянно повышающиеся требования к эмиссии вредных веществ с ОГ двигателя, топливной экономичности и равномерности работы определяют необходимость совершенствования эффективных характеристик дизелей. Выполнение этих задач отражается на требованиях, предъявляемых к топливной системе и в частности к регулятору частоты вращения и системе управления. В зависимости от различных задач управления требуются следующие типы регуляторов частоты вращения:

- Однорежимные, или предельные регуляторы, которые регулируют только режим максимальной частоты вращения двигателя;
- Двухрежимные регуляторы, которые кроме автоматического регулирования режима максимальной (номинальной) частоты вращения обеспечивают также регулирование минимальной частоты вращения холостого хода. При этом они не регулируют частоту вращения в промежуточной области. Количество впрыскиваемого топлива в скоростном диапазоне между указанными режимами регулируется положением педали акселератора. Такой тип регулятора используется преимущественно в автомобильных двигателях.
- Всережимные регуляторы обеспечивают автоматическое регулирование не только минимального и максимального (номинального), но также и промежуточных скоростных режимов
- Комбинированные регуляторы, как показывает их название, являются комбинацией двухрежимного и всережимного регуляторов (трёхрежимные регуляторы, прим. переводчика).

- Регуляторы мотор-генераторов. Предназначены для применения в двигателях с приводом электрогенераторов по стандартам DIN 6280 или ISO 8528.

Механические регуляторы частоты вращения

Механические регуляторы частоты вращения, работающие с рядными многоплунжерными ТНВД, относятся к центробежным регуляторам, поскольку имеют в своей конструкции центробежные грузы. Такой тип регулятора соединяется с педалью акселератора посредством механической тяги и рычага управления (рис. 1).

Автоматическая муфта опережения впрыска топлива

Для регулирования угла опережения впрыска топлива и компенсации в период впрыска волн давления в линии высокого давления используется автоматическая муфта опережения впрыска топлива, которая увеличивает угол опережения впрыска при увеличении частоты вращения вала ТНВД.

Электронные системы управления

Электронная система управления дизеля (EDC) удовлетворяет большинству требований, предъявляемых к современным системам управления. Она обеспечивает электронное считывание параметров двигателя и гибкую программируемую электронную обработку полученных данных. Закрытая система управления с обратной связью и электрическими исполнительными устройствами предлагает не только более эффективные

функции управления по сравнению с механическими регуляторами, но также имеет дополнительные возможности, такие как управление равномерностью (плавностью) работы двигателя. Кроме того, электронная система управления обеспечивает возможность обмена данными с другими электронными системами автомобиля, такими как система управления трансмиссией, и допускает полную электронную диагностику неисправностей. Подсистемы и компоненты электронной системы управления с рядными многоплунжерными ТНВД описываются в главе «Электронное управление дизелей» (EDC). На рис. 1 и 2 показаны блок-схемы электронных контуров управления для механических регуляторов частоты вращения и электронных систем управления. Подробные схемы контуров управления стандартных рядных многоплунжерных ТНВД и ТНВД с управляющей муфтой представлены ниже.

Преимущества электронных систем управления

Использование топливных систем с электронным управлением даёт следующие преимущества:

- Широкий ряд функций и доступной информации способствует получению оптимальных характеристик двигателя во всём диапазоне рабочих режимов;
- Чёткое разделение отдельных функций. Регуляторные характеристики и характеристики впрыска топлива не являются взаимозависимыми; соответственно имеются широкие возможности для адаптации к конкретным применениям;

Рис. 1

- 1 Дизель
- 2 Рядный ТНВД
- 3 Муфта опережения впрыска топлива
- 4 Педаль акселератора
- 5 Регулятор частоты вращения

- n_{req} (n_{soll}) Заданная частота вращения двигателя
- n_M Реальная частота вращения двигателя
- p_A Атмосферное давление
- p_L Давление наддува
- Q Количество впрыскиваемого топлива
- s Ход рейки ТНВД



- Большие возможности для обработки сигналов регулируемых переменных, которые в механических системах управления не могли быть включены в уравнения (например, компенсация по температуре топлива, регулирование минимальной частоты вращения холостого хода независимо от нагрузки);
- Более высокий уровень точности и согласованности регулирования в течение всего срока службы двигателя путём ужесточения допустимых отклонений;
- Более совершенные характеристики двигателя. Большой объём сохраняемых данных (например, карты памяти параметров двигателя) и параметров позволяет оптимизировать систему автомобиль — двигатель;
- Более широкий ряд функций. Такие дополнительные функции, как круиз-контроль и регулирование промежуточных скоростных режимов, могут быть включены без больших сложностей;
- Взаимодействие с другими электронными системами автомобиля обеспечивает более лёгкую потенциальную возможность создания будущих автомобилей более экономичными, малотоксичными и более безопасными (например, электронное управление трансмиссией EGS, противобуксочная система TCS);
- Значительное сокращение пространственных требований из-за отсутствия подсоединённых к ТНВД механических регуляторов, которые в электронных системах не требуются.
- Разносторонность и адаптивность. Базы данных и параметров программируются в электронном блоке управления индивидуально в конце производственной линии Bosch или производителя

двигателя/автомобиля. Это означает, что для нескольких разных моделей двигателей или автомобилей может быть использован электронный блок управления одинаковой конструкции.

Концепция безопасности

По причине обеспечения безопасности возвратная пружина перемещает рейку ТНВД в положение «нулевой подачи» всякий раз, когда электрические приводы отсоединяются от системы электропитания.

Самодиагностика. Система электронного управления дизеля (EDC) включает в себя функции текущего контроля работы датчиков, исполнительных устройств (приводов) и микропроцессора в электронном блоке управления. Дополнительная безопасность обеспечивается широким использованием резервных (дублирующих) систем. Система диагностики предусматривает средства для считывания записанных кодов неисправностей на совместимом тестере или, в старых системах, с использованием диагностической лампы.

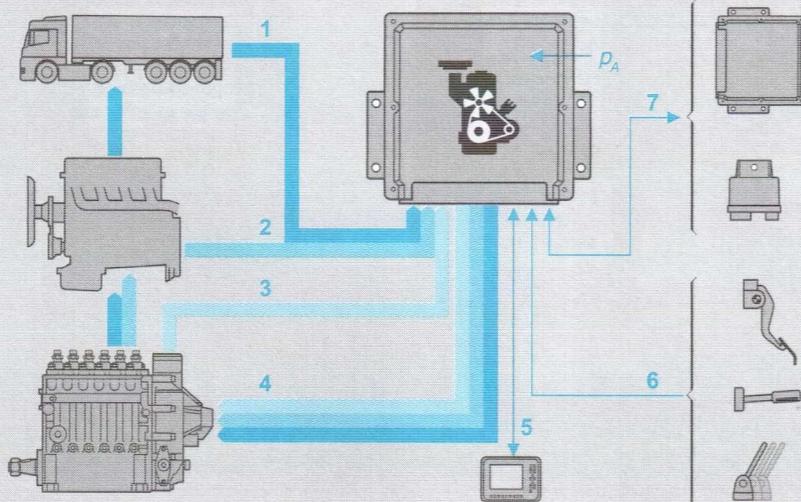
Замещающие функции. Система диагностики включает в себя большой массив замещающих функций. Если, например, выйдет из строя датчик частоты вращения двигателя, то в качестве замещающего может быть использован сигнал от вывода W генератора. В случаях выхода из строя важных датчиков всегда загорается контрольная лампа.

Функция выключения подачи топлива. В дополнение к функции выключения подачи топлива, выполняемой рейкой ТНВД при остановке двигателя, подачу топлива при отключении электропитания перекрывает также электромагнитный клапан. Отдельный электрический или электрогидравлический запорный клапан также перекрывает

Рис. 2

- 1 Датчики автомобиля (например, датчик скорости)
 - 2 Датчики двигателя (например, датчик температуры охлаждающей жидкости)
 - 3 Датчики системы впрыска топлива (например, датчик начала подачи топлива, то есть датчик подъёма иглы форсунки)
 - 4 Управляющие сигналы
 - 5 Диагностический интерфейс
 - 6 Педаль акселератора и задающие генераторы (выключатели)
 - 7 Передача данных (например, для управления свечами накаливания)
- P_A Атмосферное давление

2 Блок-схема системы электронного управления дизеля



подачу топлива, останавливая двигатель, если, например, выходит из строя механизм управления топливоподачей.

Состав системы автоматического управления

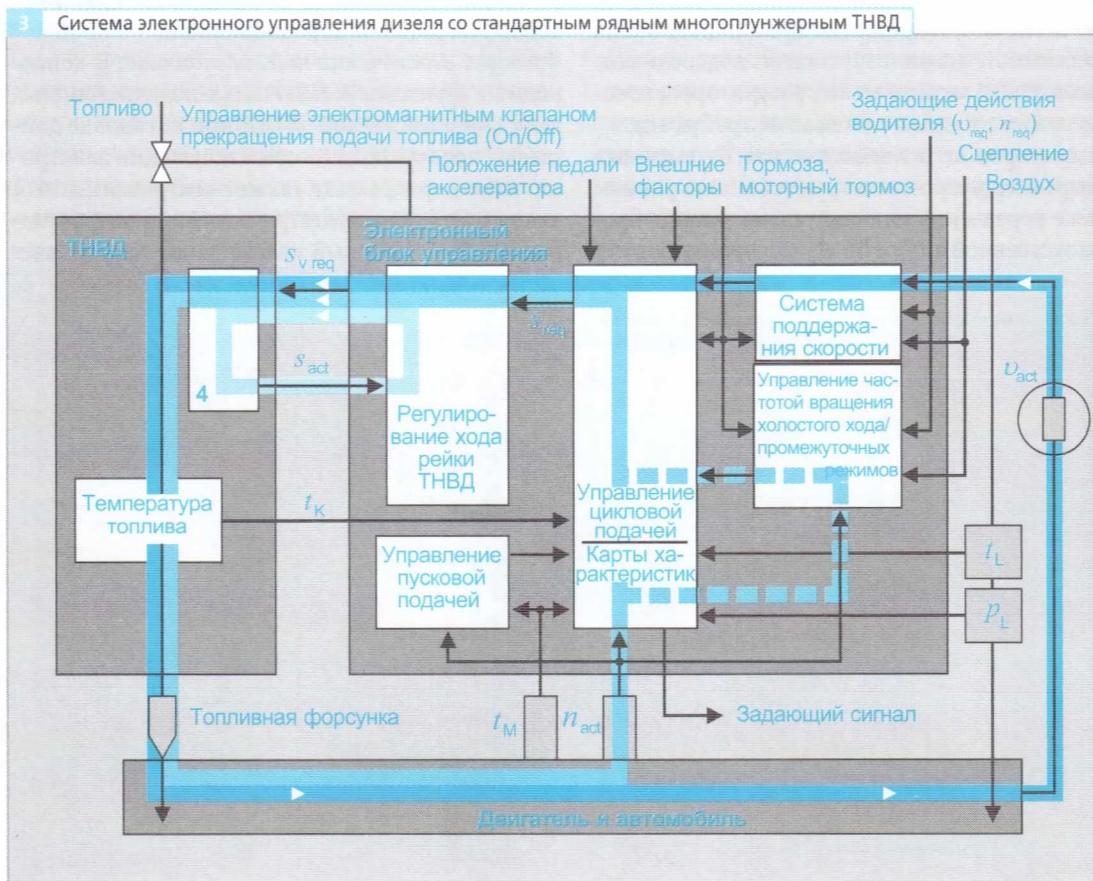
На пуск двигателя, минимальную частоту вращения холостого хода, эффективные характеристики, эмиссию сажи и протекание регуляторных характеристик основное влияние оказывает количество впрыскиваемого топлива. Соответственно, для пусковых характеристик, режима холостого хода, полной нагрузки, положения педали акселератора, ограничения эмиссии дыма и характеристик ТНВД имеются карты памяти данных, хранящиеся в памяти электронного блока управления. В качестве замещающей переменной количества впрыскиваемого топлива используется ход рейки ТНВД. Регуляторные характеристики двигателя определяются установкой механических регуляторов частоты вращения, например, RQ или RQV. Датчик положения педали акселератора определяет задаваемые водителем данные по крутящему моменту и частоте вращения двигателя (рис. 3). Электронный блок управления рассчитывает необходимую величину цикловой подачи топлива (положение рейки ТНВД), принимая во

внимание хранящиеся в памяти данные и текущие показания датчиков. Координата положения рейки ТНВД является контрольной переменной для системы управления. Управляющий контур в электронном блоке управления определяет действительное положение рейки ТНВД и, таким образом, необходимые действия по регулированию, обеспечивая быстрое и точное изменение положения рейки как органа управления. В электронном блоке управления имеются также управляющие функции по регулированию различных скоростных режимов работы двигателя — минимальной частоты вращения холостого хода, некоторой фиксированной частоты вращения, например, для привода вала отбора мощности, или для управления функцией круиз-контроля.

Контур управления цикловой подачей топлива

Используя рассчитанные установочные значения переменных, электронный блок управления посылает в систему привода рейки ТНВД электрические сигналы. Необходимое количество впрыскиваемого топлива, задаваемое электронным блоком управления, устанавливается по данным контура управления — электронный блок управления точно определяет необходимый

Рис. 3
 n_{act} Действительная частота вращения двигателя
 n_{req} Заданная частота вращения двигателя
 p_L Давление наддува
 s_{act} Действительная координата положения рейки ТНВД
 s_{req} Заданная координата положения рейки ТНВД
 $s_{v req}$ Управляющий сигнал хода рейки ТНВД
 t_K Температура топлива
 t_L Температура воздуха
 t_M Температура охлаждающей жидкости двигателя
 v_{act} Действительная скорость автомобиля
 v_{req} Заданная скорость автомобиля



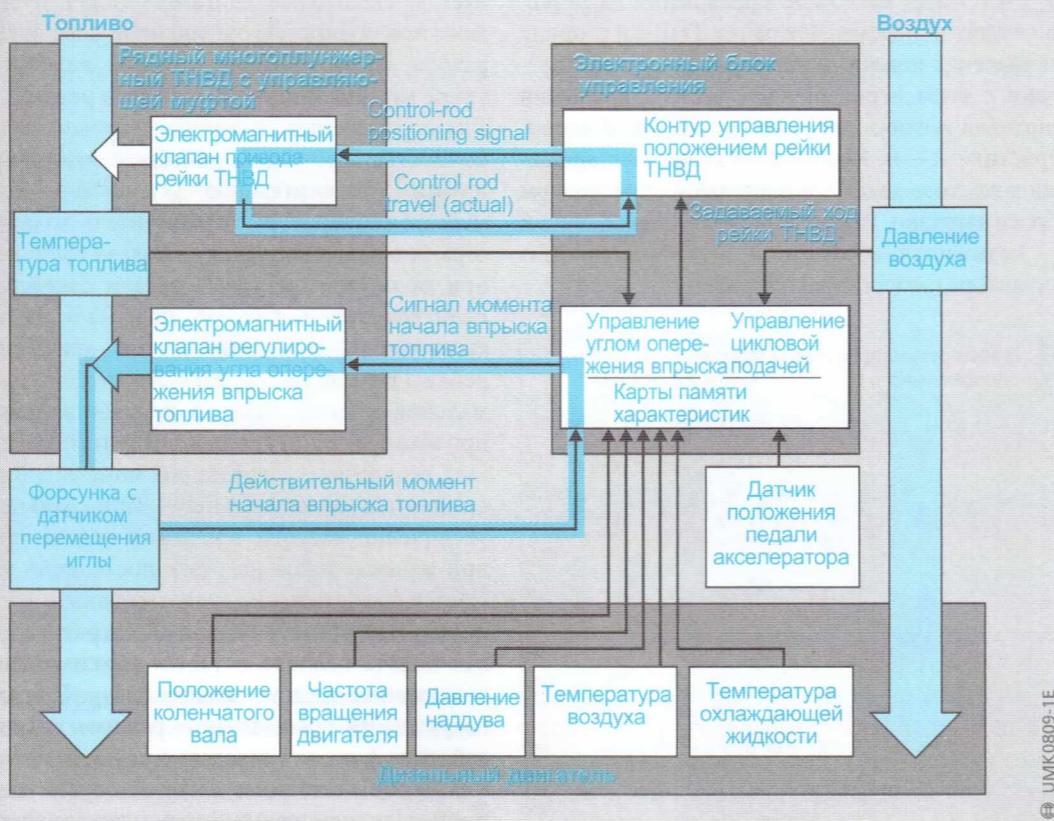
ход рейки и получает сигнал обратной связи, показывающий действительное её положение по сигналу датчика перемещения рейки ТНВД. Чтобы завершить конкретную операцию регулирования, электронный блок управления повторно рассчитывает установочное значение координаты положения рейки для достижения требуемой величины подачи топлива, таким образом, постоянно сопоставляя действительные и требуемые установочные значения.

Управляющий контур начала подачи топлива
 Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой кроме механизма регулирования цикловой подачи оснащаются также системой регулирования угла опережения впрыска топлива (рис. 4). Момент начала подачи топлива регулируется посредством замкнутой системы управления. Датчик перемещения иглы распылителя форсунки посылает в электронный блок управления сигнал действительного начала впрыска топлива. Используя эту информацию вместе с данными, хранящимися в карте памяти характеристик,

электронный блок управления рассчитывает действительное положение коленчатого вала, при котором происходит впрыск топлива. Далее, он сравнивает момент действительного начала подачи с рассчитанным, требующимся углом опережения впрыска, и посылает управляющий сигнал устройству опережения впрыска топлива в ТНВД, таким образом, сопоставляя действительное значение угла опережения впрыска с установленным его значением.

Поскольку исполнительное устройство (привод) регулирования угла опережения впрыска топлива является «структурно жёстким», то нет необходимости в датчике обратной связи положения привода. Структурная жёсткость означает, что линии действия электромагнитного клапана и пружины всегда имеют определённую точку пересечения, так что перемещение якоря электромагнитного клапана пропорционально электрическому сигналу, то есть эквивалентно обратной связи в закрытом контуре управления.

Система электронного управления дизеля для рядного многоплунжерного ТНВД с управляющей муфтой



Обзор конструктивных типов регуляторов частоты вращения

Обозначение типов регуляторов частоты вращения

Обозначение типа регулятора частоты вращения указано на идентификационной табличке, где отражены основные особенности регулятора (например, тип регулятора, диапазон регулирования частоты вращения и т.д.). На рис. 3 представлена подробная расшифровка индивидуальных характеристик различных типов регуляторов частоты вращения.

Однорежимные (предельные) регуляторы частоты вращения

Однорежимные (предельные) регуляторы частоты вращения предназначены для дизелей, которые обеспечивают привод различных механизмов и машин, работающих только на номинальной частоте вращения. В таком применении работа регулятора состоит только в поддержании работы двигателя на режиме максимальной частоты вращения, при этом регулирование минимальной частоты вращения холостого хода и пусковой подачи не требуется. Если частота вращения двигателя превышает номинальную частоту вращения (n_{vo}), что имеет место при уменьшении нагрузки, то регулятор перемещает рейку ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива (рис. 1), и в соответствии с этим перемещением частота вращения двигателя увеличивается по регуляторной характеристике А—В. Максимальная частота вращения холостого хода (n_{no}) достигается при полном сбросе нагрузки. Разница между значениями n_{vo} и n_{no} называется абсолютной неравномерностью регулятора (proportional response).

1 График регуляторной характеристики однорежимного регулятора частоты вращения



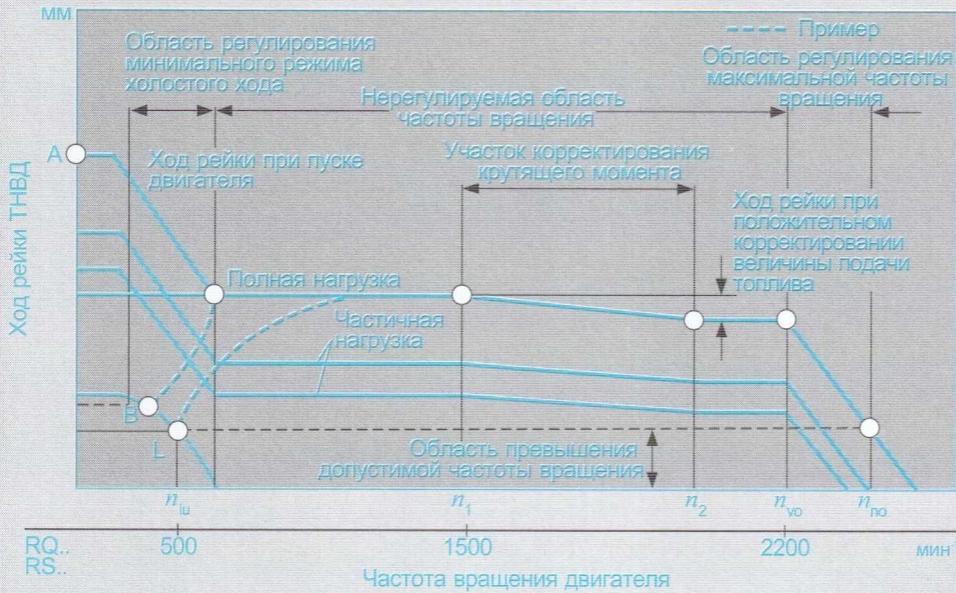
Двухрежимные регуляторы частоты вращения

Автомобильные дизели часто не требуют регулирования частоты вращения в диапазоне между минимальным и максимальным скоростными режимами. В пределах этого диапазона водитель устанавливает рейку ТНВД в нужное положение путём нажатия на педаль акселератора, руководствуясь необходимостью достижения требуемого крутящего момента двигателя. Регулятор обеспечивает устойчивую работу двигателя на минимальном режиме холостого хода и ограничивает максимальную частоту вращения холостого хода. График скоростных и регуляторных характеристик двухрежимного регулятора показан на рис. 2. При пуске холодного двигателя положение рейки ТНВД соответствует величине пусковой подачи (А). В этой точке педаль акселератора полностью нажата водителем.

Если водитель отпускает педаль акселератора, то рейка ТНВД возвращается на регуляторную характеристику минимального режима холостого хода (В). По мере прогрева двигателя частота вращения может изменяться в пределах регуляторной характеристики, и окончательно устанавливается в точке L. После того как двигатель полностью прогревается, при повторном его пуске максимальная пусковая подача уже не требуется. Некоторые двигатели могут пускаться даже при полностью отпущенной педали акселератора, когда рычаг управления находится на упоре минимального скоростного режима.

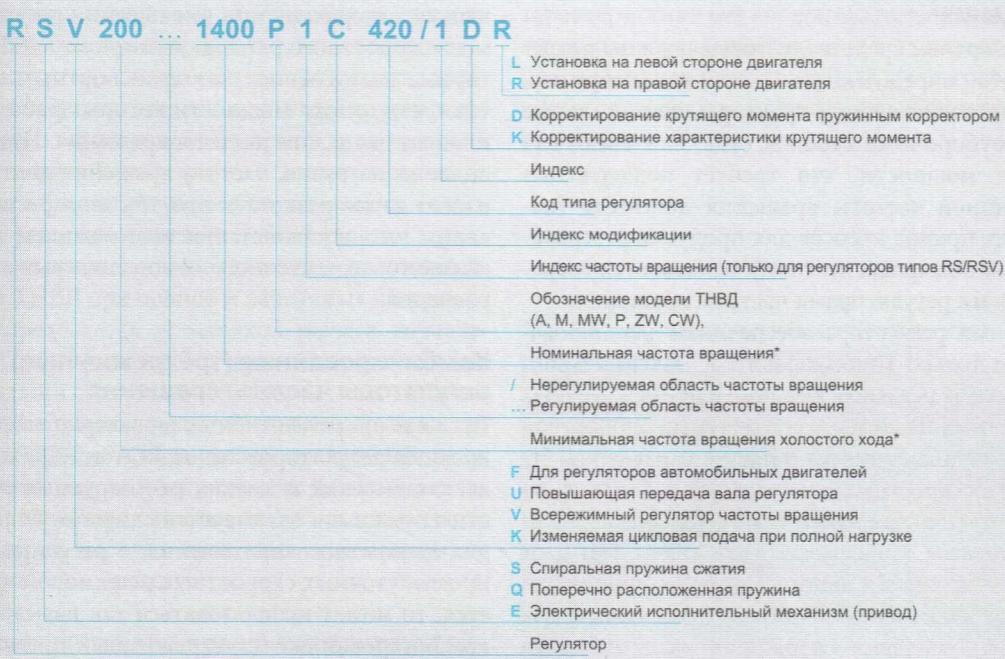
Для ограничения величины пусковой подачи в полностью прогретом двигателе может применяться дополнительное устройство — зависимый от температуры ограничитель хода рейки, ограничивающий пусковую подачу топлива даже при полностью нажатой педали акселератора. Если водитель полностью нажимает на педаль акселератора при работающем двигателе, то рейка ТНВД перемещается в положение максимальной подачи. Частота вращения двигателя при этом увеличивается, и после того как достигает величины n_1 , крутящий момент двигателя становится максимальным. При дальнейшем увеличении частоты вращения подача топлива при максимальной нагрузке постепенно уменьшается до достижения частоты вращения n_2 . При полностью нажатой педали акселератора цикловая подача топлива остаётся максимальной до достижения частоты вращения n_{vo} . При сбросе нагрузки на номинальном режиме вступает в действие функция ограничения частоты вращения, в соответствии с которой осуществляется процесс регулирования по регуляторной харак-

2 График скоростных и регуляторных характеристик двухрежимного регулятора



UMK0488-1E

3 Обозначение типов регуляторов частоты вращения Bosch



* Частота вращения ТНВД (равна половине частоты вращения четырёхтактного двигателя)

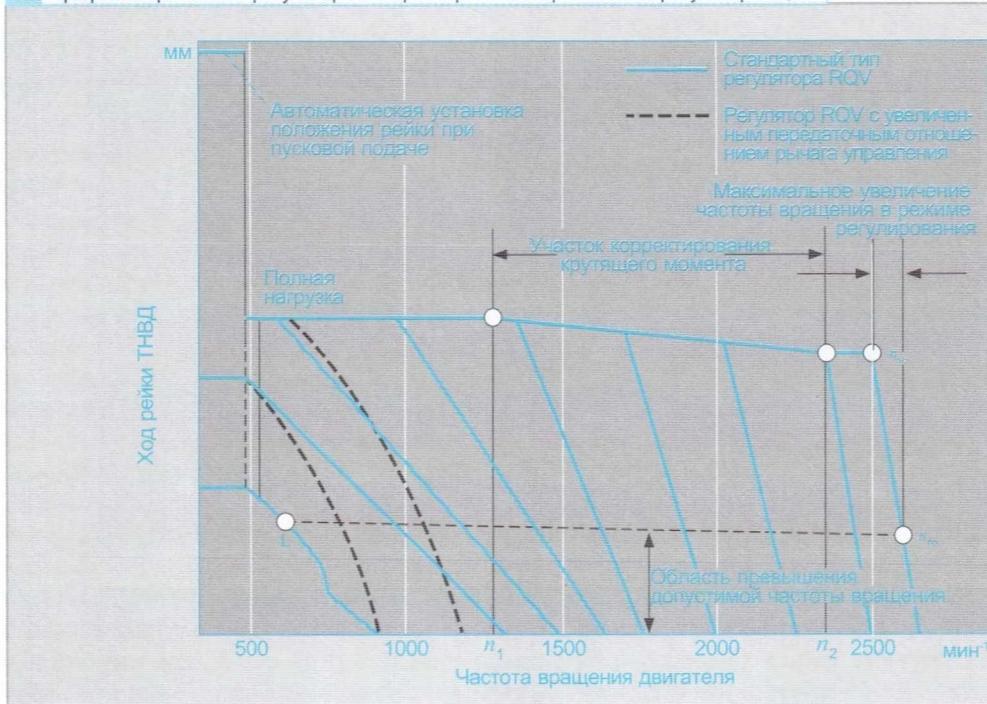
SMK1204-1E

Рис. 3 С комбинированными регуляторами устанавливается несколько значений частоты вращения (например, 300/900...1200)

теристике при небольшом повышении частоты вращения и соответствующем перемещении рейки в сторону уменьшения подачи. Максимальная частота вращения холостого хода n_{10} достигается при полном сбросе нагрузки. Если

частота вращения двигателя продолжает увеличиваться (overrunning - «разнос»), например, при движении автомобиля под уклон (принудительный холостой ход), то рейка ТНВД полностью выключает подачу топлива.

4 График скоростных и регуляторных характеристик всережимного регулятора RQV



Всережимные регуляторы частоты вращения

Транспортные средства, которые должны поддерживать определённую скорость (например, сельскохозяйственные тракторы, подметальные и снегоуборочные машины, суда) или имеют вал отбора мощности, что требует поддержания постоянной частоты вращения двигателя (например, привод насосов для продувки резервуаров или пожарных лестниц), оснащаются всережимными регуляторами частоты вращения.

Такой тип регулятора обеспечивает регулирование не только минимального и максимального скоростных режимов, но также и промежуточных скоростных режимов. Регулируемый скоростной режим устанавливается рычагом управления. На графике скоростных и регуляторных характеристик двигателя с всережимным регулятором (рис. 4) представлена зависимость хода рейки ТНВД от частоты вращения двигателя - положение рейки при холодном пуске двигателя (пусковая подача топлива), внешняя скоростная характеристика топливоподачи с участком положительной коррекции от n_1 до n_2 , регуляторная характеристика номинального (максимального) режима от n_{vo} до n_{no} , регуляторные характеристики промежуточных скоростных режимов.

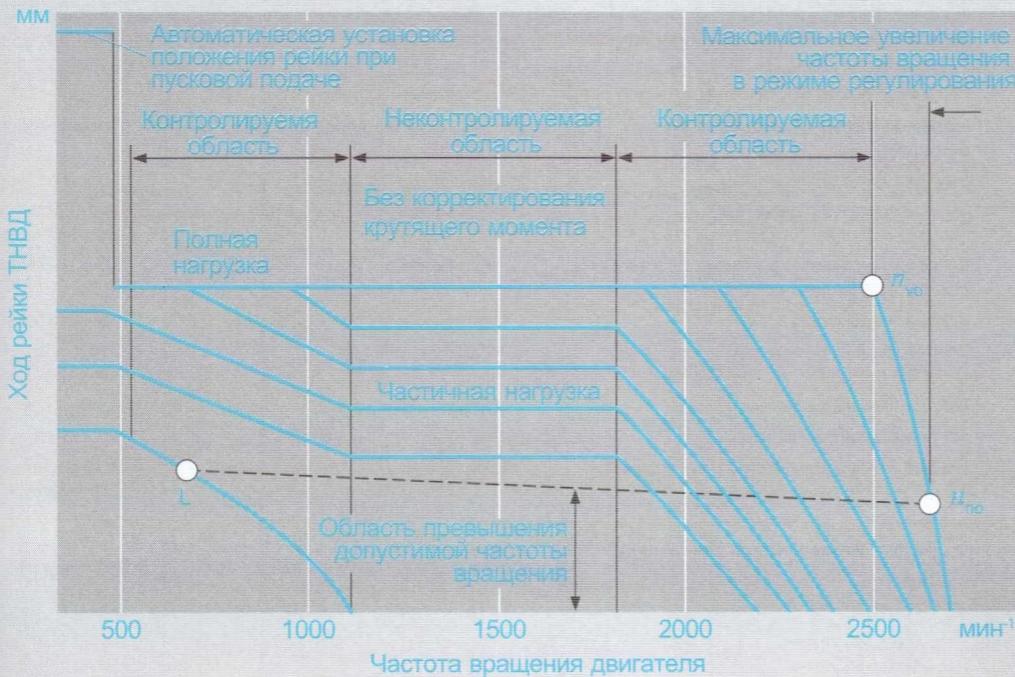
На графике рис. 4 видно, что наклон регуляторных характеристик при уменьшении регулируемого скоростного режима увеличивается. Пунктирные линии относятся к транспортным средствам, вал отбора мощности которых работает в нижнем диапазоне частоты вращения. При увеличении нагрузки, частота вращения двигателя падает не так резко, как при обычном регулировании, что достигается использованием более высокого передаточного отношения рычага управления.

Комбинированные (трёхрежимные) регуляторы частоты вращения

Если наклон регуляторных характеристик всережимных регуляторов типов RQV и RQUV в областях высоких и низких регулируемых скоростных режимов оказывается слишком большим для конкретного применения, а регулирование промежуточных скоростных режимов не требуется, то может использоваться так называемый комбинированный (трёхрежимный) регулятор частоты вращения, скоростные и регуляторные характеристики которого показаны на графике рис. 5. При таком способе регулирования корректирование крутящего момента в области высоких частот вращения не осуществляется.

expert22 для <http://rutracker.org>

5 График характеристик комбинированного регулятора с неконтролируемой областью скоростных режимов



UMK0489-1E

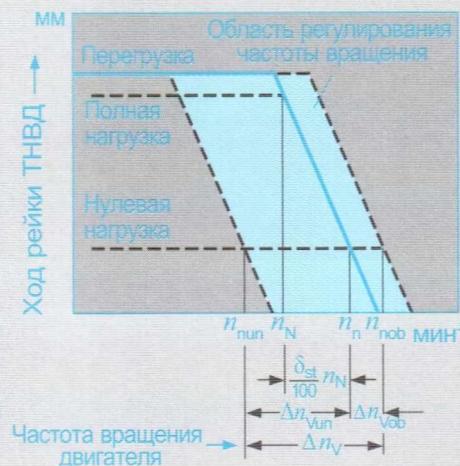
Комбинированный тип регулятора в области низких частот вращения работает как всережимный регулятор с наклоном регуляторных характеристик, затем следует неконтролируемая область при горизонтальном протекании внешней и частичных характеристик топливоподачи до начала области регулирования высоких скоростных режимов. Горизонтальные участки характеристик соответствуют различным положениям рейки ТНВД при полной и частичных нагрузках, что определяется установкой рычага управления. Протекание регуляторных характеристик, исходящих от внешней скоростной характеристики топливоподачи (полная нагрузка), определяется соответствующей настройкой регулируемых скоростных режимов. Комбинированный регулятор отличается от всережимного регулятора частоты вращения в основном по типу рабочих пружин.

Регулятор частоты вращения двигателей для привода дизель-генераторов

Двигатели, предназначенные для привода электрогенераторов, должны соответствовать германским нормам DIN 6280 (см. Таблицу 1). Центробежные регуляторы фирмы Bosch могут использоваться с устройствами классов точности 1, 2 и 3. Условия, определяемые классом точности 4, которому соответствуют регуляторные

характеристики без наклона (астатические регуляторные характеристики, степень неравномерности которых равна нулю), обычно требуются для использования в электронных системах управления.

6 График регуляторных характеристик регулятора частоты вращения двигателя по DIN 6280



UMK0618-1E

1 Типы регуляторов частоты вращения

Тип	Функция	Механизм привода	Тип ТНВД	Корректор
RQ	Двухрежимный или одnoreжимный регулятор	Центробежные грузы	A, MW, P	Положительный
RQ	Регулятор для привода генератора	Центробежные грузы	A, MW, P	Нет
RQU	Двухрежимный или одnoreжимный регулятор	Центробежные грузы ¹⁾	ZW, P9, P10	Положительный
RS	Двухрежимный регулятор	Центробежные грузы	A, MW, P	Положительный
RSF	Двухрежимный регулятор	Центробежные грузы	M	Отрицательный/ положительный
RQV	Всережимный или комбинированный регулятор	Центробежные грузы	A, MW, P	Положительный
RQUV	Всережимный регулятор	Центробежные грузы ¹⁾	ZW, P9, P10	Положительный
RQV..K	Всережимный регулятор	Центробежные грузы	A, MW, P	Отрицательный/ положительный
RSV	Всережимный регулятор	Центробежные грузы	A, M, MW, P	Положительный
RSUV	Всережимный регулятор	Центробежные грузы ¹⁾	P	Положительный
RE	Любые регуляторные характеристики	Электромагнит	A, MW, P	Отрицательный/ положительный

Таблица 1

1) С повышающей передачей в регуляторах малооборотных двигателей

2 Рабочие пределы характеристик для различных классов точности

№	Описание	Символ	Единица измерения	Класс точности устройства			
				1	2	3	4
4.2.4	Статическая степень неравномерности	δ_{st}	%	8	5	3	STA
4.2.5	Степень нестабильности частоты вращения	v_n	%	-	1,5	0,5	STA
4.2.1	Нижний диапазон регулирования частоты вращения	$\delta \cdot n_{vun}$	%	$-(2,5 + \delta_{st})$	$-(2,5 + \delta_{st})$	$-(2,5 + \delta_{st})$	STA
4.2.2	Верхний диапазон регулирования частоты вращения	$\delta \cdot n_{vob}$	%	+2,5	+2,5	+2,5	STA
4.1.6	Частота регулирования (по времени)	t_{fzu}, t_{fab}	S	-	5	3	STA

Таблица 2

Применяется только для дизель-генераторов по DIN 6280, часть 3

STA предмет соглашения

3 Формулировки различных выражений частоты вращения

№	Описание	Символ	Характеристика режима работы
4.1	Номинальная частота вращения	n_N	Частота вращения двигателя, соответствующая номинальной частоте электрического тока дизель - генератора при номинальной нагрузке
4.3	Частота вращения холостого хода (без нагрузки) по регуляторной характеристике номинального режима	n_n	Установившаяся частота вращения холостого хода номинального режима двигателя (полный сброс нагрузки). Соответствующие значения постоянной частоты вращения номинального и частичных режимов
4.7	Минимальная в данном диапазоне регулирования частота вращения холостого хода	n_{nun}	Минимальная установившаяся частота вращения холостого хода (без нагрузки), которая может быть установлена в исполнительном устройстве или регуляторе частоты вращения.
4.8	Максимальная в данном диапазоне регулирования частота вращения холостого хода	n_{nob}	Максимальная установившаяся частота вращения холостого хода (без нагрузки), которая может быть установлена в исполнительном устройстве или регуляторе частоты вращения.
4.9	Диапазон регулирования частоты вращения	Δn_v	Диапазон изменения между минимальной и максимальной частотами вращения холостого хода (без нагрузки). Соответствующие значения рассчитываются по формулам, приведённым в пунктах 4.9.1 и 4.9.2.
4.9.1	Нижний диапазон регулирования частоты вращения	Δn_{vun}	Диапазон изменения частоты вращения между минимальной частотой вращения холостого хода и номинальной частотой вращения холостого хода (то есть без изменения настройки, взятой по регуляторной характеристике номинального режима).
		δn_{vun}	$\Delta n_{vun} = n_n - n_{nun}$ <p>Разница между этими двумя значениями частоты вращения, выраженная в процентах по отношению к номинальной частоте вращения, называется степенью неравномерности.</p> $\delta n_{vun} = \frac{(n_n - n_{nun})}{n_N} 100$
4.9.2	Верхний диапазон регулирования частоты вращения	Δn_{vob}	Диапазон изменения частоты вращения между максимальной частотой вращения холостого хода и номинальной частотой вращения холостого хода (то есть без изменения настройки, взятой по регуляторной характеристике номинального режима).
		δn_{vob}	$\Delta n_{vob} = n_{nob} - n_n$ <p>Разница между этими двумя значениями частоты вращения, выраженная в процентах по отношению к номинальной частоте вращения, называется степенью неравномерности.</p> $\delta n_{vob} = \frac{(n_{nob} - n_n)}{n_N} 100$
5.1	Статическая степень неравномерности регулятора	δ_{st}	Отношение разницы между номинальной частотой вращения холостого хода n_n и номинальной частотой вращения n_N и номинальной частоты вращения n_N , выраженное в процентах.
			$\delta_{st} = \frac{(n_n - n_N)}{n_N} 100$

Таблица 3
Применяется только для дизель-генераторов по DIN 6280, Часть 4

Механические регуляторы частоты вращения

Механические центробежные регуляторы частоты вращения фирмы Bosch устанавливаются на корпусе ТНВД. Рейка ТНВД через внутренний рычажный механизм соединяется с муфтой регулятора, а рычаг управления на корпусе регулятора посредством соединительного звена с педалью акселератора.

Имеются два основных механизма передачи усилия от центробежных грузов регулятора:

- В регуляторах типов RQ и RQV рабочие пружины установлены внутри центробежных грузов. Каждый из двух центробежных грузов действует непосредственно на комплект пружин, размеры которых соответствующим образом подобраны для регулирования номинальной частоты вращения и протекания регуляторной характеристики (-к) с заданной степенью неравномерности.
- В регуляторах типов RSV, RS и RSF центробежные силы через систему рычагов действуют на рабочую пружину регулятора, расположенную снаружи центробежных грузов. Два центробежных груза через муфту регулятора действуют на силовой рычаг, к которому подсоединена рабочая пружина регулятора, сила натяжки которой действует в противоположном направлении.

В двигателях с всережимными регуляторами частоты вращения типа RSV водитель устанавливает требуемый регулируемый скоростной режим путём изменения предварительной натяжки рабочей пружины регулятора при воздействии на неё через рычаг управления. В двухрежимных регуляторах типов RS/RSF рабочие пружины максимального и минимального скоростных режимов имеют постоянную натяжку, которая не может быть изменена посредством педали акселератора. Рабочие пружины регуляторов подобраны таким образом, что создаваемая ими сила натяжки находится в равновесии с центробежной силой грузов на каждом из указанных скоростном режиме. При увеличении частоты вращения центробежная сила грузов увеличивается, и через рычажный механизм перемещает рейку ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива.

Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RQ

Конструкция регулятора

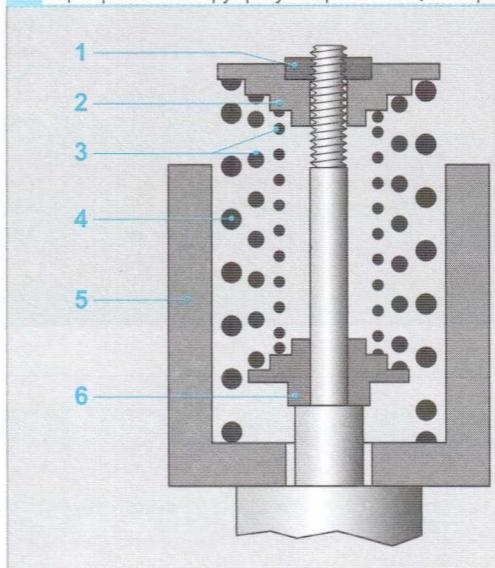
Ступица (держатель) с центробежными грузами регулятора приводится через демпфер колебаний от кулачкового вала ТНВД (рис. 3, позиции 14 и 18). В ступице установлены два центробежных груза 17 вместе с их серьгами 13, а внутри каждого

груза установлен набор пружин 16. Серьги ступицы преобразуют радиальное перемещение грузов регулятора в осевое перемещение скользящего направляющего болта 12, которое затем передаётся ползуну 10. Ползун, который может перемещаться только по направляющему штифту 11, соединён с шарнирным рычагом 5, обеспечивая связь между чувствительным элементом (центробежными грузами) регулятора и рейкой ТНВД. Нижний конец шарнирного рычага соединён ползуном, а в самом шарнирном рычаге имеется скользящая направляющая кулисы, к которой крепится соединительный рычаг, находящийся в одной оси с рычагом управления 2. Рычаг управления может находиться под ручным управлением или через систему тяг соединяется с педалью акселератора. При перемещении рычага управления направляющая кулисы сдвигается, и шарнирный рычаг поворачивается относительно точки опоры в ползуне. Когда регулятор начинает работать (при увеличении частоты вращения), точкой опоры шарнирного рычага становится направляющая кулисы, а перемещение ползуна приводит к изменению передаточного отношения шарнирного рычага. В результате создаётся усилие, достаточное для перемещения рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи, даже при работе двигателя в минимальной частоте вращения холостого хода, когда центробежная сила грузов относительно невелика. Набор пружин внутри центробежных грузов регулятора (рис. 1) обычно состоит из трёх концентрически установленных спиральных пружин, а именно, пружины 4 минимальной частоты вращения холостого хода и двух пружин 3 для регулирования максимальной частоты вращения.

Рис. 1

- 1 Регулировочная гайка
- 2 Наружное седло пружин
- 3 Пружины регулирования максимальной частоты вращения
- 4 Пружина регулирования минимальной частоты вращения холостого хода
- 5 Центробежный груз
- 6 Внутреннее седло пружин

1 Центробежный груз регулятора типа RQ в сборе



2 Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RQ

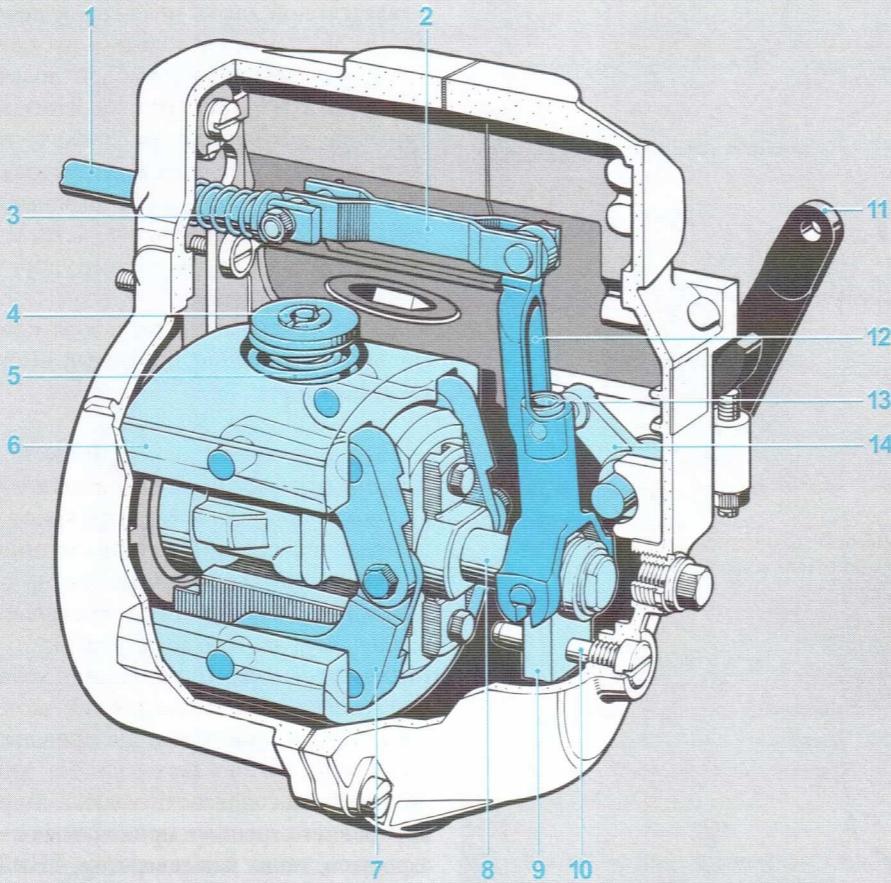


Рис. 2

- 1 Рейка ТНВД
- 2 Тяга рейки
- 3 Компенсационная пружина
- 4 Регулировочная гайка
- 5 Пружины регулятора
- 6 Центробежный груз
- 7 Серьга
- 8 Скользящий направляющий болт
- 9 Ползун
- 10 Направляющий шток
- 11 Рычаг управления
- 12 Шарнирный рычаг
- 13 Направляющая кулисы
- 14 Соединительный рычаг

UMK0496-1Y

3 Принципиальная схема двухрежимного регулятора типа RQ

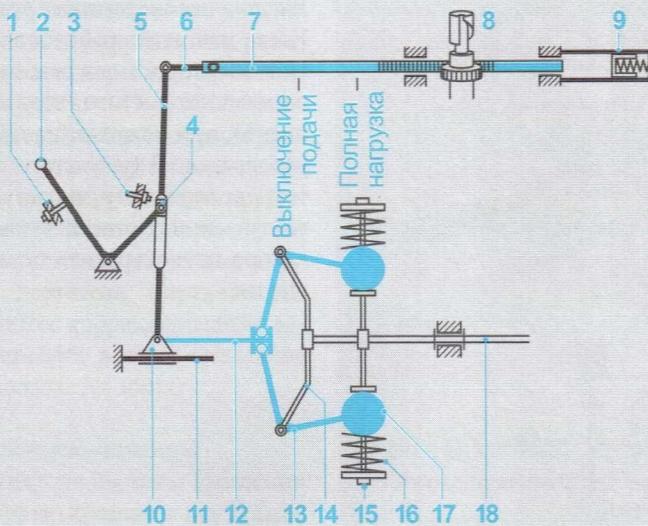
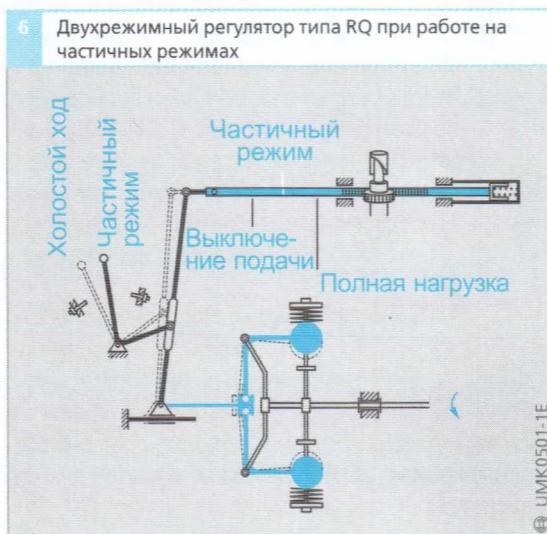


Рис. 3

- 1 Упор «стоп»
- 2 Рычаг управления
- 3 Регулировочный винт (упор) максимальной частоты вращения
- 4 Направляющая кулисы
- 5 Шарнирный рычаг
- 6 Тяга рейки
- 7 Рейка ТНВД
- 8 Плунжер ТНВД
- 9 Пружинный упор рейки ТНВД
- 10 Ползун
- 11 Направляющий шток
- 12 Скользящий болт
- 13 Серьга
- 14 Ступица грузов регулятора
- 15 Регулировочная гайка
- 16 Пружина регулятора
- 17 Центробежный груз
- 18 Кулачковый вал ТНВД

UMK0494-1E



Пуск двигателя

В инструкции по эксплуатации автомобиля указывается, при каком положении педали акселератора должен производиться пуск двигателя. Требуемая величина пусковой подачи топлива при холодном пуске двигателя и низких температурах внешней среды обеспечивается при полностью нажатой педали акселератора. Если двигатель уже прогрет, то необходимая пусковая подача для его пуска обычно достигается при положении рычага управления на упоре минимальной частоты вращения. В этом случае полное нажатие на педаль акселератора просто может вызвать совершенно ненужный выброс дыма ОГ (рис. 4 и рис. 7).

Эксплуатационные характеристики

Минимальная частота вращения холостого хода
После пуска двигателя и отпущения педали акселератора двигатель выходит на минимальный режим холостого хода, и регулятор перемещает рейку ТНВД в положение минимальной частоты вращения холостого хода (рис. 5).

Минимальная частота вращения холостого хода определяется как самая низкая частота вращения, при которой двигатель продолжает устойчиво работать без нагрузки. На этом режиме двигатель преодолевает только сопротивление внутреннего трения и приводимых им навесных агрегатов, таких как генератор, ТНВД, вентилятор радиатора и т.д. Для того чтобы преодолеть этот минимальный уровень сопротивления, требуется определённый расход топлива, соответствующий установке рычага управления в положение минимального скоростного режима.

Частичные скоростные режимы

Когда двигатель работает под нагрузкой на частичных скоростных режимах (то есть между режимами холостого хода и полной нагрузки, рис. 6), при нажатии на педаль акселератора он ускоряется. В результате при увеличении частоты вращения грузы регулятора стремятся разойтись при соответствующем стремлении регулятора предотвратить повышение частоты вращения.

График скоростных и регуляторных характеристик топливоподачи двигателя с двухрежимным регулятором частоты вращения типа RQ

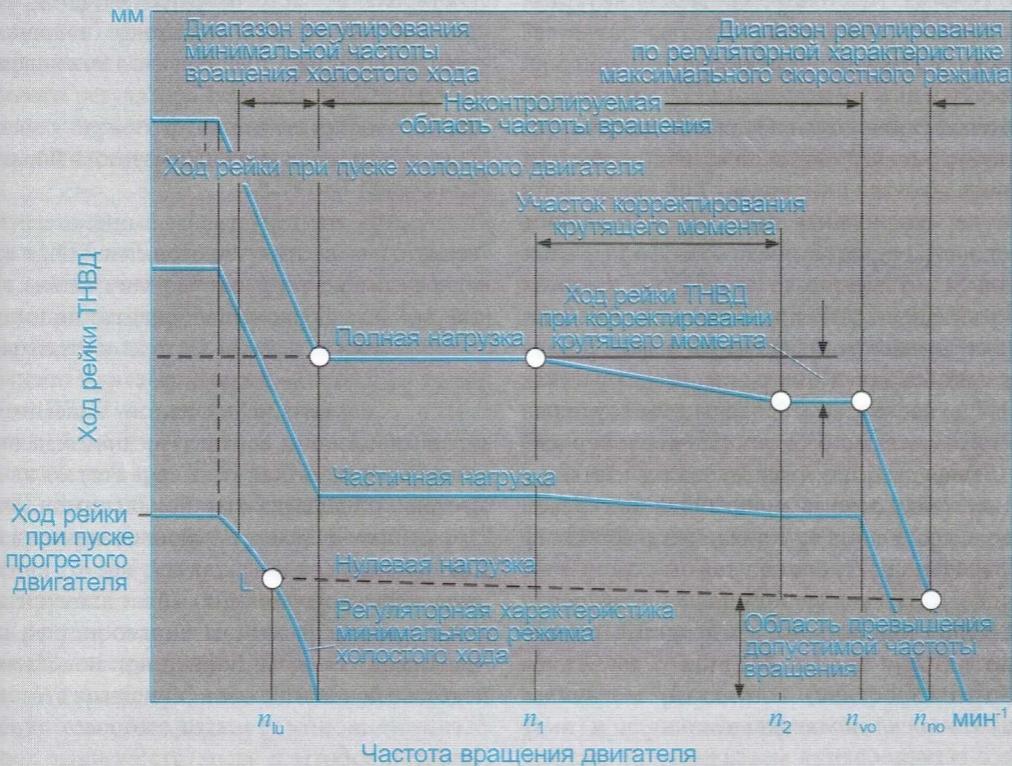


Рис. 7

- $n_{л}$ Минимальная частота вращения холостого хода
- $n_{во}$ Максимальная частота вращения холостого хода (номинального режима)
- n_1 Начало участка корректирования крутящего момента
- n_2 Конец участка корректирования крутящего момента
- $n_{по}$ Максимальная частота вращения холостого хода

UMK0498-TE

Однако как только частота вращения становится немного больше минимальной частоты вращения холостого хода, центробежные грузы входят в контакт с седлами рабочих пружин регулятора, воспринимают усилие со стороны пружин максимального скоростного режима, и остаются в этом положении до тех пор, пока не будет достигнута номинальная частота вращения двигателя. Это происходит потому, что центробежная сила грузов не может преодолеть силу затяжки рабочих пружин максимального скоростного режима, пока частота вращения двигателя не станет выше номинальной. Следовательно, в скоростном диапазоне между минимальной частотой вращения холостого хода и номинальной частотой вращения регулятор не работает. В этом диапазоне положение рейки ТНВД и, следовательно, величина крутящего момента двигателя определяются только водителем. Процесс корректирования величины крутящего момента в этом диапазоне частоты вращения описывается ниже.

Корректирование крутящего момента

В двухрежимном регуляторе частоты вращения типа RQ механизм корректирования крутящего момента (корректор топливоподачи) находится внутри центробежных грузов, точнее, между

8 Механизм корректирования крутящего момента в двухрежимном регуляторе типа RQ

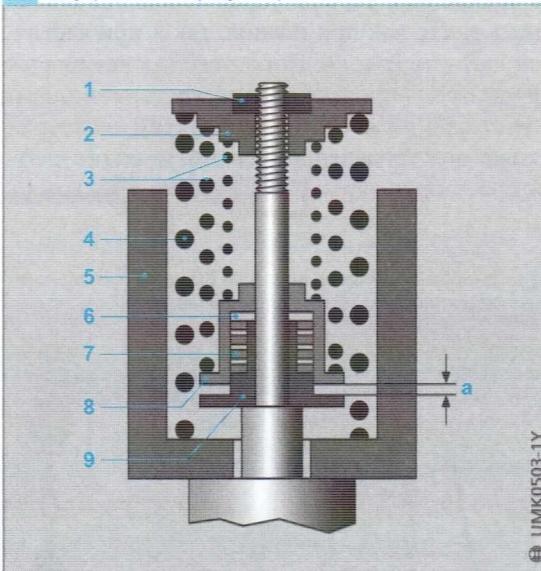


Рис. 8

- 1 Регулировочная гайка
- 2 Наружное седло пружин
- 3 Пружины максимального скоростного режима
- 4 Пружина минимального режима холостого хода
- 5 Центробежный груз регулятора
- 6 Регулировочная шайба
- 7 Пружина корректора топливоподачи
- 8 Корпус пружины корректора
- 9 Внутреннее седло пружин
- а Ход пружины корректора

UMK0503-1У

внутренним седлом пружин (рис. 8, позиция 9) и пружинами максимального скоростного режима 3. Пружина корректора 7 расположена внутри корпуса корректора 8, на который опираются обе пружины максимального скоростного режима.

Следовательно, корректор действует до включения в работу пружин максимального скоростного режима. Расстояние «а» между внутренним седлом пружин и корпусом корректора называется ходом корректирования, который может регулироваться установкой регулировочных шайб. Точка начала корректирования n_1 зависит от формы характеристики топливоподачи двигателя.

В точке характеристики непосредственно перед номинальной частотой вращения (n_2) пружина корректора оказывается сжатой до касания внутреннего седла рабочих пружин регулятора и корпуса корректора. В диапазоне между значениями частоты вращения n_1 и n_2 грузы регулятора могут расходиться только на величину хода корректирования при соответствующем перемещении рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи (положительное корректирование). Заметим, что без пружин корректора топливоподачи в диапазоне между минимальной частотой вращения холостого хода и номинальной частотой вращения регулятор никаких действий не выполняет.

Максимальная частота вращения

Процесс регулирования максимальной частоты вращения начинается после того, как частота вращения двигателя становится больше номинальной частоты вращения $n_{но}$. В зависимости от положения рычага управления, это может иметь место как при полной, так и при частичной нагрузке (рис. 9). После того как начинается процесс регулирования (по регуляторной характеристике), положение рейки ТНВД находится только под управлением автоматического регулятора частоты вращения. Величина расхожде-

ния грузов регулятора и ход рейки ТНВД проектируются таким образом, чтобы обеспечивалось регулирование частоты вращения между максимальной при полной нагрузке (номинальная частота вращения) и максимальной частотой вращения холостого хода.

Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RQU

Конструкция регулятора

Регулятор частоты вращения Тип RQU спроектирован для регулирования очень низких значений частоты вращения. Регулятор оснащается повышающей передачей (передаточное отношение от 1:1,5 до 1:3,7 в зависимости от предъявляемых требований) между валом ТНВД (обеспечивающим привод вала регулятора) и валом регулятора (рис. 10 и рис. 20). Регулятор RQU предназначен для работы с ТНВД типов ZW, P9 и P10, которые обычно устанавливаются на большие низкооборотные дизели.

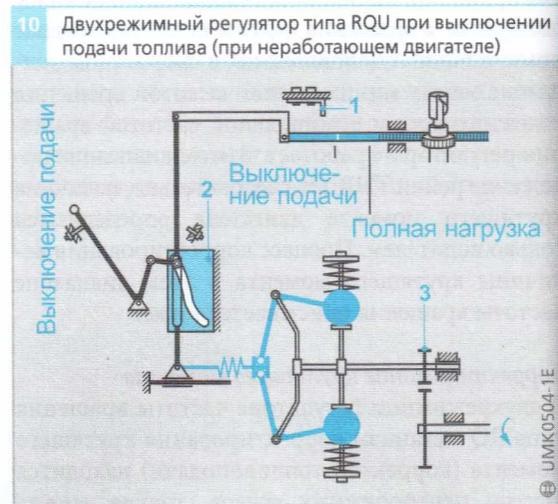
Как и в регуляторах типа RQV, соединительный рычаг в регуляторах RQU состоит из двух частей и работает в пластине с фигурным вырезом.

Эксплуатационные характеристики

Принцип работы и эксплуатационные характеристики регулятора RQU аналогичны регулятору типа RQ.

Рис. 10

- 1 Упор максимальной подачи топлива (упор максимальной нагрузки)
- 2 Пластина с фигурным вырезом
- 3 Повышающая шестеренчатая передача



Однорежимные регуляторы частоты вращения типов RQ и RQU

Конструкция регуляторов

Конструкция однорежимного регулятора частоты вращения отличается от конструкции двухрежимного регулятора главным образом по отсутствию у первого функции регулирования минимальной частоты вращения холостого хода.

Эксплуатационные характеристики

Работа однорежимного регулятора частоты вращения аналогична работе двухрежимных регуляторов при регулировании максимальной частоты вращения.

Максимальная частота вращения

Начало действия регулятора происходит после того, как частота вращения двигателя становится больше номинальной (максимальной частоты вращения при полной нагрузке). Величина расхождения грузов регулятора и ход рейки ТНВД проектируются таким образом, чтобы обеспечить регулирование частоты вращения между максимальной при полной нагрузке (номинальная частота вращения) и максимальной частотой вращения холостого хода.

Всережимный регулятор частоты вращения Тип RQV

Конструкция регулятора

Регулятор частоты вращения RQV по конструкции подобен регулятору типа RQ, с рабочими пружинами, установленными в центробежных грузах регулятора. Однако непрерывное расхождение центробежных грузов регулятора происходит при увеличении частоты вращения двигателя в пределах выбранного регулируемого скоростного режима (рис. 11), каждому из которых соответствует определённое положение рычага управления. Перемещение рычага управления 1 через соединительный рычаг 2 с двумя плечами и шарнир кулисы 4 передаётся шарнирному рычагу 5 и затем рейке ТНВД 8. Ось поворота шарнирного рычага может перемещаться по скользящей направляющей, установленной в фигурном вырезе пластины 3, зафиксированной в корпусе регулятора, в результате чего может изменяться передаточное отношение в шарнирном рычаге. Подпружиненный (drag spring) скользящий болт 12 осуществляет соединение между чувствительным элементом регулятора (центробежными грузами) и шарнирным рычагом.

11 Всережимный регулятор типа RQV

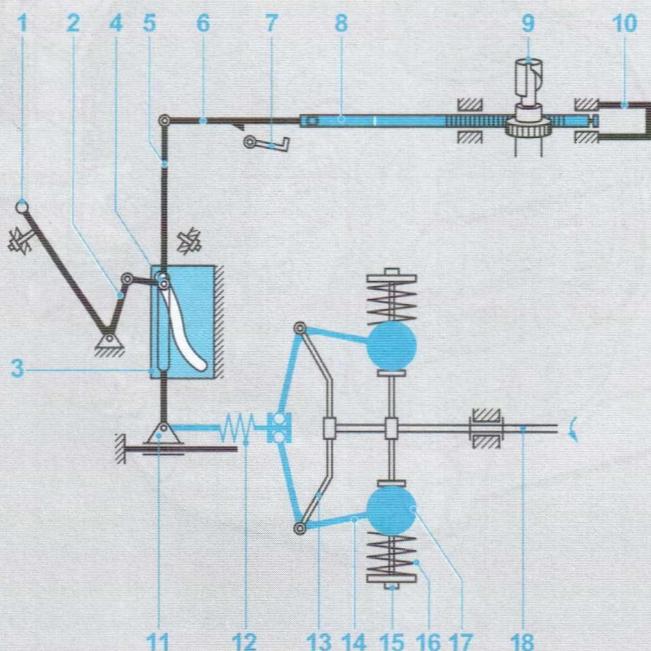


Рис. 11

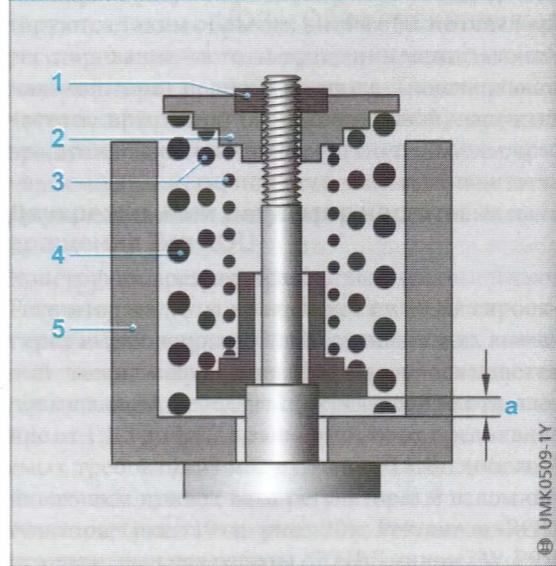
- 1 Рычаг управления
- 2 Соединительный рычаг
- 3 Пластина с фигурным вырезом
- 4 Направляющая кулисы
- 5 Шарнирный рычаг
- 6 Соединительная тяга
- 7 Упор полной нагрузки (автоматический)
- 8 Рейка ТНВД
- 9 Плунжер ТНВД
- 10 Упор пусковой подачи топлива
- 11 Направляющая кулисы
- 12 Скользящий болт с соединительной пружиной (drag spring)
- 13 Держатель (ступица) грузов регулятора
- 14 Серьга
- 15 Регулировочная гайка
- 16 Рабочая пружина регулятора
- 17 Центробежный груз
- 18 Кулачковый вал ТНВД

Рис. 12

- 1 Регулировочная гайка
- 2 Наружное седло пружин
- 3 Рабочие пружины регулируемых скоростных режимов
- 4 Пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 5 Центробежный груз
- a Ход грузов при регулировании минимальной частоты вращения холостого хода

Как и в регуляторе типа RQ, набор пружин, установленных внутри центробежных грузов, обычно состоит из трёх concentрических пружин сжатия. Наружная пружина, установленная между грузом регулятора и верхней тарелкой, работает при регулировании минимальной частоты вращения холостого хода (рис. 12, позиция 4), предварительная затяжка пружины определяется регулировочной гайкой 1. После того как при регулировании минимальной частоты вращения выбран ход грузов, последние входят в контакт с внутренним седлом пружин и, соответственно, с внутренними пружинами, установленными между внутренним седлом и наружной тарелкой с регулировочной гайкой.

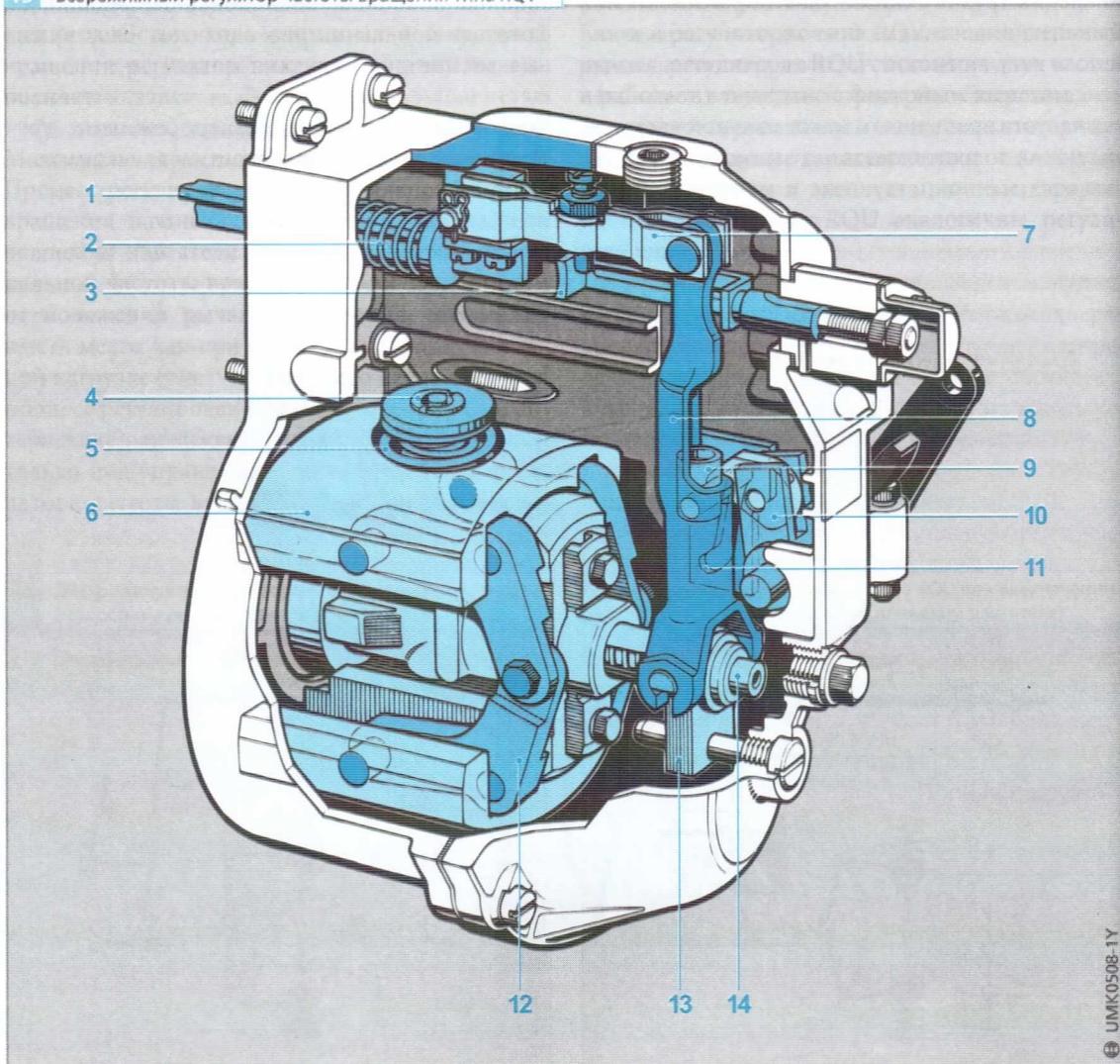
12 Центробежный груз всережимного регулятора RQV



13 Всережимный регулятор частоты вращения типа RQV

Рис. 13

- 1 Рейка ТНВД
- 2 Компенсирующая пружина
- 3 Упор максимальной нагрузки
- 4 Регулировочная гайка
- 5 Рабочие пружины регулятора
- 6 Центробежный груз
- 7 Вильчатая тяга рейки ТНВД
- 8 Шарнирный рычаг
- 9 Направляющая кулисы
- 10 Соединительный рычаг
- 11 Пластина с фигурным вырезом
- 12 Серьга
- 13 Ползун
- 14 Скользящий болт (с соединительной пружиной drag spring)



Пуск двигателя

При пуске двигателя, в положении пусковой подачи топлива, регулятор RQV работает так же, как и регулятор типа RQ, за исключением одного отличия. Если водитель полностью нажимает на педаль акселератора, то сразу после пуска, когда повышается минимальная частота вращения холостого хода, всережимный регулятор в отличие от регулятора типа RQ не «сбрасывает газ», а рейка ТНВД остаётся в положении пусковой подачи до тех пор, пока не будет достигнута минимальная частота вращения холостого хода двигателя. Только после того, как начинает реализовываться регуляторная характеристика минимального режима, упор пусковой подачи («полной нагрузки») быстро возвращается в нормальное рабочее положение (рис. 14).

Эксплуатационные характеристики

Минимальная частота вращения холостого хода (рис. 15)

После пуска двигателя, когда водитель отпускает педаль акселератора, рычаг управления возвращается в положение минимального режима холостого хода. Рейка ТНВД также возвращается в положение минимального режима холостого хода, поскольку находится теперь под воздействием регулятора частоты вращения (положение L на рис. 17).

Частичные скоростные режимы (рис. 16)

Если на установленном рычагом управления (педалью акселератора) регулируемом скоростном режиме имеет место увеличение или уменьшение (сброс/наброс) нагрузки, то всережимный регулятор поддерживает заданный скоростной режим, увеличивая или уменьшая подачу топлива в пределах соответствующей регуляторной характеристики.

Пример: водитель переводит рычаг управления из положения минимального режима холостого хода в положение, соответствующее задаваемой скорости автомобиля. Перемещение рычага управления посредством соединительного рычага трансформируется в поворот шарнирного рычага. Как только частота вращения двигателя становится больше минимальной частоты вращения холостого хода, переменное передаточное отношение шарнирного рычага становится таким, что даже небольшого перемещения рычага управления достаточно, чтобы переместить рейку ТНВД в положение полной нагрузки, то есть максимальной подачи топлива (участок характеристики L — В' на рис. 17). Соответственно, должен существовать фиксированный (без буфера) упор рейки.

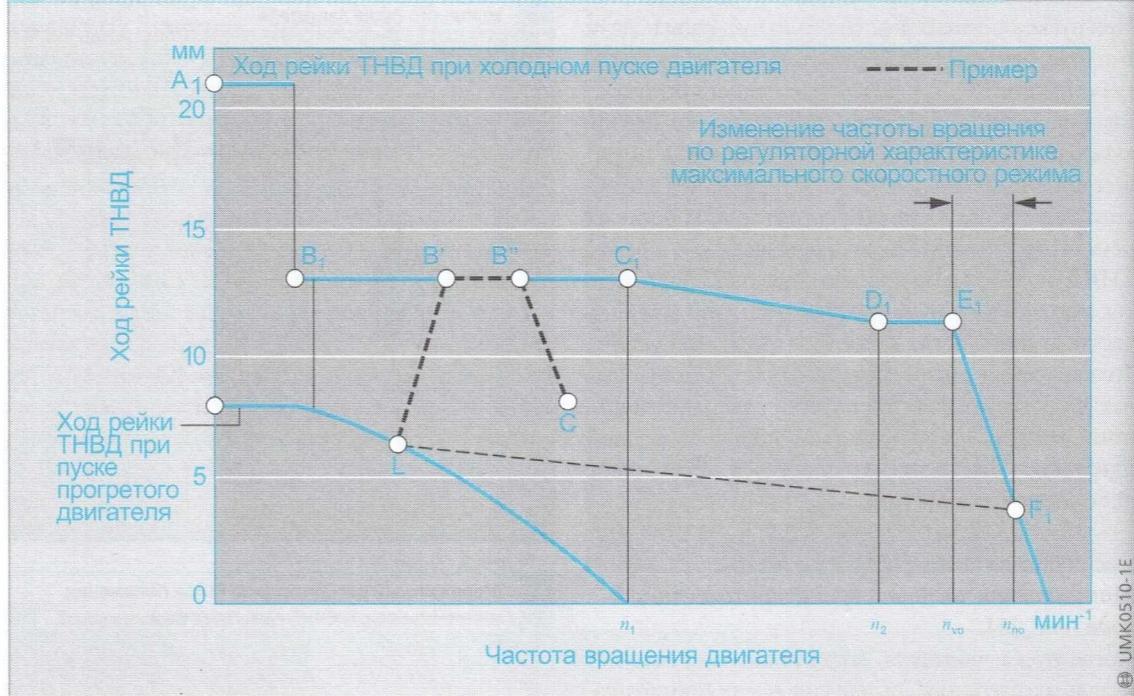


Рис. 14
1 Упор выключения подачи топлива
2 Упор максимального скоростного режима



Рис. 16
1 Скользящий шарнир кулисы
2 Скользящий болт с соединительной пружиной (drag spring)

17 График скоростных и регуляторных характеристик всережимного регулятора частоты вращения RQV



При дальнейшем перемещении рычага управления увеличивается предварительная затяжка рабочей пружины регулятора. Рейка ТНВД остаётся в положении «полной нагрузки», поэтому частота вращения двигателя быстро увеличивается (участок В' — В'' на рис. 17). Грузы регулятора стремятся разойтись, но пока центробежная сила грузов не может преодолеть сопротивление рабочей пружины регулятора, рейка ТНВД остаётся в положении «полной нагрузки», то есть на упоре максимальной подачи топлива. Только после того как грузы регулятора начинают перемещать шарнирный рычаг, рейка ТНВД начинает двигаться в сторону уменьшения подачи топлива и, следовательно, увеличение частоты вращения ограничивается. Повышение частоты вращения происходит по регуляторной характеристике регулируемого скоростного режима, который соответствует положению рычага управления и величине расхождения грузов регулятора (участок В'' — С).

Таким образом, при нормальных эксплуатационных условиях каждому положению рычага управления соответствует определённый регулируемый скоростной режим, при условии, что двигатель не перегружен или не находится на режиме принудительного холостого хода, когда он получает вращение от колёс автомобиля (например, превышение допустимой частоты вращения, или «разнос» при движении под уклон). Если нагрузка на двигатель повышается, например, при движе-

нии на подъёме, частота вращения двигателя и, соответственно, центробежных грузов регулятора уменьшается. В результате грузы регулятора сходятся, и рейка ТНВД перемещается в сторону увеличения подачи топлива, поддерживая тем самым частоту вращения в пределах регуляторной характеристики, определяемой положением рычага управления. Если, однако, крутизна подъёма (которая пропорциональна нагрузке) такова, что даже при положении рейки на упоре максимальной подачи («полная нагрузка») частота вращения двигателя продолжает падать, грузы регулятора сходятся ещё больше, перемещая скользящий болт налево (на рисунке). При этом грузы регулятора «пытаются» переместить рейку ТНВД ещё дальше, но поскольку рейка уже находится на упоре «полной нагрузки», то дальнейшее её перемещение в направлении увеличения подачи невозможно. Это означает, что двигатель находится на режиме перегрузки. В этих условиях водитель должен включить пониженную передачу. Когда автомобиль движется под уклон, происходит прямо противоположное действие — двигатель получает вращение от ведущих колёс автомобиля (принудительный холостой ход). В результате грузы регулятора расходятся, и рейка ТНВД движется в сторону уменьшения подачи топлива. Если частота вращения продолжает увеличиваться, то при значительном её превышении («overrunning») рейка выходит в положение выключения подачи топлива.

Описанные выше действия регулятора частоты вращения имеют место на любом регулируемом скоростном режиме, определяемом установкой рычага управления, если нагрузка двигателя и, соответственно, частота вращения по любой причине изменяются до такой степени, что рейка ТНВД может занимать любое крайнее положение.

Корректирование крутящего момента

Корректирование крутящего момента имеет место на участке внешней скоростной характеристики между значениями частоты вращения n_1 и n_2 (рис. 17) на участке $C_1 - D_1$ при полной нагрузке двигателя. В регуляторе RQV механизм корректирования крутящего момента (положительный корректор топливоподачи) устанавливается в специальный упор рейки или заменяет обычную тягу рейки ТНВД (подробное описание см. в параграфе «упоры рейки ТНВД»).

Максимальная частота вращения

Если частота вращения двигателя становится больше номинальной (максимальная частота вращения при полной нагрузке), то начинается её регулирование по регуляторной характеристике $E_1 - F_1$ (рис. 17). Грузы регулятора при этом расходятся, и рейка ТНВД перемещается в сторону уменьшения подачи топлива. При полном сбросе нагрузки достигается максимальная частота вращения холостого хода n_{no} .

Всерезимный регулятор частоты вращения Тип RQUV

Конструкция регулятора

Всерезимный регулятор частоты вращения типа RQUV используется при регулировании очень низких значений частоты вращения, которые имеют место в дизелях морских судов. Этот регулятор является модификацией регулятора RQV. Регулятор выпускается с различными значениями передаточного отношения между кулачковым валом ТНВД и валом регулятора (рис. 19). Передаточное отношение шарнирного рычага такое же, как и в регуляторе RQV, поэтому в этой модели регулятора также имеется пластина с фигурным вырезом (рис. 20).

Регулятор частоты вращения RQUV используется с ТНВД типов ZW, P9 и P10.

Эксплуатационные характеристики

Принцип работы и эксплуатационные характеристики регулятора RQUV такие же, как и регулятора RQV, за исключением функции пусковой подачи топлива.

18 Всережимный регулятор типа RQUV на режимах полной нагрузки, пуска двигателя и регулирования максимального скоростного режима



19 Всережимный регулятор типа RQUV

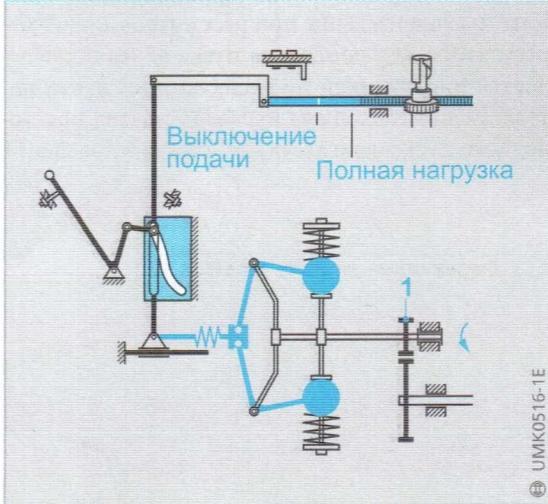


Рис. 19
1 Повышающая шестеренчатая передача

20 Всережимный регулятор типа RQUV (продольный разрез)

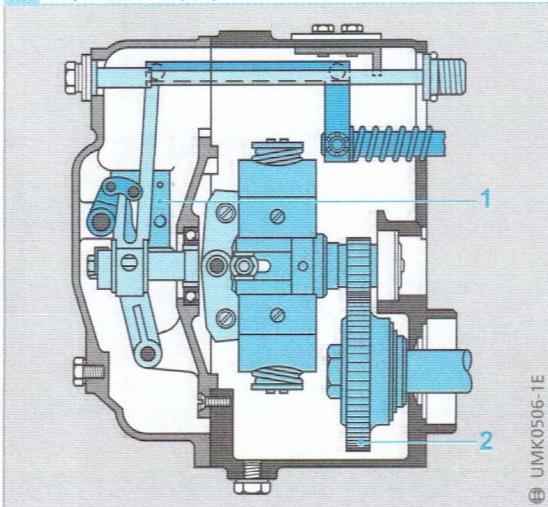


Рис. 20
1 Пластина с фигурным вырезом
2 Повышающая шестеренчатая передача

Всережимный регулятор частоты вращения Тип RQV..K

Конструкция регулятора

Регулятор частоты вращения RQV..K (рис. 21 и рис. 22) имеет по существу такой же чувствительный элемент, как и в регуляторе RQV, с рабочими пружинами, установленными внутри центробежных грузов регулятора. Основное отличие заключается в реализации функции корректирования крутящего момента. В то время, как во всех других регуляторах процесс корректирования заключается в уменьшении подачи топлива при увеличении частоты вращения на участке корректирования по внешней скоростной характеристике, регулятор RQV..K может как увеличивать, так и уменьшать подачу топлива на режиме полной нагрузки.

Пуск двигателя

Как отмечалось выше при рассмотрении работы регулятора RQ, процедура пуска дизеля определяется инструкцией по эксплуатации изготовителя. Если необходима пусковая подача при холодном пуске двигателя, то рычаг управления

должен быть установлен в положение максимального режима (рис. 23).

При этом балансир 6 поворачивается и скользит под упором полной нагрузки, в результате чего рейка ТНВД перемещается в положение пусковой подачи топлива A_1 (рис. 26). В ТНВД имеется упор рейки для ограничения пусковой подачи. При включении стартера ТНВД подаёт к форсунке и затем в камеру сгорания необходимое для пуска двигателя количество топлива. В регуляторе типа RQV..K величина пусковой подачи может изменяться в зависимости от температуры посредством зависящего от температуры регулируемого упора.

Эксплуатационные характеристики

Минимальная частота вращения холостого хода (рис. 24)

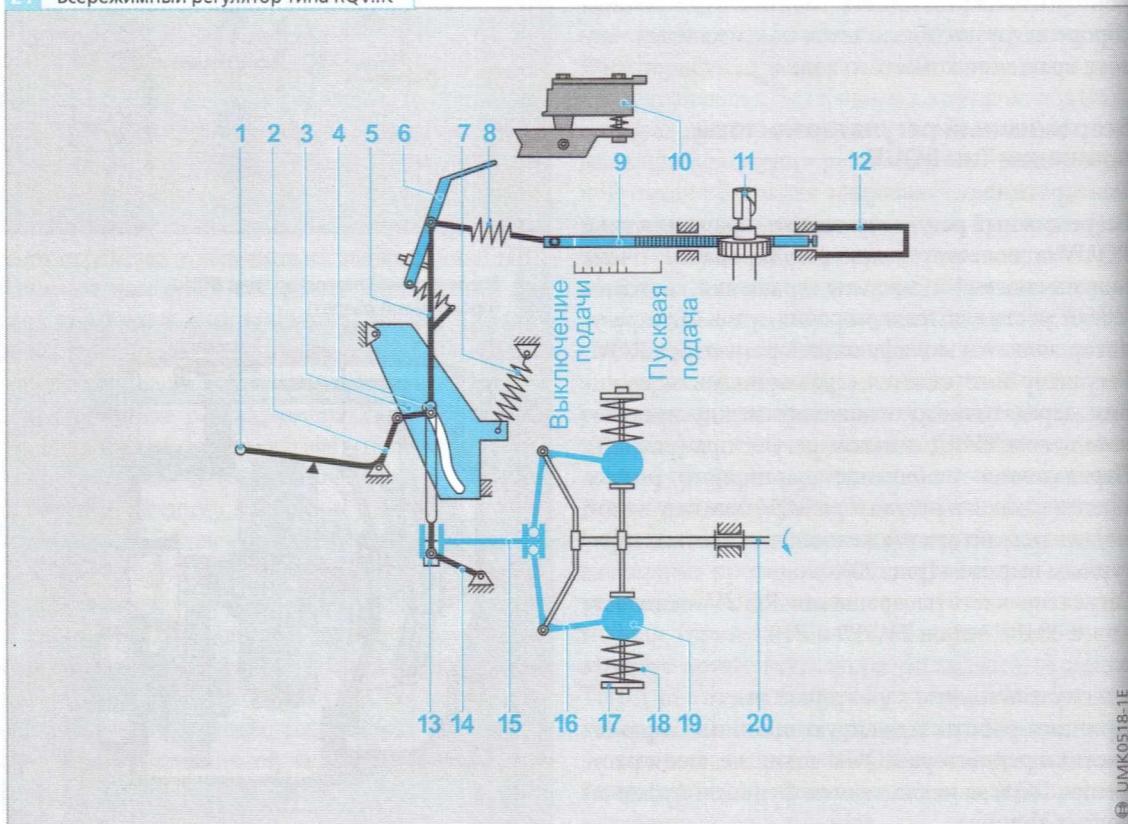
Сразу после пуска двигателя рычаг управления возвращается в положение минимального режима холостого хода.

Подпружиненный балансир затем скользит обратно под упором полной нагрузки и в результате возвращается в положение минимального режима холостого хода, а двигатель работает на минимальной частоте вращения холостого хода.

2.1 Всережимный регулятор типа RQV..K

Рис. 21

- 1 Рычаг управления
- 2 Соединительный рычаг
- 3 Пластина с фигурным вырезом
- 4 Шарнир кулисы
- 5 Шарнирный рычаг
- 6 Балансир
- 7 Возвратная пружина пластины
- 8 Подпружиненная тяга
- 9 Рейка ТНВД
- 10 Упор полной нагрузки
- 11 Плунжер ТНВД
- 12 Упор (ограничитель) пусковой подачи
- 13 Ползун
- 14 Направляющий рычаг
- 15 Скользящий болт
- 16 Серьга
- 17 Регулировочная гайка
- 18 Рабочая пружина регулятора
- 19 Центробежный груз
- 20 Кулачковый вал ТНВД



22 Всережимный регулятор типа RQV..K

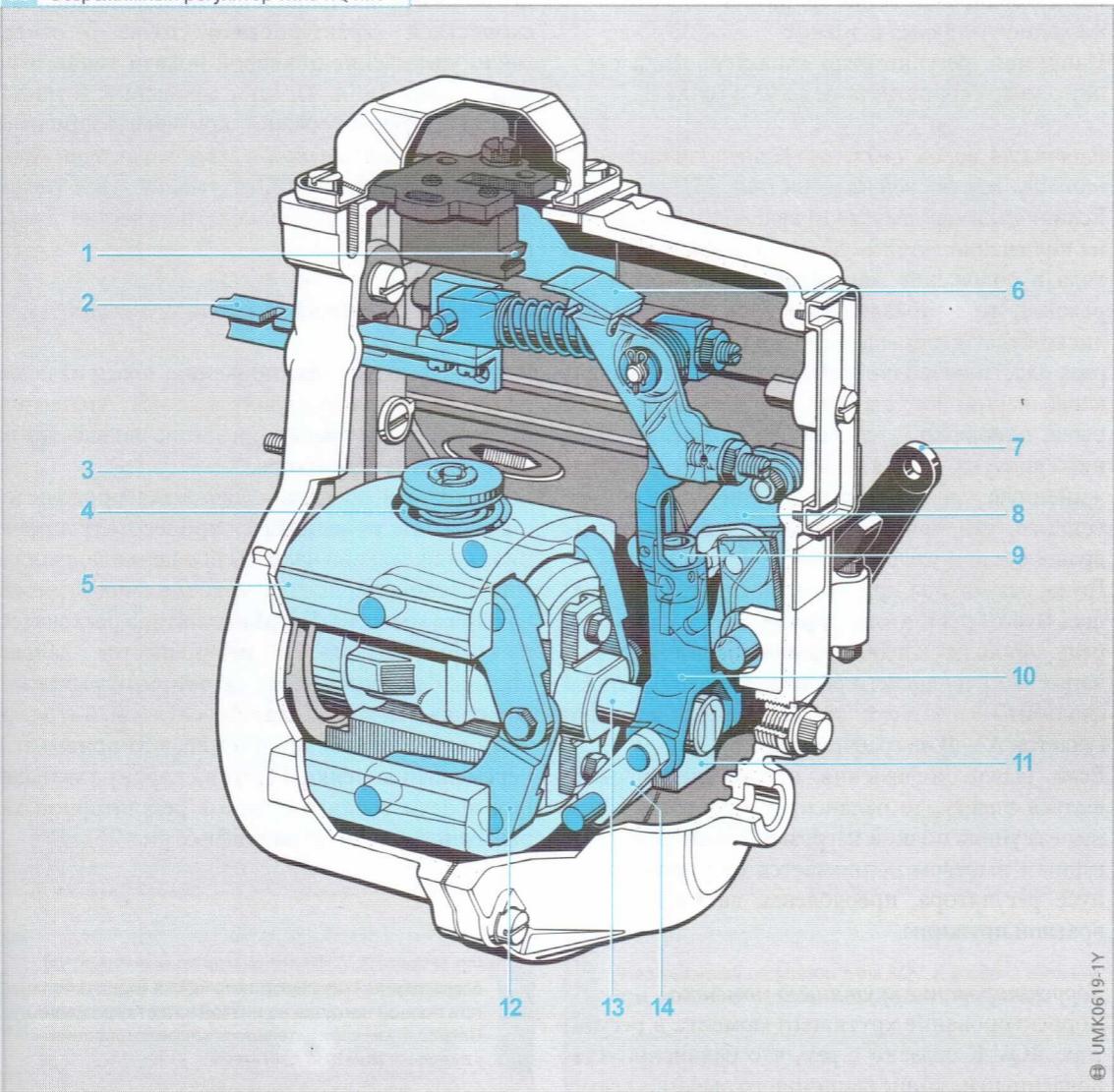
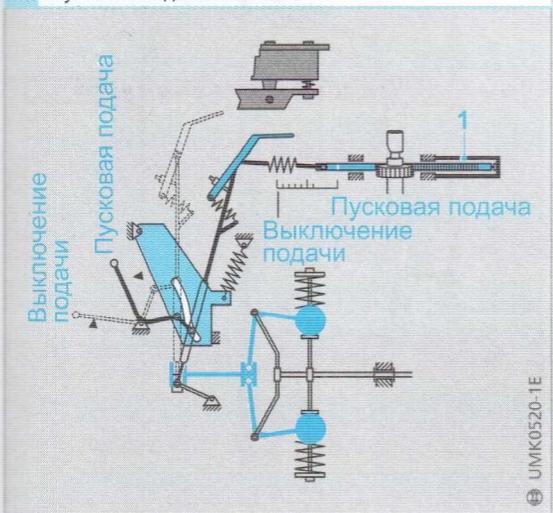


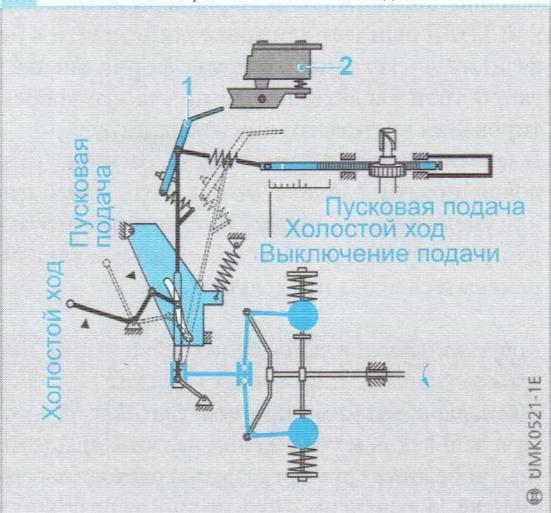
Рис. 22
 1 Упор полной нагрузки с направляющей прорезью
 2 Рейка ТНВД
 3 Регулировочная гайка
 4 Рабочие пружины регулятора
 5 Центробежный груз
 6 Балансир
 7 Рычаг управления
 8 Пластина с фигурным вырезом
 9 Направляющий блок
 10 Шарнирный рычаг
 11 Ползун
 12 Серьга
 13 Скользящий болт
 14 Направляющий рычаг

23 Всережимный регулятор типа RQV..K в положении пусковой подачи топлива



UMK0520-1E

24 Всережимный регулятор типа RQV..K в положении минимального режима холостого хода



UMK0521-1E

Рис. 23
 1 Ограничитель пусковой подачи

Рис. 24
 1 Балансир
 2 Регулируемый упор полной нагрузки с направляющей прорезью

Регулирование частоты вращения на промежуточных режимах

Например, регуляторная характеристика регулируемого скоростного режима в точке В.

Работа на малой частоте вращения и подача топлива при полной нагрузке (рис. 25)

Если, например, рычаг управления переместить из положения минимального режима холостого хода в положение максимального скоростного режима, то направляющий блок (шарнир кулисы) будет перемещаться вдоль фигурного выреза пластины и одновременно вниз в направляющей шарнирного рычага. При этом шарнирный рычаг поворачивается направо вокруг оси шарнира ползуна, толкая рейку ТНВД через подпружиненную тягу в сторону увеличения подачи топлива, что приводит к увеличению частоты вращения двигателя.

Грузы регулятора при этом расходятся, перемещая муфту регулятора вправо. Это, в свою очередь, приводит к перемещению шарнирного рычага и направляющего рычага так, что балансир скользит по вырезу упора полной нагрузки (участок А — В на графике рис. 26).

Если рычаг управления продолжает перемещаться вперед, то балансир упирается в конец выреза упора полной нагрузки, и пластина с фигурным вырезом поднимается от упора в корпусе регулятора, преодолевая натяжение возвратной пружины.

Корректирование крутящего момента

Корректирование крутящего момента в регуляторе RQV..К связано с тем, что балансир, установленный на конце шарнирного рычага, следует по вырезу в упоре полной нагрузки, что отражает потребность двигателя в цикловой подаче топлива. Тяга между шарнирным рычагом и рейкой ТНВД передаёт движение последней, и в результате достигается желаемая форма внешней скоростной характеристики на участке корректирования крутящего момента двигателя.

В зависимости от формы выреза, величина цикловой подачи топлива может быть увеличена или уменьшена, поскольку упор полной нагрузки для регулирования цикловой подачи может перемещаться вдоль продольной оси.

Корректирование топливоподачи на промежуточных скоростных режимах при полной нагрузке двигателя (рис. 27)

При дальнейшем увеличении частоты вращения центробежные грузы регулятора расходятся ещё больше, и балансир скользит по вырезу упора

полной нагрузки. До максимума кривой внешней скоростной характеристики (точка В) имеет место увеличение цикловой подачи топлива по мере повышения частоты вращения (отрицательное корректирование крутящего момента), после чего, на правой ветви характеристики, цикловая подача начинает уменьшаться (положительное корректирование на участке В — С, рис. 26).

Режим максимальной частоты вращения (рис. 28)

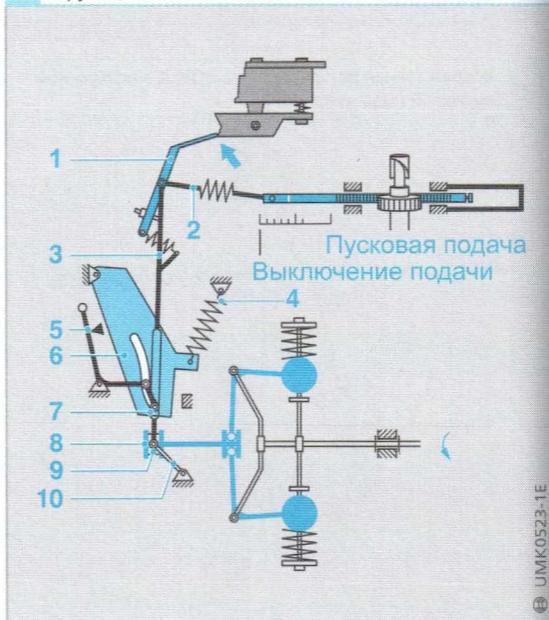
В конце фазы корректирования, перед началом процесса регулирования частоты вращения, пластина с фигурным вырезом возвращается на упор корпуса регулятора.

Если частота вращения двигателя продолжает повышаться, то начинается процесс регулирования максимальной частоты вращения по регуляторной характеристике максимального (номинального) режима. Грузы регулятора расходятся, и муфта регулятора перемещается дальше вправо. Соответственно, шарнирный рычаг поворачивается вокруг шарнира кулисы, и его верхний конец отклоняется влево, что приводит к перемещению рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива (участок регуляторной характеристики С — D на графике рис. 26).

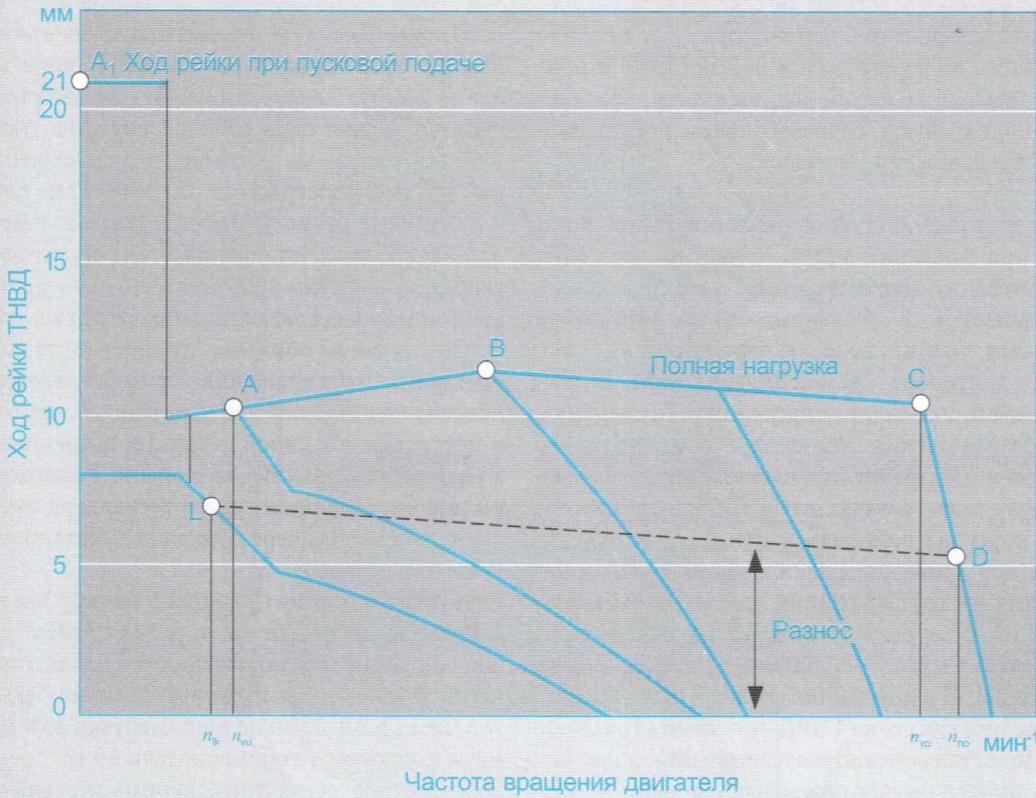
Рис. 25

- 1 Балансир
- 2 Подпружиненная тяга рейки
- 3 Шарнирный рычаг
- 4 Возвратная пружина
- 5 Рычаг управления
- 6 Пластина с фигурным вырезом
- 7 Направляющий блок (шарнир кулисы)
- 8 Скользящая муфта регулятора
- 9 Ползун
- 10 Направляющий рычаг

25 Всережимный регулятор типа RQV..К (подача топлива при полной нагрузке на низкой частоте вращения). Начало фазы отрицательного корректирования крутящего момента двигателя

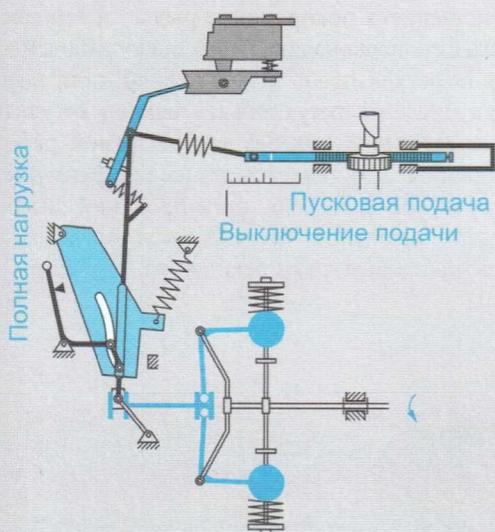


26 График внешней скоростной характеристики и регуляторных характеристик всережимного регулятора типа RQV..K



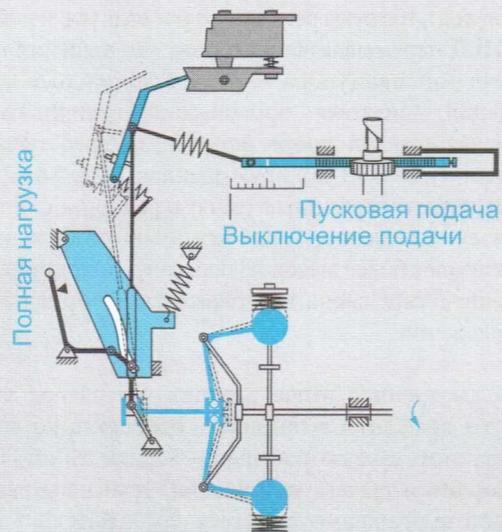
UMK0522-1E

27 Всережимный регулятор типа RQV..K (подача топлива при полной нагрузке в области промежуточных скоростных режимов).



UMK0524-1E

28 Всережимный регулятор типа RQV..K (подача топлива при полной нагрузке на номинальном режиме).



UMK0525-1E

Рис. 27
Максимум кривой внешней скоростной характеристики

Рис. 28
Конец фазы положительного корректирования, пунктирная кривая соответствует значениям частот вращения холостого хода различных регулируемых скоростных режимов

Таким образом, в нормальных эксплуатационных условиях каждому положению рычага управления соответствует определённый регулируемый скоростной режим, при условии, что двигатель не перегружен и не имеет места принудительный холостой ход, например, при движении под уклон с превышением допустимой частоты вращения («разнос»).

Если нагрузка двигателя увеличивается, например, при движении в гору, то частота вращения двигателя и, соответственно, вала регулятора уменьшается. В результате грузы регулятора сходятся, что приводит к перемещению рейки ТНВД в сторону увеличения цикловой подачи топлива и позволяет поддерживать постоянную частоту вращения двигателя в соответствии с положением рычага управления (педали акселератора). Если, однако, нагрузка (соответствующая крутизне подъёма) оказывается такой, что даже при движении рейки к упору «полной нагрузки» частота вращения двигателя уменьшается, то грузы регулятора сходятся ещё больше, перемещая муфту регулятора и, следовательно, рейку ТНВД в положение «полной нагрузки». После того как рейка ТНВД оказывается на упоре и не может перемещаться дальше, нижний конец шарнирного рычага перемещается влево и, преодолевая сопротивление возвратной пружины, отводит пластину с фигурным вырезом от её упора.

При движении автомобиля на спуске (под уклон) имеет место обратная ситуация. Если частота вращения двигателя повышается из-за действия на него ведущих колёс (принудительный холостой ход), то грузы регулятора расходятся, и рейка ТНВД перемещается в сторону уменьшения подачи топлива (упора «стоп»). Если частота вращения двигателя продолжает увеличиваться (рейка уже на упоре «стоп»), то срабатывает (растягивается) подпружиненная тяга, которая соединяет шарнирный рычаг с рейкой. Если водитель применяет торможение автомобиля или включает более высокую передачу, то подпружиненная тяга снова возвращается в нормальное положение.

Рассмотренная выше реакция регулятора частоты вращения в принципе относится ко всем регулируемым скоростным режимам, то есть положениям рычага управления, если нагрузка и частота вращения двигателя изменяются по любой причине в такой степени, что рейка ТНВД оказывается на любом её конечном упоре.

Всережимный регулятор частоты вращения Тип RSV

Конструкция регулятора

Всережимный регулятор частоты вращения типа RSV по сравнению с регуляторами типа RQV имеет другую конструкцию. В этом регуляторе имеется только одна рабочая пружина с переменным наклоном, установленная вне центробежных грузов регулятора (позиция 12 на рис. 29 и позиция 16 на рис. 30). Когда посредством рычага управления устанавливается регулируемый скоростной режим двигателя, то положение и предварительная затяжка рабочей пружины изменяются таким образом, что при работе на выбранной частоте вращения устанавливается равновесие между силой затяжки рабочей пружины и центробежной силой грузов (приведёнными к муфте регулятора). Все изменения в положении рычага управления и грузов регулятора передаются рейке ТНВД через рычажный механизм регулятора.

Стартовая пружина (позиция 5 на рис. 30), прицепленная к верхней части рычага рейки, удерживает рейку 2 в положении пуска, автоматически устанавливая пусковую величину подачи топлива ТНВД. Упор полной нагрузки 20 и механизм корректора топливоподачи 19 встроены в конструкцию регулятора. Вспомогательная буферная пружина 17 и регулировочный винт 13, установленные в крышке корпуса регулятора, служат для стабилизации минимальной частоты вращения холостого хода.

Один конец рабочей пружины регулятора подсоединён к силовому рычагу 18, а другой - к коромыслу 8. Регулировочный винт 7 на коромысле позволяет изменять положение коромысла по отношению к поворотному рычагу и тем самым изменять первоначальную затяжку рабочей пружины регулятора и, следовательно, в определённых пределах регулировать наклон регуляторных характеристик без замены самой рабочей пружины. Это является одним из преимуществ регулятора RSV. Для регулирования высоких частот вращения используются более лёгкие центробежные грузы регулятора.

29 Всережимный регулятор типа RSV

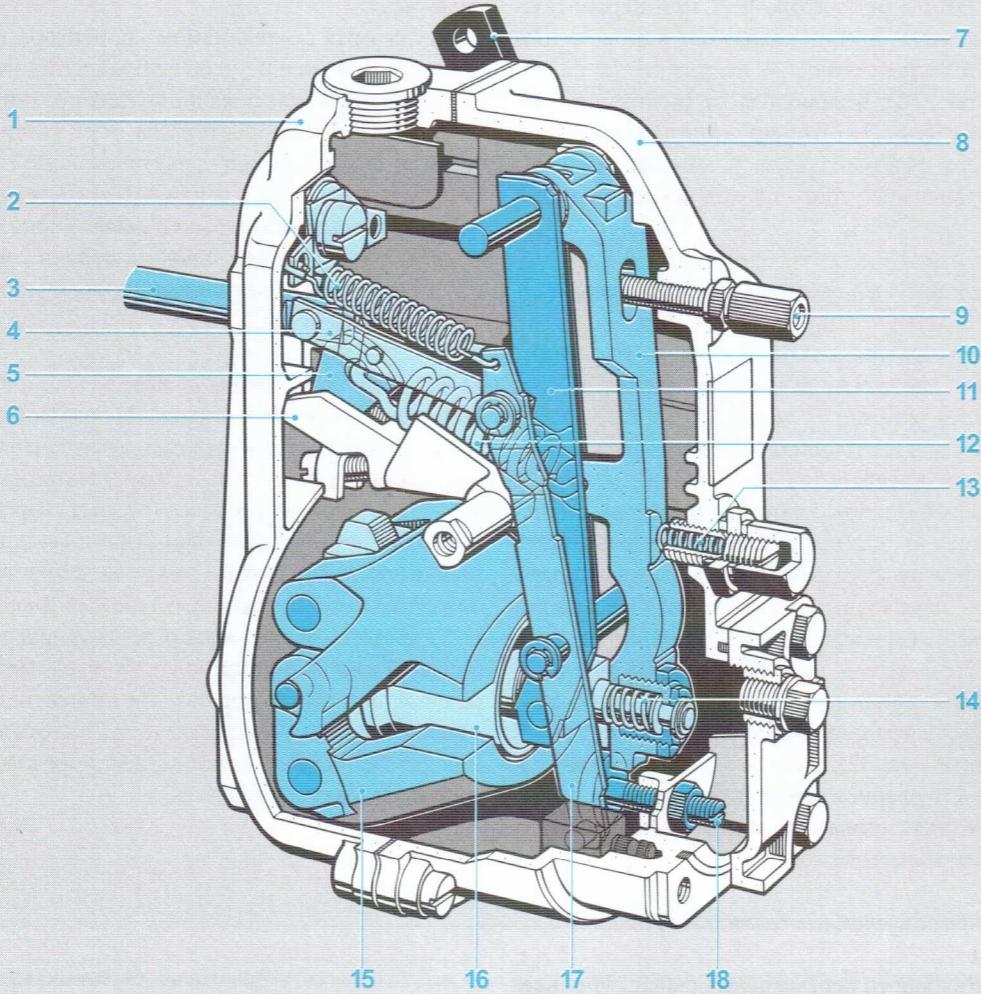


Рис. 29

- 1 Корпус регулятора
- 2 Стартовая пружина
- 3 Рейка ТНВД
- 4 Жёсткая тяга рейки
- 5 Коромысло
- 6 Поворотный рычаг
- 7 Рычаг управления
- 8 Крышка корпуса регулятора
- 9 Упор «стоп» (или минимального холостого хода)
- 10 Силовой рычаг
- 11 Направляющий рычаг
- 12 Рабочая пружина регулятора
- 13 Буферная пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 14 Пружина положительного корректора топливоподачи
- 15 Центробежный груз
- 16 Муфта регулятора
- 17 Рычаг рейки
- 18 Упор полной нагрузки

UMK0530-1Y

30 Всережимный регулятор типа RSV

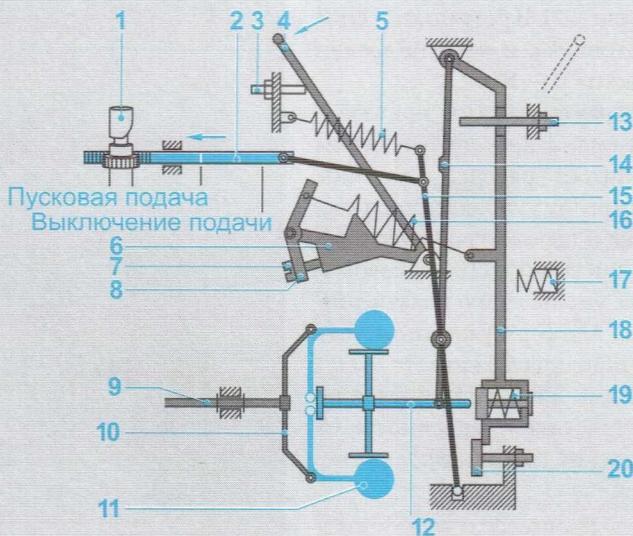


Рис. 30

- 1 Плунжер ТНВД
- 2 Рейка ТНВД
- 3 Упор максимального скоростного режима
- 4 Рычаг управления
- 5 Стартовая пружина
- 6 Поворотный рычаг
- 7 Регулировочный винт
- 8 Коромысло
- 9 Кулачковый вал ТНВД
- 10 Держатель грузов регулятора
- 11 Центробежный груз
- 12 Муфта регулятора
- 13 Упор «стоп»/минимального режима холостого хода
- 14 Направляющий рычаг
- 15 Рычаг рейки
- 16 Рабочая пружина регулятора
- 17 Буферная пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 18 Силовой рычаг
- 19 Пружина корректора
- 20 Упор полной нагрузки

UMK0528-1E

Пуск двигателя

Рейка ТНВД в регуляторе RSV при неработающем двигателе всегда находится в положении пусковой подачи (точка А на графике характеристик рис. 32), независимо от положения рычага управления. По этой причине для этого типа регулятора рекомендуется установка температурно-зависимого упора пусковой подачи ТАС.

Эксплуатационные характеристики

Минимальная частота вращения холостого хода (рис. 31)

Рычаг управления находится на упоре минимального режима холостого хода. Соответственно, рабочая пружина 3 регулятора находится почти в вертикальном положении при минимальной предварительной затяжке. Поэтому центробежные грузы начинают расходиться при очень низкой частоте вращения, в результате чего муфта регулятора 7 перемещается вправо вместе с направляющим рычагом. Последний поворачивает рычаг рейки 4 вправо, так что рейка ТНВД перемещается в сторону уменьшения подачи топлива, устанавливая минимальную частоту вращения холостого хода (точка L на графике рис. 32). Силовой рычаг 6 входит в контакт с буферной пружиной, которая помогает при регулировании минимальной частоты вращения холостого хода.

Малые промежуточные частоты вращения (рис. 33)

Даже небольшого перемещения рычага управления от положения минимального режима холостого хода достаточно для перевода рейки ТНВД из первоначального положения (точка L на рис. 32) в положение подачи топлива при полной нагрузке (точка В' на рис. 32). В результате ТНВД увеличивает подачу топлива, и частота вращения повышается (участок В' — В").

Как только центробежная сила грузов, приведённая к муфте регулятора, станет больше силы предварительной затяжки рабочей пружины при данной установке рычага управления, грузы регулятора расходятся и перемещают муфту регулятора, рычаг рейки и рейку ТНВД в положение, соответствующее уменьшению подачи топлива (точка С на рис. 32). В результате частота вращения двигателя либо поддерживается регулятором на этом режиме, либо регулируется по регуляторной характеристике в зависимости от эксплуатационных условий (нагрузки).

Рис. 31

- 1 Упор минимального режима холостого хода
- 2 Упор «стоп»
- 3 Рабочая пружина регулятора
- 4 Рычаг рейки
- 5 Буферная пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 6 Силовой рычаг
- 7 Муфта регулятора

Корректирование крутящего момента двигателя

В регуляторах с механизмом корректора топливopодачи как только рычаг управления переводится на упор максимального скоростного режима, пружина корректора по мере увеличения частоты вращения двигателя постоянно сжимается (участок D - E), а рейка ТНВД системой рычагов (направляющий рычаг, рычаг рейки) переводится в сторону уменьшения подачи топлива, в соответствии с условиями корректирования крутящего момента.

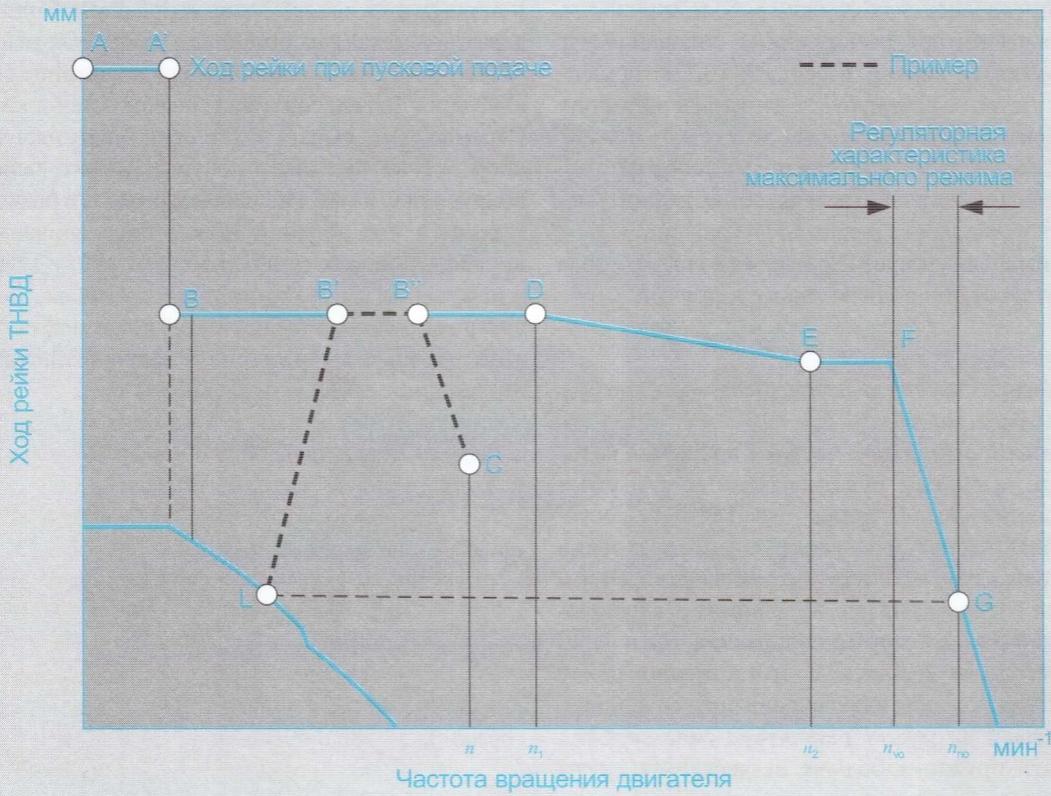
Максимальная частота вращения (рис. 34)

При установке рычага управления на упор максимального скоростного режима регулятор частоты вращения работает также как и на описанных выше промежуточных регулируемых скоростных режимах, при одном только отличии — поворотный рычаг поворачивает рабочую пружину регулятора в положение максимальной предварительной затяжки. Следовательно, рычаг управления с большей силой прижат к упору максимального режима и, соответственно, увеличивается сила, приложенная к муфте регулятора. Частота вращения двигателя увеличивается, центробежная сила грузов также увеличивается.

31 Всережимный регулятор типа RSV в положении минимальной частоты вращения холостого хода

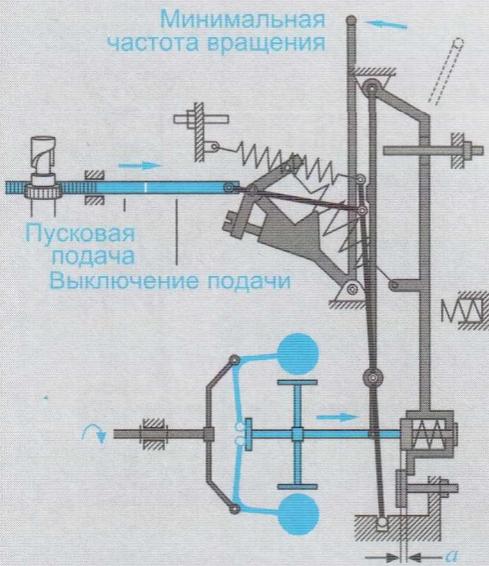


32 График внешней скоростной характеристики и регуляторных характеристик всережимного регулятора типа RSV



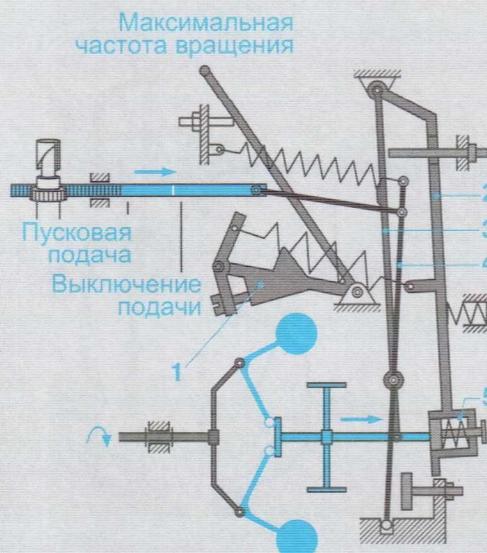
UMK0531-1E

33 Всережимный регулятор типа RSV (полная нагрузка на малой частоте вращения)



UMK0533-1E

34 Всережимный регулятор типа RSV (регулирование максимального скоростного режима — «полная нагрузка — полный сброс нагрузки»)



UMK0535-1E

Рис. 33
Начало фазы корректирования
а Ход корректора топливоподачи

Рис. 34
1 Поворотный рычаг
2 Силовой рычаг
3 Направляющий рычаг
4 Рычаг рейки
5 Пружина положительного корректора

После того как двигатель достигнет номинальной частоты вращения $n_{\text{во}}$, при дальнейшем её повышении центробежная сила грузов регулятора преодолеет силу затяжки рабочей пружины, муфта регулятора, рычаг рейки и силовой рычаг переместятся вправо, и рейка ТНВД, соединённая с рычагом рейки, будет двигаться в сторону уменьшения подачи топлива до тех пор, пока не будет достигнута цикловая подача, соответствующая новой нагрузке (регуляторная характеристика номинального режима F—G на рис. 32). Максимальная частота вращения холостого хода достигается при полном сбросе нагрузки.

Остановка двигателя

Остановка двигателя перемещением рычага управления (рис. 35)

Двигатели, регуляторы частоты вращения которых не оснащены предназначенным для этого устройством выключения подачи топлива, останавливаются путём перевода рычага управления на упор «стоп». При этом выступ на поворотном рычаге 1 (стрелка на рис. 35) упирается в направляющий рычаг, который поворачивается и перемещает рычаг рейки и, соответственно, рейку ТНВД в положение выключения подачи топлива. Поскольку на муфту регулятора сила затяжки рабочей пружины больше не действует, грузы регулятора сходятся.

Остановка двигателя с использованием специального устройства выключения подачи топлива (рис. 36)

В регуляторах, которые имеют предназначенный для этого механизм остановки двигателя, рейка ТНВД может быть установлена в положение выключения подачи топлива рычагом остановки 2. Перемещение рычага остановки двигателя на упор «стоп» вызывает поворот рычага рейки вокруг оси С на направляющем рычаге, в результате чего его верхний конец поворачивается вправо, и жёсткая тяга перемещает рейку ТНВД в положение выключения подачи топлива. Возвратная пружина (на рисунке не показана) после этого возвращает рычаг остановки в прежнее положение.

35 Всережимный регулятор типа RSV (остановка двигателя с использованием рычага управления)



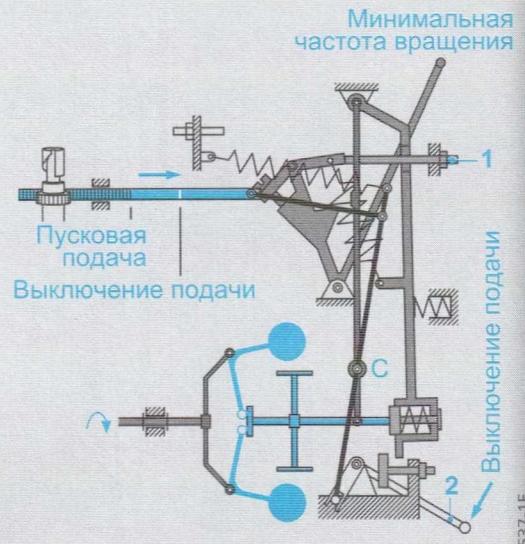
Рис. 35

- 1 Выступ на поворотном рычаге
- 2 Упор «стоп»

Рис. 36

- 1 Упор минимального режима холостого хода
- 2 Рычаг остановки двигателя

36 Всережимный регулятор типа RSV (остановка двигателя с использованием рычага остановки)



37 Всережимный регулятор типа RSUV

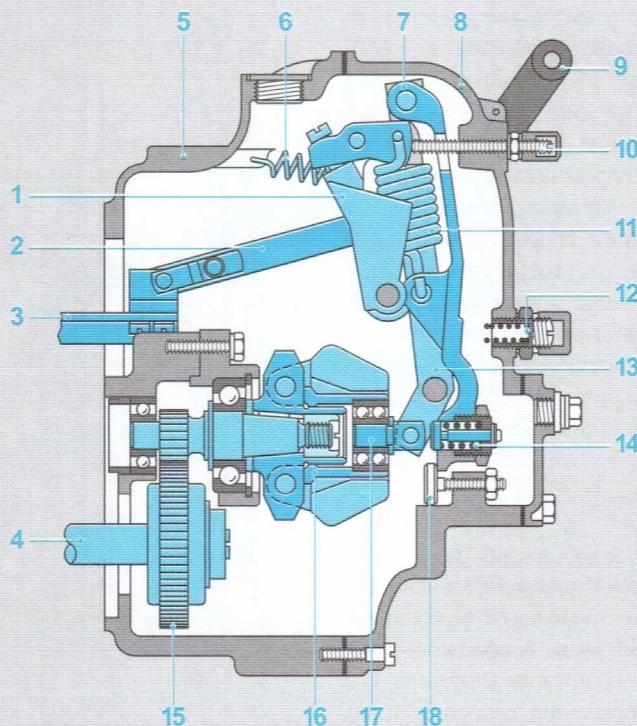
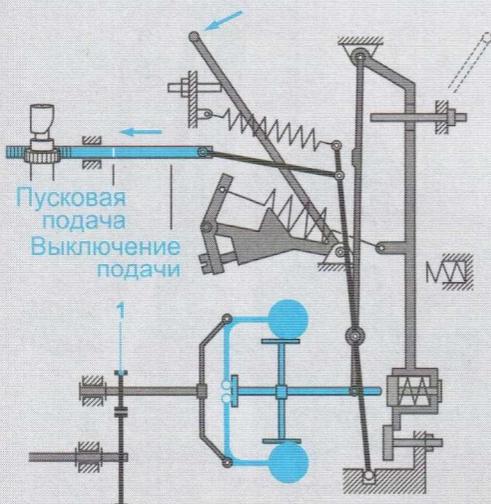


Рис. 37

- 1 Поворотный рычаг
- 2 Жёсткая тяга
- 3 Рейка ТНВД
- 4 Кулачковый вал ТНВД
- 5 Корпус регулятора
- 6 Стартовая пружина
- 7 Силовой рычаг
- 8 Крышка корпуса регулятора
- 9 Рычаг управления
- 10 Упор «стоп»/минимального режима холостого хода
- 11 Рабочая пружина регулятора
- 12 Вспомогательная буферная пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 13 Направляющий рычаг
- 14 Пружина корректора
- 15 Повышающая шестерённая передача
- 16 Муфта регулятора
- 17 Скользящий болт
- 18 Упор полной нагрузки

UMK0539-1Y

38 Всережимный регулятор типа RSUV в положении номинального режима



UMK0538-1E

Всережимный регулятор частоты вращения Тип RSUV

Конструкция регулятора

Всережимный регулятор частоты вращения типа RSUV используется в малооборотных двигателях, которые устанавливаются на морских судах. Они отличаются по конструкции от регуляторов типа RSV, в основном, из-за наличия повышающей шестерённой передачи между кулачковым валом ТНВД и валом регулятора (рис. 37). Распознаваемый набор значений передаточного отношения — Тип А 1:3, 1:2; Тип В 1:1,36; 1:1,86; Тип Z 1:2,2; 1:2,6.

Всережимные регуляторы частоты вращения типа RSUV используются в сочетании с рядными многоплунжерными ТНВД типа Р.

Эксплуатационные характеристики

Принцип работы и эксплуатационные характеристики регулятора RSUV аналогичны регулятору RSV.

На рис. 38 показана схема всережимного регулятора частоты вращения RSUV в положении номинального режима двигателя.

Рис. 38

- 1 Повышающая шестерённая передача

Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RS

Конструкция регулятора

Двухрежимный регулятор частоты вращения типа RS является модификацией регулятора типа RSV, однако если в регуляторе RSV рычаг управления действует на рабочую пружину, осуществляя переменную предварительную её затяжку при установке регулируемого скоростного режима, то в регуляторе RS рабочая пружина удерживается в положении максимального скоростного режима на регулируемом упоре в крышке регулятора. В регуляторе RS возможна также установка промежуточных скоростных режимов для транспортных средств с валом отбора мощности. Рычаг, подобный рычагу остановки двигателя в регуляторе RSV, в регуляторе RS выполняет функцию рычага управления (рис. 39).

Пуск двигателя

При пуске двигателя рычаг управления (позиция 12 на рис. 42) поворачивается в положение полной нагрузки. При этом рычаг управления через рычаг рейки 10 и направляющий рычаг 8, преодолевая сопротивление держателя 11 пружин (пружина 11.3 минимальной частоты вращения холостого хода), нажимает на скользящий болт 14, устанавливая рейку ТНВД в положение пусковой подачи топлива.

Эксплуатационные характеристики

Минимальная частота вращения холостого хода

Даже при небольшом повышении частоты вращения центробежные грузы регулятора расходятся, и скользящий болт (муфта регулятора) перемещается вместе с рычагом управления направо. Направляющий рычаг поворачивает рычаг рейки также направо, и рейка ТНВД перемещается в сторону уменьшения подачи топлива в положение L (график скоростных и регуляторных характеристик на рис. 41). В дополнение к этому, скользящий болт нажимает на держатель пружин, в котором располагаются пружина минимальной частоты вращения холостого хода и пружина корректора топливоподачи. Регулировочный винт (упор) и вспомогательная буферная пружина, имеющиеся в регуляторе RSV, в регуляторе RS отсутствуют.

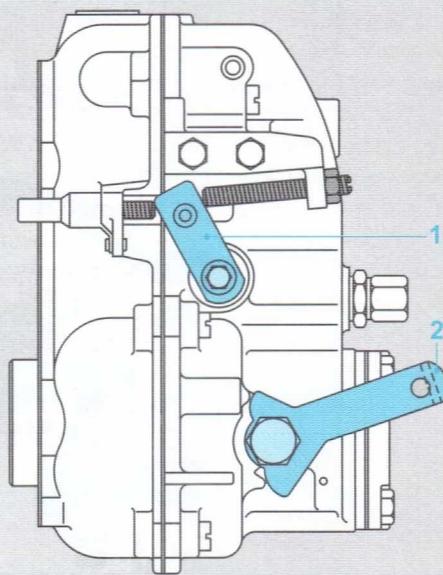
Максимальная частота вращения

Если частота вращения двигателя становится выше номинальной частоты вращения, то рейка ТНВД перемещается в сторону уменьшения подачи топлива, формируя регуляторную характеристику максимального режима (E—F на графике рис. 41). Максимальная частота вращения холостого хода достигается при полном сбросе нагрузки двигателя.

Рис. 39

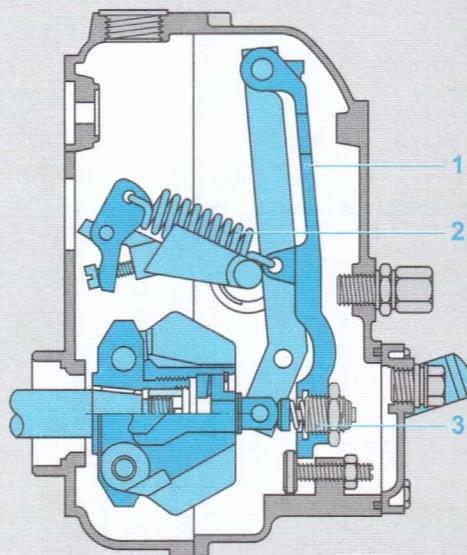
- 1 Регулировочный рычаг максимального и промежуточных скоростных режимов
- 2 Рычаг управления

39 Двухрежимный регулятор типа RS (внешний вид)



UMK0540-1Y

40 Двухрежимный регулятор типа RS (продольный разрез)



UMK0542-1Y

Рис. 40

- 1 Силовой рычаг
- 2 Рабочая пружина регулятора
- 3 Держатель пружин

41 График скоростных и регуляторных характеристик двухрежимного регулятора частоты вращения типа RS

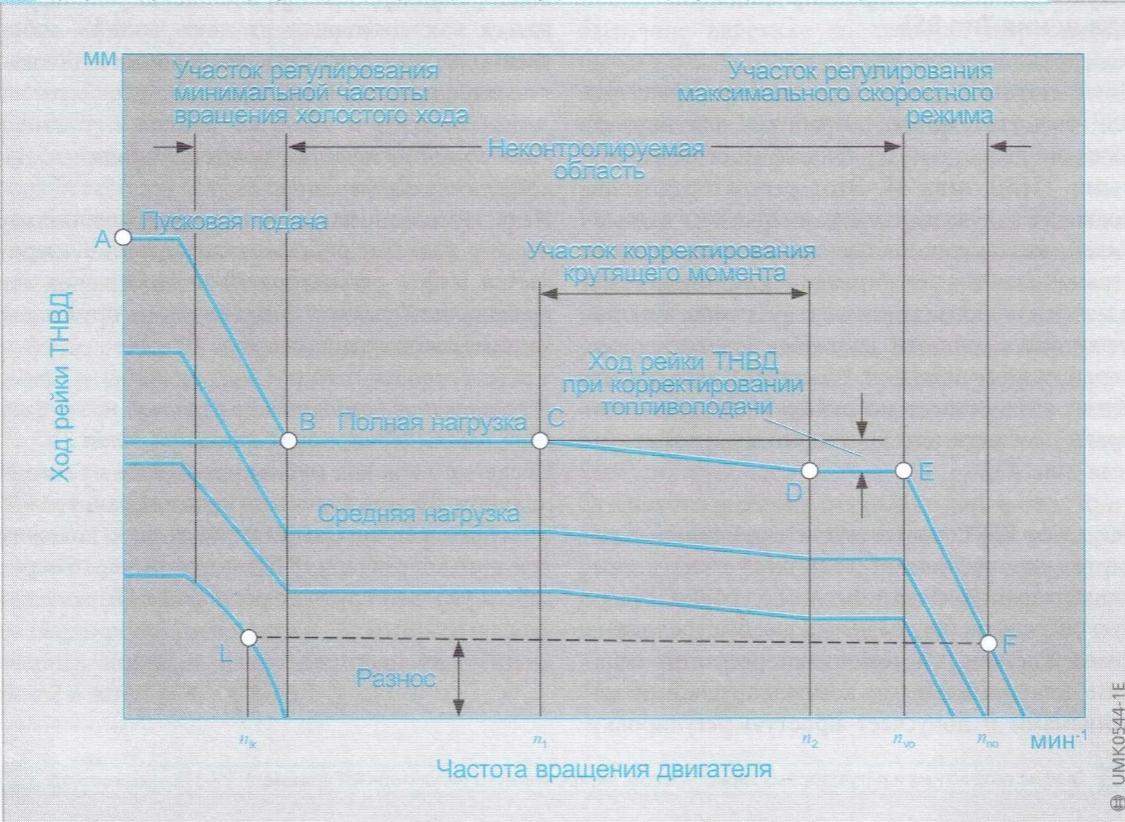


Рис. 42

- 1 Плунжер ТНВД
 - 2 Рейка ТНВД
 - 3 Жёсткая тяга рейки
 - 4 Рычаг рейки
 - 5 коромысло
 - 6 Регулировочный рычаг скоростных режимов
 - 7 Силовой рычаг
 - 8 Направляющий рычаг
 - 9 Рабочая пружина регулятора
 - 10 Рычаг рейки
 - 11 Держатель пружин
 - 11.1 Нажимной шток
 - 11.2 Пружина корректора
 - 11.3 Пружина минимальной частоты вращения холостого хода
 - 12 Рычаг управления
 - 13 Упор полной нагрузки
 - 14 Скользящий болт
 - 15 Кулачковый вал ТНВД
- a Ход пружины минимальной частоты вращения холостого хода

42 Двухрежимный регулятор типа RS в положении холодного пуска двигателя

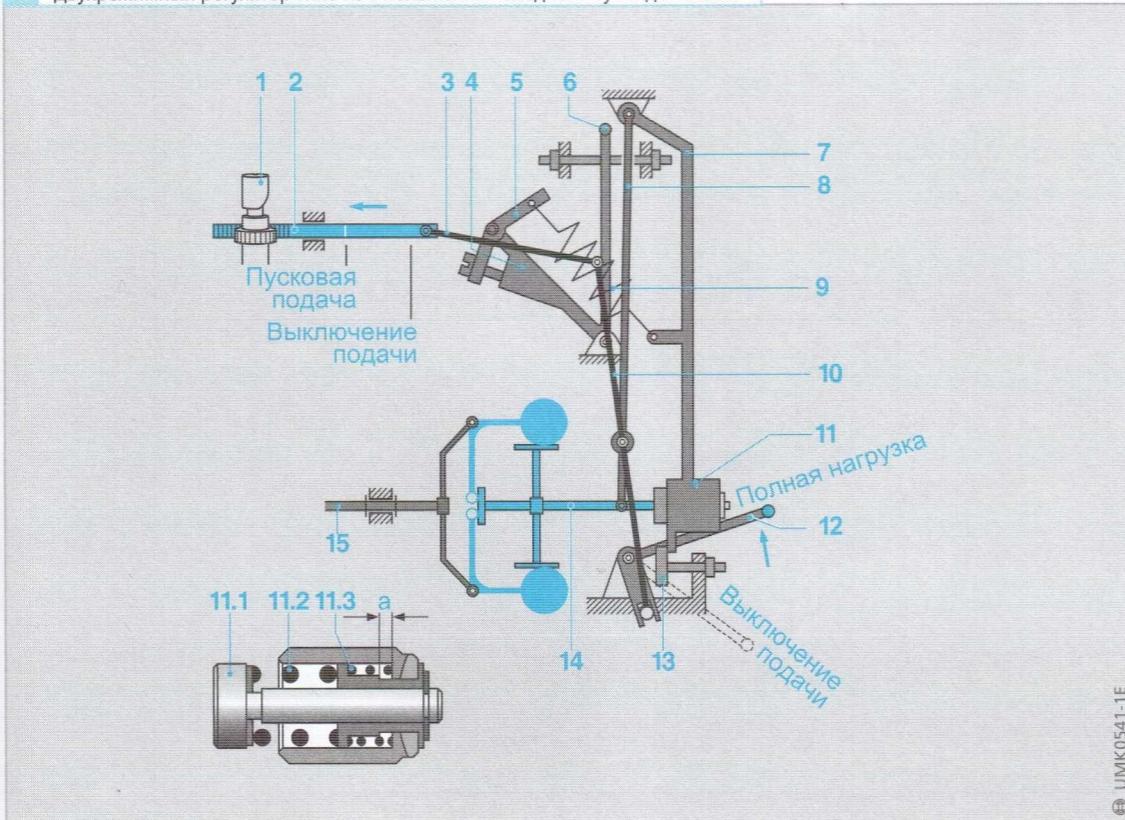


Рис. 43

- a Диапазон регулирования минимального скоростного режима (эффективный ход пружины холостого хода)
- b Расширенный диапазон холостого хода при отсутствии нагрузки и при частичной нагрузке (комбинированный эффективный ход пружины минимальной частоты вращения холостого хода и дополнительной пружины холостого хода)
- c Нерегулируемая область
- d Область корректирования крутящего момента (эффективный ход пружины положительного корректора)
- e Ход рейки ТНВД при корректировании
- f Диапазон регулирования максимальной частоты вращения
- g Регуляторная характеристика номинального режима
- h Начало хода дополнительной пружины частоты вращения холостого хода в сторону выключения подачи топлива
- S Положение рейки ТНВД при холодном пуске двигателя с полностью нажатой педалью акселератора
- S' Положение рейки ТНВД при пуске прогретого двигателя (педаль акселератора не нажата)
- L Положение рейки при минимальной частоте вращения холостого хода
- O Максимальная частота вращения холостого хода (номинального режима)
- n_{lu} Минимальная частота вращения холостого хода
- n_{no} Максимальная частота вращения холостого хода

Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RSF

Конструкция регулятора

Двухрежимный регулятор частоты вращения RSF был специально разработан для автомобильных двигателей с рядными многоплунжерными ТНВД типа М. Этот регулятор хорошо подходит для легковых и коммерческих автомобилей, эксплуатационные требования которых ограничиваются регулированием минимального и максимального скоростных режимов, а в промежуточной области двигатель находится под управлением водителя, который непосредственно воздействует на рейку ТНВД для установки необходимого крутящего момента двигателя (рис. 43).

Регулятор RSF соответствует современным стандартам управления и обеспечивает эксплуатационные характеристики высокого уровня. В первую очередь он предназначен для быстроходных дизелей легковых автомобилей, регулятор оснащён дополнительными компенсирующими механизмами и допускает простую регулировку.

Конструкция регулятора RSF может рассматриваться как состоящая из двух частей — собственно регулятор частоты вращения и исполнительный механизм (рис. 44).

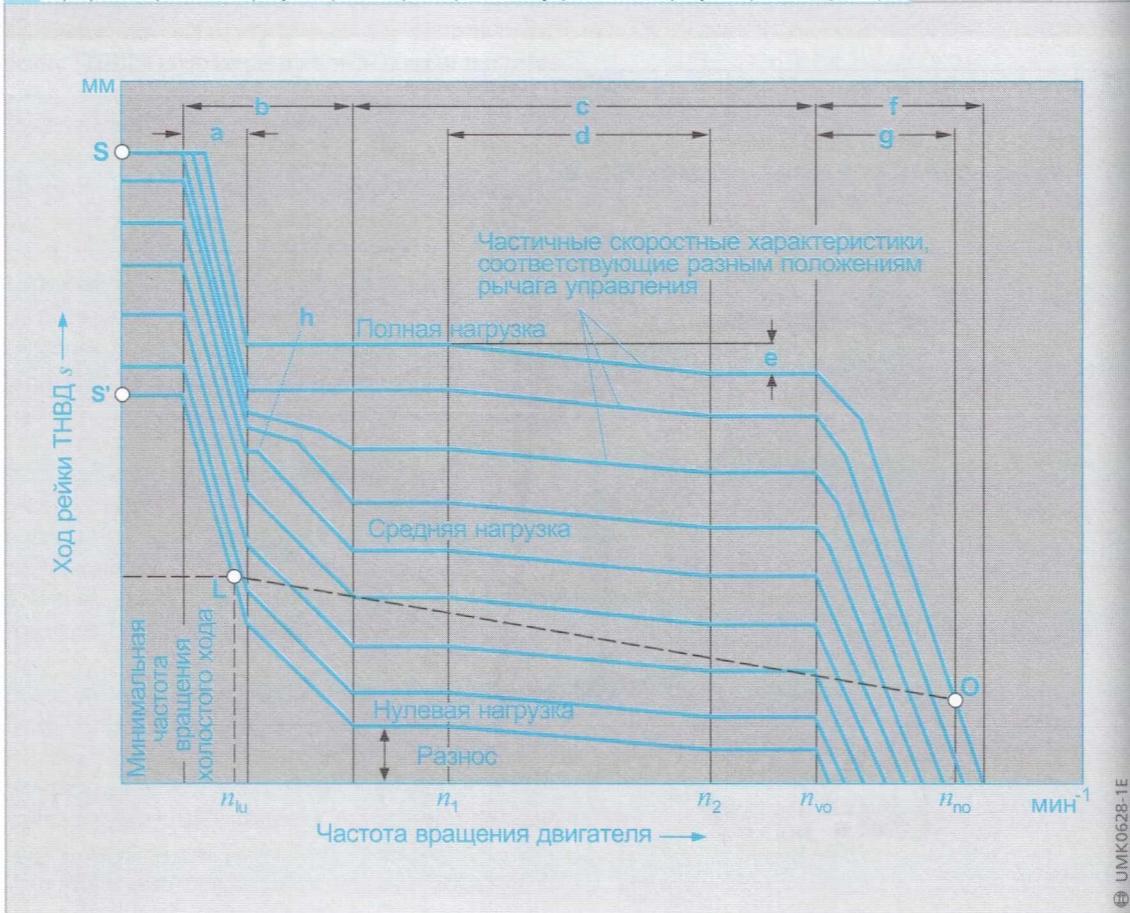
Режим минимальной частоты вращения холостого хода (этап 1)

На режиме минимальной частоты вращения холостого хода центробежная сила грузов 22 передаётся муфте регулятора 20 и далее через направляющий рычаг 9 пластинчатым пружинам минимального холостого хода 12 и 14.

Регулирование номинального режима (максимальной частоты вращения, этап 2)

После того как ход муфты регулятора на минимальном режиме холостого хода выбран, усилие от муфты регулятора 20 через корпус положительного корректора 18 и силовой рычаг 16 передаётся рабочей пружине регулятора 17.

43 График скоростных и регуляторных характеристик двухрежимного регулятора RSF (пример)



Когда центробежные грузы регулятора расходятся, муфта регулятора перемещается вдоль оси. За исключением режимов минимальной частоты вращения холостого хода, корректирования при полной нагрузке и регулирования максимальной частоты вращения муфта регулятора остаётся в стационарном положении, а величина необходимой цикловой подачи топлива устанавливается перемещением рычага управления исполнительного механизма.

В точке В направляющий рычаг 9 соединён с муфтой регулятора, при этом направляющий рычаг и силовой рычаг могут поворачиваться вокруг оси А.

Исполнительный механизм

Требуемая частота вращения двигателя устанавливается посредством рычага управления 6, который через внутренний рычаг управления 5 и возвратный поворотный рычаг 11 воздействует на шарнирный рычаг рейки 13, который в свою очередь передаёт движение подпружиненной тяге 2 и затем рейке 4 ТНВД.

Подпружиненная тяга рейки компенсирует избыточное действие со стороны шарнирного рычага рейки. Возвратный поворотный рычаг вместе с направляющим рычагом в точке В соединяются с муфтой регулятора, а также посредством штифта с шарнирным рычагом рейки 13.

Нижняя точка опоры шарнирного рычага рейки может быть передвинута регулировочным винтом номинальной подачи топлива 19 с целью изменения количества впрыскиваемого топлива на режиме полной нагрузки. Этот упор действует так же, как пружинный буфер шарнирного рычага рейки, который компенсирует избыточный ход муфты регулятора в случае «разноса» двигателя.

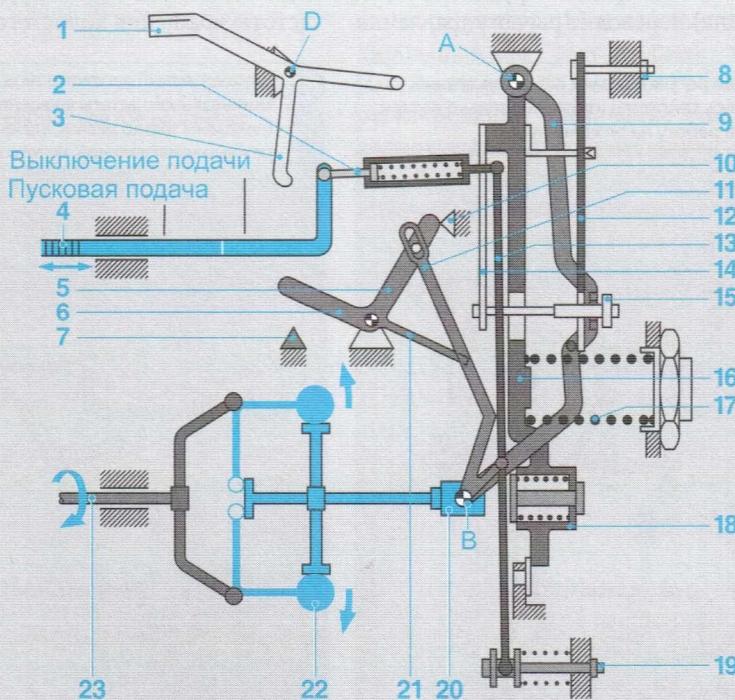
Ось поворота рычага остановки двигателя 1 проходит через корпус регулятора. При повороте рычага остановки 1 плечо рычага 3 перемещает рейку ТНВД в положение нулевой подачи топлива.

- ☉ $n_{\text{но}}$ Номинальная частота вращения (полная нагрузка)
- n_1 Частота вращения двигателя в начале процесса корректирования
- n_2 Частота вращения двигателя в конце процесса корректирования

Рис. 44

- 1 Рычаг остановки
- 2 Подпружиненная тяга рейки
- 3 Плечо рычага остановки
- 4 Рейка ТНВД
- 5 Внутренний рычаг управления
- 6 Наружный рычаг управления
- 7 Упор полной нагрузки
- 8 Регулировочный винт минимальной частоты вращения холостого хода
- 9 Направляющий рычаг
- 10 Упор минимального скоростного режима
- 11 Возвратный поворотный рычаг
- 12 Пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 13 Шарнирный рычаг рейки ТНВД
- 14 дополнительная пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 15 Регулировочный винт дополнительной пружины минимальной частоты вращения холостого хода
- 16 Силовой рычаг
- 17 Рабочая пружина регулятора
- 18 Корпус пружины корректора
- 19 Регулировочный винт номинальной подачи топлива (полной нагрузки)
- 20 Муфта регулятора
- 21 Подвижный упор дополнительной пружины холостого хода
- 22 Центробежный груз
- 23 Кулачковый вал ТНВД

44 Двухрежимный регулятор типа RSF



Пуск двигателя

Необходимые регулировки для пуска двигателя устанавливаются его изготовителем. Как правило, пуск двигателя может осуществляться без нажатия на педаль акселератора. Только при холодном пуске двигателя и при отрицательных температурах окружающей среды рычаг управления 6 устанавливается на жёсткий упор 7 полной нагрузки на корпусе регулятора, что соответствует полному нажатию на педаль акселератора (рис. 45). Возвратный поворотный рычаг 11 поворачивается при этом вокруг оси В, поворачивая шарнирный рычаг рейки 13 в сторону установки пусковой подачи топлива. В результате рейка ТНВД 4 перемещается в положение требующегося для пуска двигателя количества топлива. Быстрая реализация регуляторных характеристик после пуска двигателя имеет место при установке рычага управления на упор полной нагрузки. В этом случае дополнительная пружина минимального режима холостого хода 14 отводится от направляющего рычага 9 подвижным упором 21 этой пружины на рычаге управления.

Эксплуатационные характеристики

Минимальная частота вращения холостого хода (рис. 46)

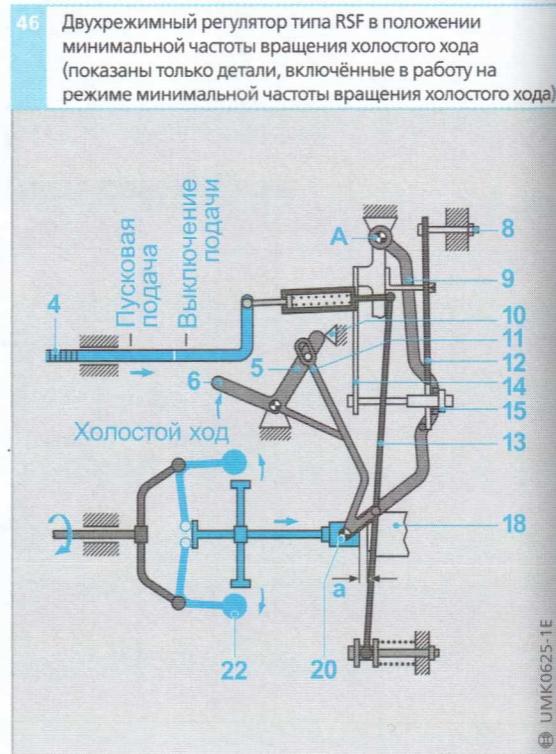
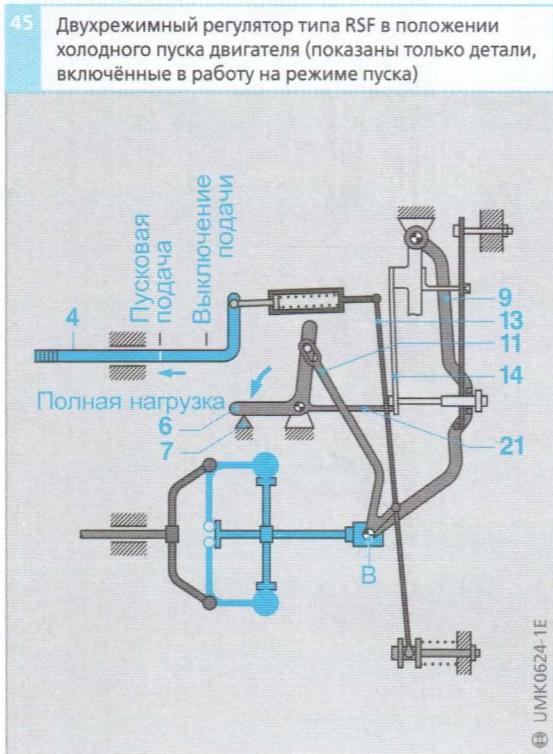
Как только после пуска двигателя педаль акселератора отпускается, возвратная пружина (на рисунке не показана) переводит рычаг управления

6 обратно в положение минимального скоростного режима. Это означает, что плечо 5 рычага оказывается на упоре минимальной частоты вращения холостого хода.

По мере прогрева двигателя частота вращения является неустойчивой, постоянно изменяясь в диапазоне регулирования минимального скоростного режима «а», и в конечном итоге устанавливается на постоянной минимальной частоте вращения холостого хода в точке L регуляторной характеристики (рис. 43). При переходе к режиму минимальной частоты вращения холостого хода грузы регулятора 22 расходятся, и толкают муфту регулятора 20 вправо. Движение муфты регулятора через возвратный поворотный рычаг 11 и шарнирный рычаг рейки 13 передаётся рейке ТНВД 4, которая перемещается в сторону уменьшения подачи топлива. Движение муфты регулятора одновременно вызывает поворот направляющего рычага 9 относительно оси А и соответствующую деформацию пружины минимальной частоты вращения холостого хода 12, предварительное натяжение которой (и, следовательно, величина минимальной частоты вращения холостого хода) может устанавливаться регулировочным винтом 8. При некоторой величине частоты вращения направляющий рычаг входит в контакт с регулировочной гайкой дополнительной пружины минимальной частоты вращения холостого хода 14.

Рис. 45, 46

- 4 Рейка ТНВД
- 5 Внутренний рычаг управления
- 6 Рычаг управления
- 7 Упор полной нагрузки
- 8 Регулировочный винт минимальной частоты вращения холостого хода
- 9 Направляющий рычаг
- 10 Упор минимального скоростного режима
- 11 Возвратный поворотный рычаг
- 12 Пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 13 Шарнирный рычаг рейки
- 14 Дополнительная пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 15 Регулировочный винт дополнительной пружины минимальной частоты вращения холостого хода
- 18 Корпус пружины корректора
- 20 Муфта регулятора
- 21 Подвижный упор дополнительной пружины минимальной частоты вращения холостого хода
- 22 Центробежный груз



Промежуточные скоростные режимы

После выборки хода «а» регулирования минимальной частоты вращения холостого хода муфта регулятора 20 входит в контакт с упором пружины корректора в корпусе 18. В неконтролируемой области между минимальным режимом холостого хода и номинальным режимом центробежные грузы не изменяют своего положения до достижения номинальной частоты вращения, кроме небольшого хода при корректировании крутящего момента. В этой области скоростных режимов положение рейки ТНВД и, следовательно, количество впрыскиваемого топлива зависит от положения рычага управления 6, то есть от действий водителя, управляющего педалью акселератора (например, для увеличения скорости автомобиля или чтобы преодолеть подъём). При полном нажатии на педаль акселератора рейка ТНВД устанавливается в положение «полной нагрузки».

Корректирование крутящего момента

На участке корректирования крутящего момента, когда частота вращения двигателя становится больше n_1 , цикловая подача топлива начинает уменьшаться, потому что центробежная сила грузов, приведённая к муфте регулятора 20, становится больше силы затяжки пружины положительного корректора (в корпусе 18), последняя сжимается, и рейка ТНВД 4 перемещается в сторону уменьшения подачи, если частота вращения двигателя продолжает повышаться. После достижения частоты вращения n_2 процесс корректирования завершается. В конструкцию регулятора частоты вращения RSF вместе с положительным корректором может также включаться механизм для отрицательного корректирования крутящего момента. В этом случае положение рейки ТНВД контролируется комбинацией пружин.

Максимальная частота вращения холостого хода (рис. 47)

При полностью нажатой педали акселератора максимальное (на данном скоростном режиме) количество топлива продолжает впрыскиваться в двигатель до достижения номинальной частоты вращения n_{vo} . Если частота вращения двигателя продолжает увеличиваться, то центробежная сила грузов 22 становится достаточной для преодоления силы затяжки рабочей пружины регулятора 17, и начинается процесс регулирования по регуляторной характеристике максимального скоростного режима. В процессе регулирования увеличение частоты вращения сопровождается перемещением рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива. Момент начала действия регулятора зависит от величины предварительной затяжки рабочей пружины. Максимальная частота вращения холостого хода n_{no} достигается при полном сбросе нагрузки. Если двигатель входит в «разнос», например, при движении под уклон, когда коленчатый вал двигателя приводится во вращение ведущими колёсами автомобиля (принудительный холостой ход), то рейка ТНВД полностью выключает подачу топлива.

Остановка двигателя

При повороте рычага остановки двигателя 1 внутренний рычаг 3 перемещает рейку ТНВД 4 в положение выключения подачи топлива, в результате чего двигатель останавливается. Остановка двигателя может также осуществляться посредством клапана выключения с пневматическим управлением (см. раздел «Дополнительные регулировочные устройства»).

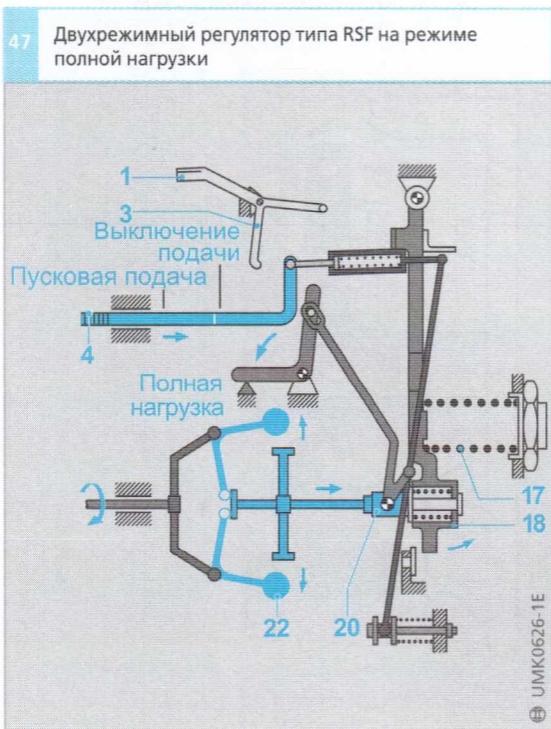


Рис. 47
(Показаны только детали, включенные в работу на режиме минимальной частоты вращения холостого хода)

- 1 Рычаг остановки двигателя
- 3 Внутренний рычаг выключения подачи
- 4 Рейка ТНВД
- 17 Рабочая пружина регулятора
- 18 Корпус пружины корректора
- 20 Муфта регулятора
- 22 Центробежный груз

Регулировочные устройства

Упоры рычага управления

На корпусе каждого регулятора частоты вращения имеются упоры максимального и минимального положений рычага управления. Если, например, водитель полностью нажимает на педаль акселератора, то рычаг управления упирается в регулировочный винт максимального скоростного режима, который позволяет осуществлять следующие регулировки:

- При повороте рычага управления изменяется цикловая подача двигателя с двухрежимным регулятором частоты вращения;
- В двигателе с всережимным регулятором частоты вращения устанавливается регулируемый скоростной режим.

Положение этого регулировочного винта устанавливается на заводе-изготовителе и пломбируется, а повреждение пломбы влечёт аннулирование гарантии изготовителя.

Другой регулировочный винт обычно используется для регулирования минимальной частоты вращения холостого хода.

Жёсткий упор

При жёстком упоре рычага управления (рис. 1) оборудование топливной системы должно включать в себя отдельное устройство для остановки двигателя.

Пружинный упор

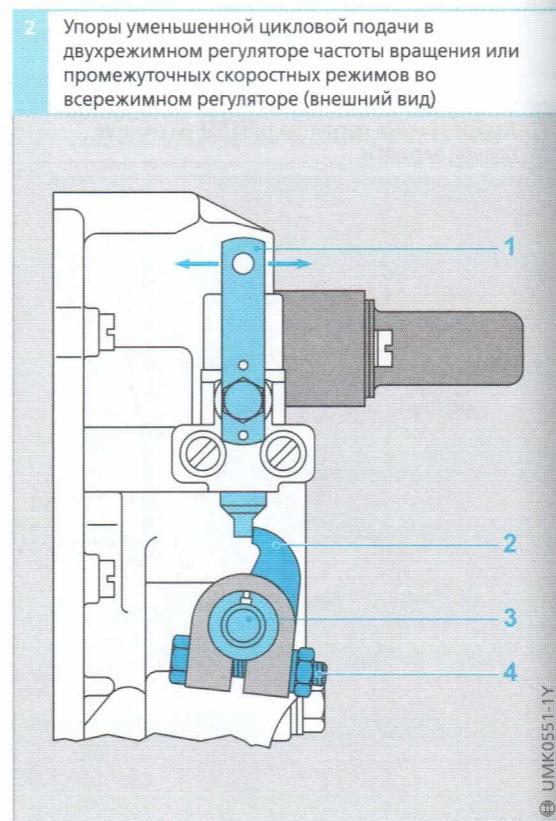
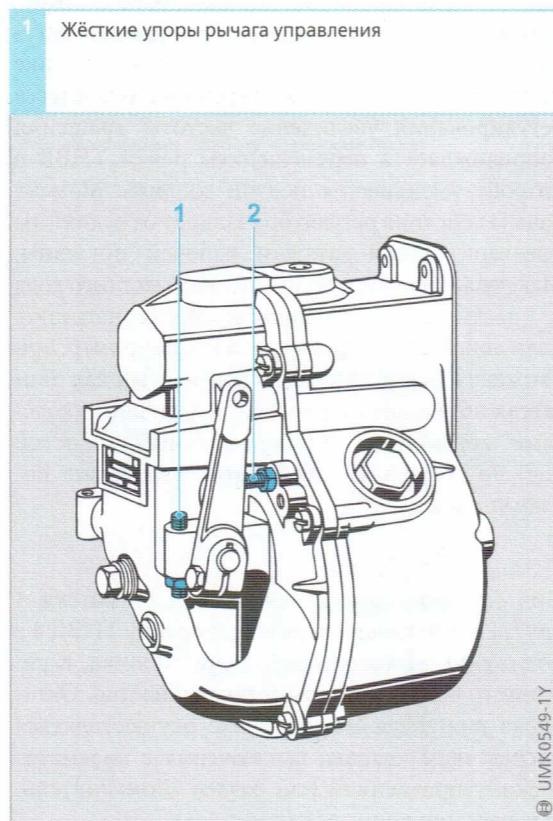
Если используется пружинный упор рычага управления (рис. 2 и 3), то остановка двигателя осуществляется нажатием рычагом управления на упор (после установки на упор) для преодоления силы сопротивления пружины.

Если необходимо, чтобы упор «минимум» мог быть настроен на выключение подачи, то в этом случае где-то на двигателе должен быть упор минимальной частоты вращения холостого хода.

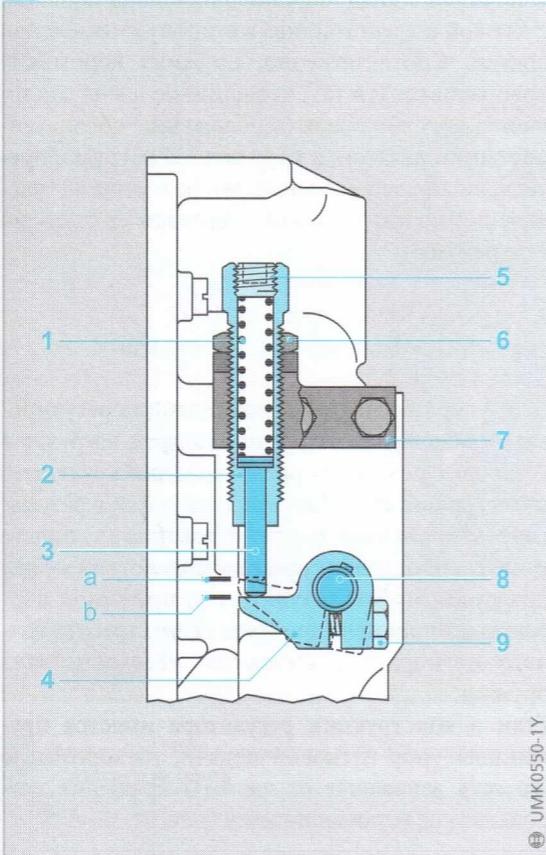
Упоры для промежуточных значений цикловой подачи топлива или частоты вращения двигателя

Упоры промежуточных положений рычага управления могут быть установлены как опция.

В зависимости от типа регулятора частоты вращения могут применяться или «упор уменьшенной цикловой подачи», или упор для установки пониженной частоты вращения номинального режима.

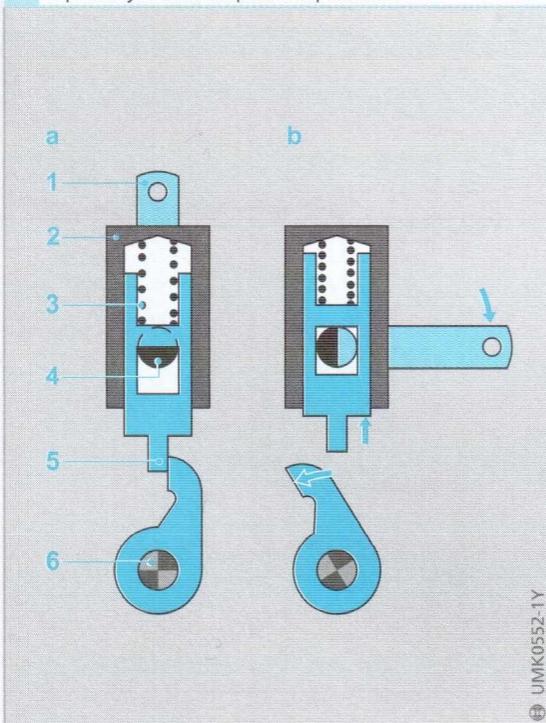


3 Пружинный упор рычага управления (регуляторы типов RQ и RQV)



UMK0550-1Y

4 Упоры для уменьшения цикловой подачи или промежуточных скоростных режимов



UMK0552-1Y

Упоры рейки ТНВД

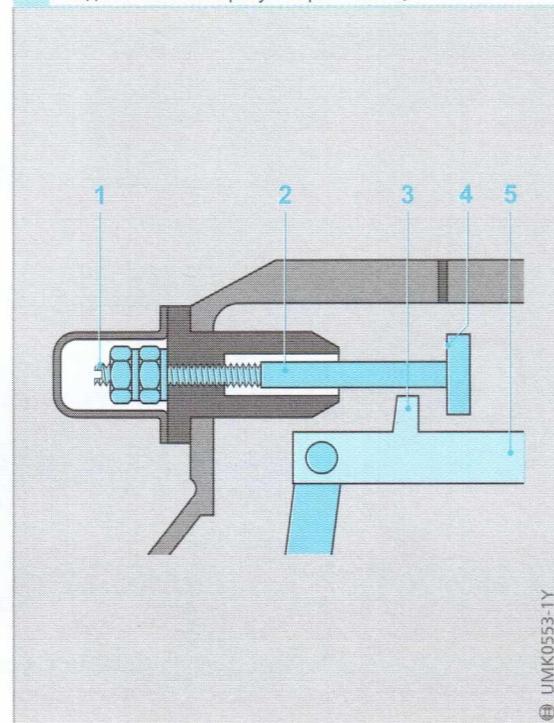
Кроме упоров минимальной частоты вращения холостого хода/ выключения подачи топлива и максимальной подачи топлива/максимальной частоты вращения, имеющихся в каждом регуляторе для ограничения поворота рычага управления, требуется специальный упор для ограничения хода рейки ТНВД при полной нагрузке или при холодном пуске двигателя.

Имеются также упоры полной нагрузки для выполнения специальных компенсирующих функций. Упоры рейки ТНВД могут устанавливаться в ТНВД или в регуляторе. Выбор возможных вариантов более детально описывается ниже.

Жёсткий упор пусковой подачи топлива

Жёсткий упор пусковой подачи топлива обычно используется в регуляторах типа RQ вместе с установочной функцией минимальной частоты вращения холостого хода (рис. 5). После пуска двигателя пусковая (избыточная) подача топлива убирается регулятором, чтобы исключить вредное её влияние (эмиссия дыма с ОГ).

5 Жёсткий упор рейки ТНВД для ограничения пусковой подачи топлива в регуляторе типа RQ



UMK0553-1Y

Рис. 3

- a Выключение подачи
- b Минимальная частота вращения холостого хода

- 1 Пружина
- 2 Резьбовая втулка
- 3 Шток
- 4 Рычаг остановки двигателя
- 5 Резьбовая заглушка
- 6 Контргайка
- 7 Фиксирующий кронштейн
- 8 Вал рычага управления
- 9 Зажимной болт

Рис. 4

- a Заблокирован
- b Отпущен

- 1 Рычаг
- 2 Корпус
- 3 Пружина
- 4 Переключающий кулачок
- 5 Штифт
- 6 Вал рычага управления

Рис. 5

- 1 Регулировочный винт пусковой подачи топлива
- 2 Шток
- 3 Выступ
- 4 Ограничитель хода рейки
- 5 Вильчатая тяга

Подпружиненный упор пусковой подачи топлива в регуляторе типа RQ

При пуске двигателя (педали акселератора полностью нажата) шток механизма остановки двигателя, преодолевая сопротивление пружины, перемещается в положение, обеспечивающее пусковую подачу топлива. Пружина остановочного устройства действует против пружины минимальной частоты вращения холостого хода и, таким образом, инициирует ранний возврат рейки ТНВД из положения пусковой подачи в положение минимального режима холостого хода (рис. 6). Это означает, что если двигатель начинает быстро ускоряться после пуска, то величина пусковой подачи уменьшается.

Автоматический упор полной нагрузки

На неработающем двигателе пружины в центробежных грузах регулятора через скользящий болт (муфту регулятора, позиция 13 на рис. 8) сжимают пружину 12 коромысла 9, которое нажимает на планку 8, перемещая её вниз вместе с упором полной нагрузки 7 (это положение обозначено серым цветом). Если при пуске двигателя педаль акселератора полностью нажата, то рейка ТНВД 6 может быть перемещена в положение пусковой подачи.

После пуска двигателя скользящий болт под действием центробежной силы грузов регуля-

тора отходит от коромысла (стрелка). В результате рейка ТНВД перемещается из положения пусковой подачи топлива в сторону уменьшения подачи. Соответственно, пружина коромысла поворачивает его так, что длинное плечо отклоняется обратно вверх (в положение, обозначенное синим цветом), и упор полной нагрузки предотвращает перемещение рейки в сторону увеличения подачи топлива благодаря выступу на тяге рейки 4.

Упор рейки ТНВД с механизмом корректирования крутящего момента в регуляторе RQV

Этот упор обеспечивает возможность регулирования положения рейки при полной нагрузке и установку режима корректирования крутящего момента двигателя (начало хода рейки в режиме корректирования). Корректирование крутящего момента происходит при взаимодействии между пружиной муфты регулятора и пружиной корректора топливоподачи (рис. 7), что требует точного подбора характеристик жёсткости этих пружин.

Если в конструкции регулятора имеется пружинный упор пусковой подачи, то коромысло (то есть зависящее от частоты вращения устройство) не устанавливается (рис. 9).

Рис. 6

- 1 Пружина
- 2 Крышка корпуса регулятора
- 3 Корпус регулятора
- 4 Тяга рейки ТНВД
- а Ход упора пусковой подачи

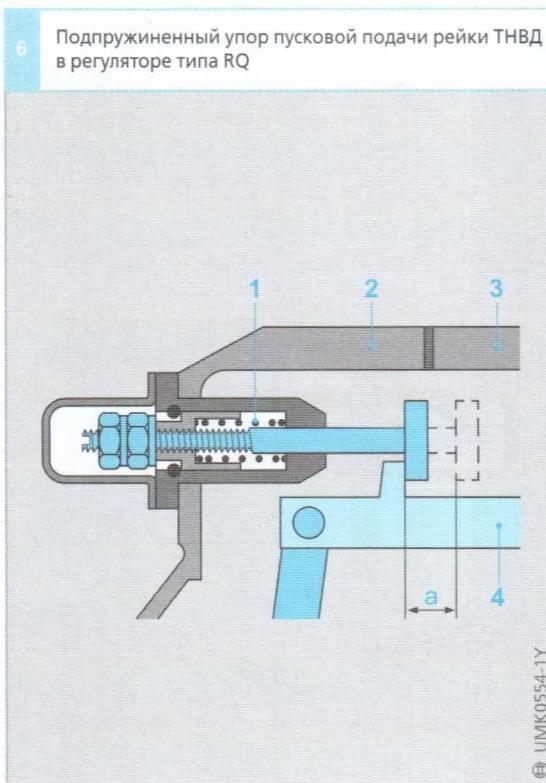
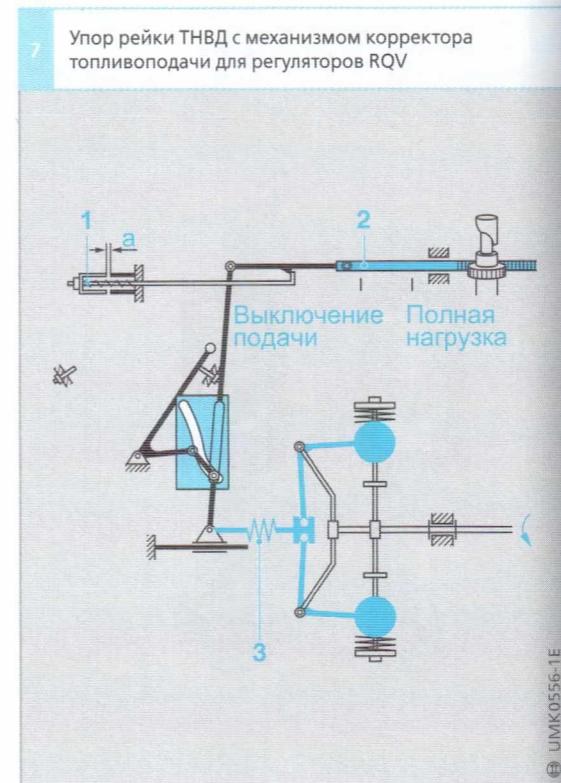


Рис. 7

Пружина корректора топливоподачи преодолевает сопротивление соединительной пружины муфты регулятора

- 1 Пружина корректора топливоподачи
- 2 Рейка ТНВД
- 3 Пружина муфты регулятора

а Ход рейки при корректировании крутящего момента



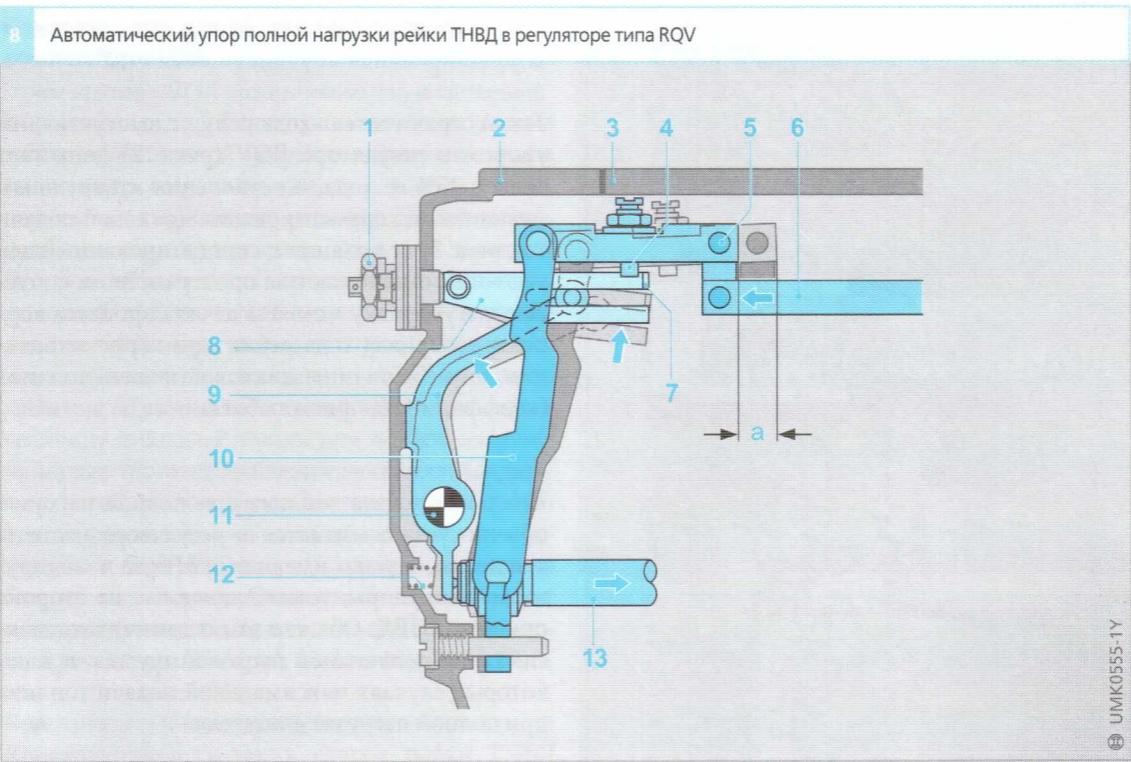


Рис. 8
Детали регулятора в положении полной нагрузки обозначены голубым цветом
Детали регулятора в положении пусковой подачи топлива обозначены серым цветом

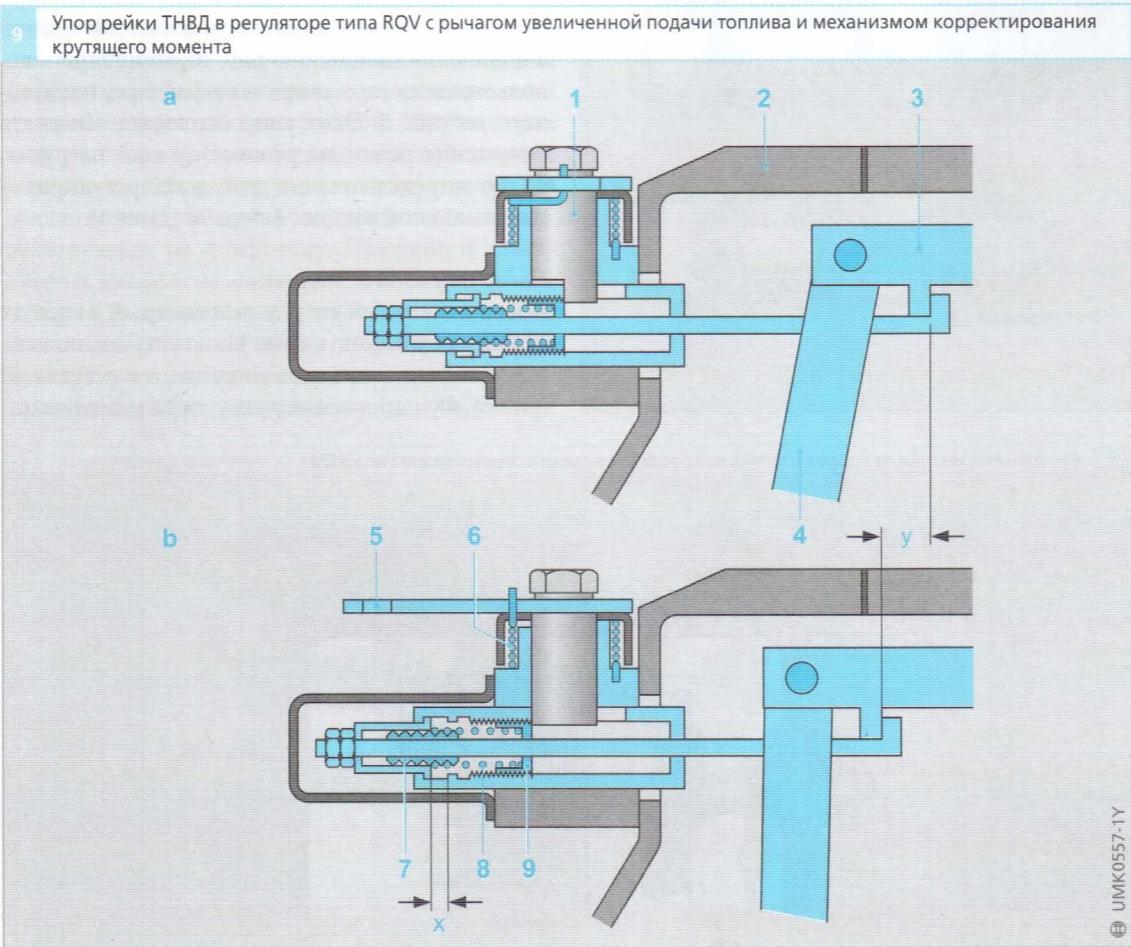


Рис. 9

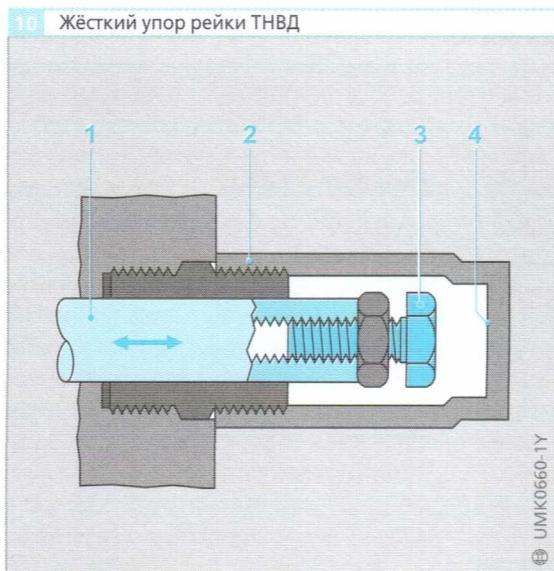


Рис. 10

- 1 Рейка ТНВД
- 2 Резьбовая крышка
- 3 Регулировочный болт
- 4 Упор «стоп»

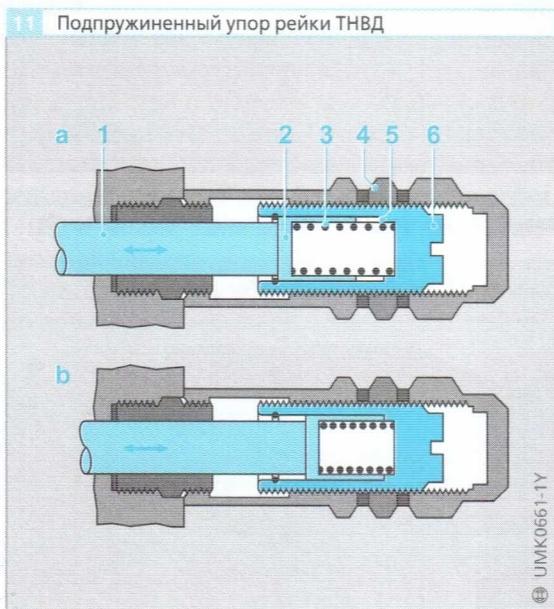


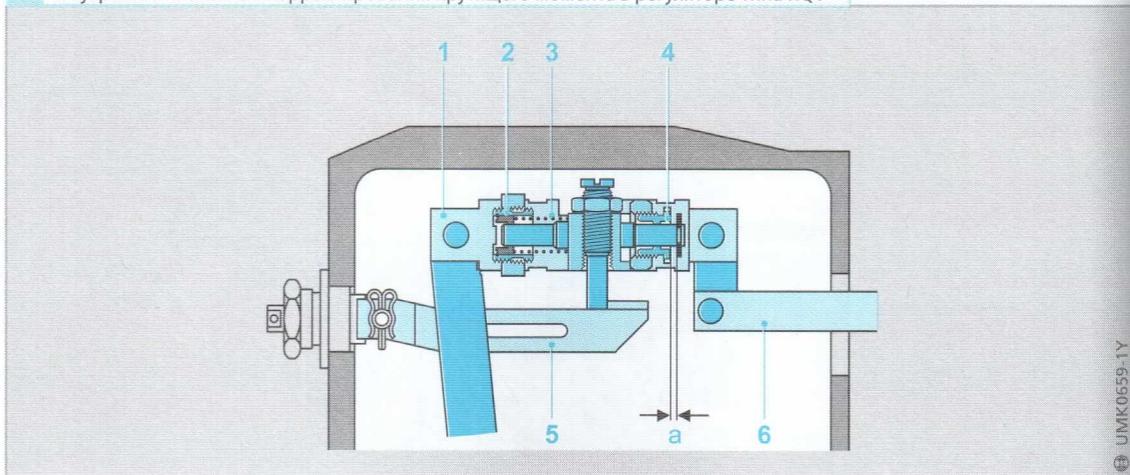
Рис. 11

- а Положение рейки при полной нагрузке
- б Положение рейки при пуске двигателя
- 1 Рейка ТНВД
- 2 Втулка
- 3 Пружина
- 4 Контргайка
- 5 Упор
- 6 Регулировочная резьбовая втулка

Рис. 12

- 1 Соединительная тяга с механизмом корректировки крутящего момента
- 2 Регулировочный винт начала процесса корректировки
- 3 Пружина корректора
- 4 Регулировочный винт хода рейки при корректировании
- 5 Упор полной нагрузки
- 6 Рейка ТНВД
- а Ход рейки при корректировании

12 Внутренний механизм корректировки крутящего момента в регуляторе типа RQV



Упор с внутренним механизмом корректировки крутящего момента двигателя в регуляторе типа RQV

Такой ограничитель хода рейки с выступающим упором в регуляторе RQV (рис. 12) допускает только 25% её хода, по сравнению с наружным механизмом корректировки цикловой подачи топлива. Этот механизм, спроектированный для условий с ограниченным пространством, допускает регулировку момента начала процесса корректировки и хода рейки при корректировании, но не величины цикловой подачи топлива (коэффициента прис. особляемости).

Упоры, установленные в ТНВД

Цикловая подача топлива при полной нагрузке обычно устанавливается в регуляторе частоты вращения, однако имеются жёсткие и подпружиненные упоры, устанавливаемые на стороне привода ТНВД. Обычно это ограничители максимально допустимой пусковой подачи, и в некоторых случаях максимальной подачи топлива при полной нагрузке двигателя.

Жёсткий упор

Жёсткий упор ограничителя пусковой подачи топлива, показанный на рис. 10, может быть использован вместо упора в регуляторе, показанного на рис. 5. Этот упор позволяет изменять положение рейки на режиме полной нагрузки, но по определению не допускает регулировку максимальной пусковой подачи топлива.

Подпружиненный упор

Подпружиненный упор, установленный в корпусе ТНВД, как показано на рис. 11, может быть использован вместо упора, установленного в регуляторе (рис. 6). Функции обоих этих упоров идентичны.

Компенсатор давления во впускном коллекторе LDA

Применение

В двигателях с турбонаддувом цикловая подача топлива при полной нагрузке устанавливается в зависимости от давления наддува. Однако на малых частотах вращения двигателя давление наддува низкое и, следовательно, массовый заряд цилиндров небольшой. Соответственно, величина цикловой подачи топлива при полной нагрузке должна быть отрегулирована пропорционально меньшей величине расхода воздуха. Компенсатор давления во впускном коллекторе LDA уменьшает величину цикловой подачи при полной нагрузке на малых частотах вращения двигателя. Существуют варианты конструктивного исполнения компенсатора давления во впускном коллекторе с установкой на ТНВД или на корпусе регулятора (сверху или сзади). Описанный ниже вариант конструкции предназначен для установки на корпусе регулятора RSV (рис. 13, 14 и 15).

Конструкция и принцип действия

Конструкция всех таких упоров рейки ТНВД практически одинакова. Между корпусом компенсатора, который закрепляется в верхней части регулятора, и его крышкой установлена диафрагма, обеспечивающая уплотнение воздушной камеры (позиция 3 на рис. 13). В крышке компенсатора имеется соединительный штуцер, через который в воздушную камеру подаётся давление наддува p_L (во впускном коллекторе), действующее на диафрагму. Пружина 4 действует на диафрагму снизу, то есть в противоположном направлении. Другой конец пружины компенсатора упирается в направляющую втулку 5, которая завёрнута в корпус компенсатора. Таким образом, первоначальное натяжение

13 Компенсатор давления во впускном коллекторе LDA для регулятора типа RSV

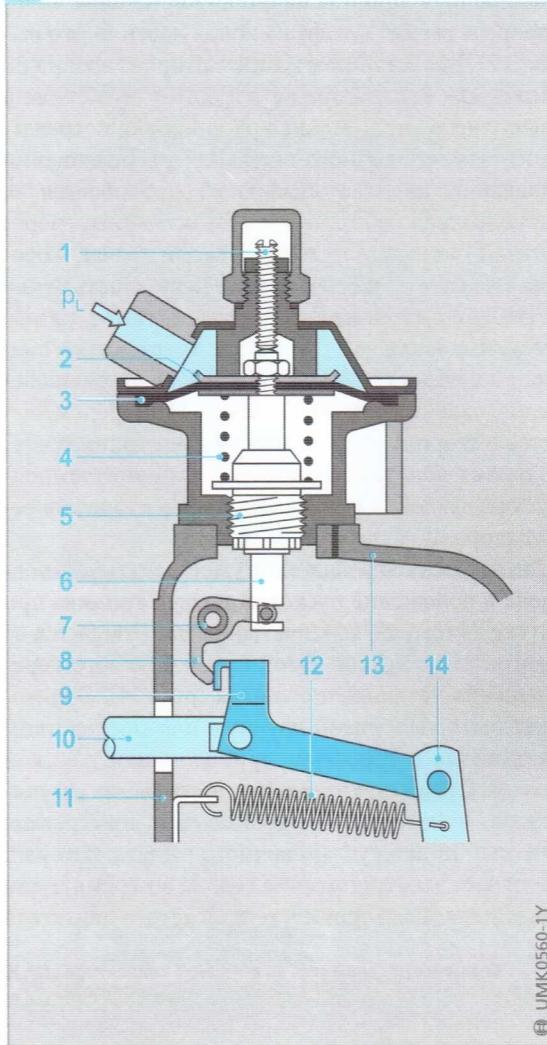


Рис. 13

- 1 Винт без головки со шлицем под отвёртку
 - 2 Диск диафрагмы
 - 3 Диафрагма
 - 4 Пружина
 - 5 Направляющая втулка
 - 6 Шток
 - 7 Ось установочного коленчатого рычага
 - 8 Коленчатый рычаг
 - 9 Жёсткая тяга
 - 10 Рейка ТНВД
 - 11 Корпус регулятора
 - 12 Возвратная пружина
 - 13 Крышка регулятора
 - 14 Рычаг рейки
- p_L Давление во впускном коллекторе

пружины в определённых пределах может регулироваться.

14 Компенсатор давления во впускном коллекторе LDA для регулятора типа RSV

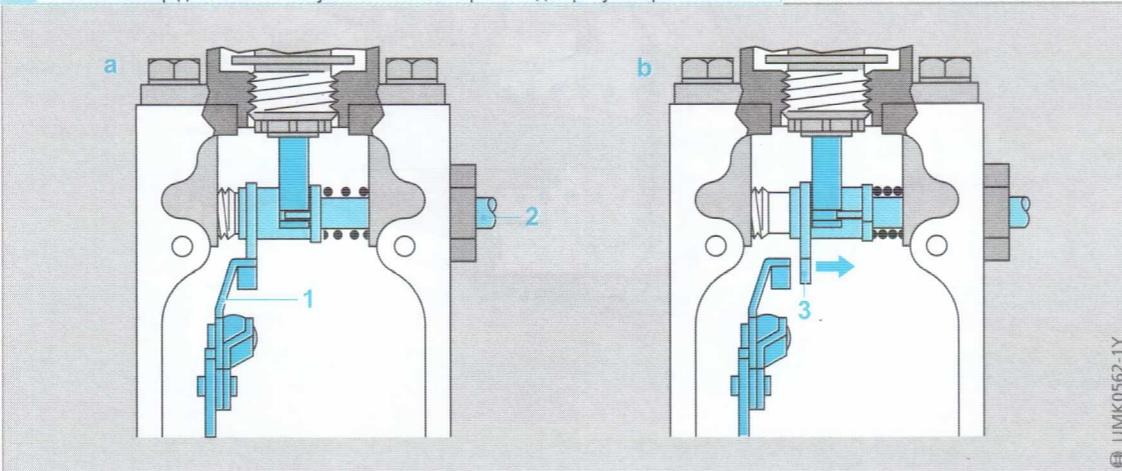


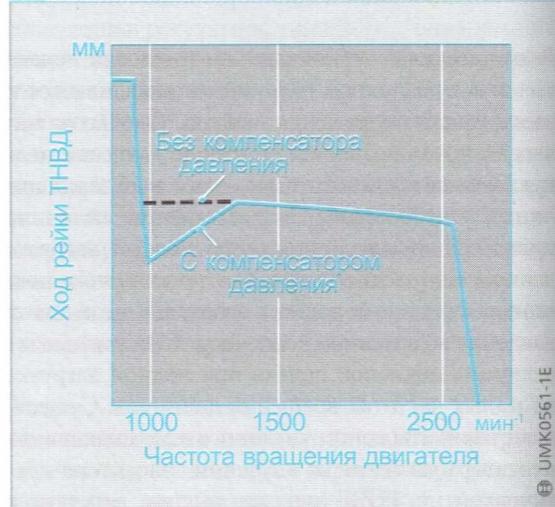
Рис. 14

- а Положение при нормальной работе
- б Положение жёсткой тяги относительно коленчатого рычага при пуске
- 1 Жёсткая тяга
- 2 Ось установочного рычага
- 3 Коленчатый рычаг

Диафрагма прикреплена к штоку 6, имеющему поперечную прорезь на его нижнем конце. В эту прорезь входит штифт на конце коленчатого рычага 7. При установке компенсатора давления во впускном коллекторе на регулятор может быть выполнена минимальная регулировка посредством регулировочного винта 1. При повышении давления наддува диафрагма прогибается и, преодолевая сопротивление пружины, через штифт поворачивает коленчатый рычаг, который позволяет жёсткой тяге 9 перемещать рейку ТНВД 10 в сторону увеличения подачи топлива. Максимальный ход штифта имеет место при максимальном давлении наддува. При уменьшении давления наддува рейка ТНВД перемещается в сторону уменьшения подачи топлива. Вариант конструктивного исполнения компенсатора давления во впускном коллекторе для регулятора RQV показан на рис. 16.

Для того чтобы рейка ТНВД могла быть установлена в положение пусковой подачи топлива при пуске двигателя, коленчатый рычаг отводится от контакта с жёсткой тягой путём бокового перемещения установочного вала (рис. 14). Это может быть выполнено вручную или посредством механизма с тросовым приводом или жёсткой тягой. Существуют также конструкции регуляторов, в которых осуществляется электромагнитный привод установочного рычага, который получает электропитание только во время пуска двигателя. Если при пуске прогретого двигателя

15 Влияние компенсатора давления во впускном коллекторе на максимальный ход рейки ТНВД



максимальная пусковая подача топлива не требуется, то термостатический выключатель отключает подачу электропитания на электромагнитный привод.

Другим вариантом такого устройства является гидравлический запорный механизм Тип HSV, который приводится в действие давлением масла в системе смазки двигателя. В этом случае давление масла, создаваемое двигателем при пуске, начинает ограничивать избыточную пусковую подачу топлива. Гидравлическое запорное устройство пусковой подачи закрывается в корпус регулятора сбоку.

16 Компенсатор давления во впускном коллекторе LDA для регулятора типа RQV

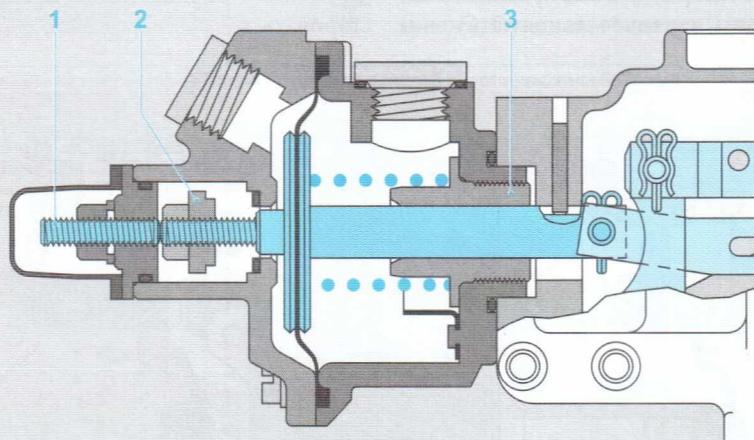


Рис. 16
Регулировочные устройства:

- 1 Регулировочный винт цикловой подачи при работе без наддува
- 2 Регулировочная гайка при работе с наддувом
- 3 Регулировочное устройство начала действия компенсатора

Компенсатор атмосферного давления ADA

Применение

Двигатели, которые эксплуатируются в различных высотных условиях, требуют регулирования цикловой подачи топлива, чтобы учитывать уменьшение массового заряда цилиндров при работе на данной высоте.

Компенсатор атмосферного давления типа ADA (рис. 17 и 18) уменьшает цикловую подачу топлива при увеличении высоты, то есть при снижении атмосферного давления. В регуляторах частоты вращения RQ(V) и RSF компенсатор устанавливается на крышке корпуса регулятора.

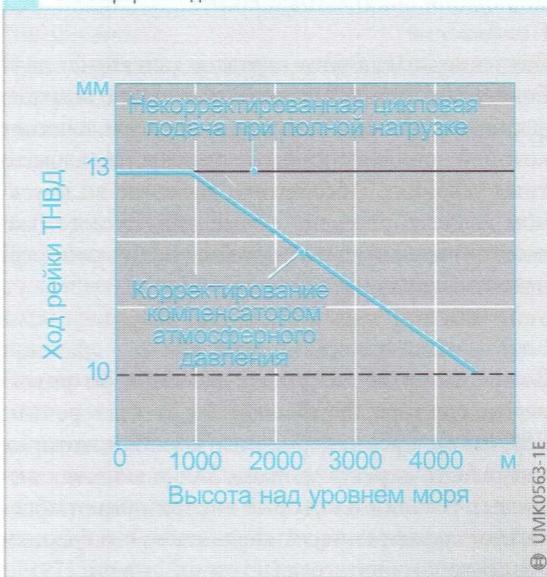
Конструкция и принцип действия

В регуляторе частоты вращения типа RQV компенсатор атмосферного давления состоит из anerоидных (барометрических) коробок 3, установленных вертикально в наружном корпусе компенсатора, регулировка которого в зависимости от высоты может осуществляться регулировочным винтом 1 и подпружиненным штоком 5. При увеличении высоты над уровнем моря anerоидные коробки расширяются.

Подпружиненный шток 5, который упирается в нижнюю часть anerоидных коробок через скобу 4, завёрнутую на конце штока, передаёт усилие при расширении anerоидов кулисе 8 через соединительную тягу 7, при этом кулиса поворачивается вниз и через палец, соединённый с тягой рейки, перемещает последнюю в сторону уменьшения подачи топлива. Если anerоидные коробки снова сжимаются при уменьшении высоты, то подача топлива опять увеличивается. Положение кулисы может регулироваться в горизонтальной плоскости посредством регулировочного винта полной нагрузки.

Расположение и устройство компенсатора для регулятора RSF подобно описанному выше. В этом случае изменение атмосферного давления с высотой передаётся рейке ТНВД подпружиненным штоком и несколькими соединительными рычагами. Подобная конструкция используется также в регуляторе RQ.

17 Регулирование хода рейки ТНВД компенсатором атмосферного давления типа ADA



18 Компенсатор атмосферного давления типа ADA

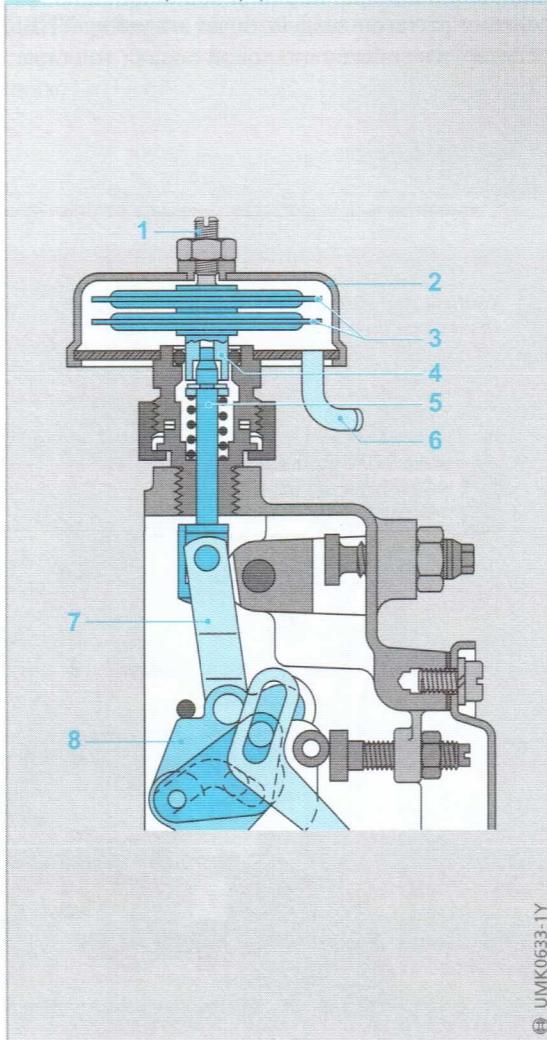


Рис. 18

- 1 Регулировочный винт
- 2 Крышка
- 3 Anerоидные коробки
- 4 Скоба
- 5 Подпружиненный шток
- 6 Соединительная трубка с атмосферой (для определения атмосферного давления)
- 7 Соединительная тяга
- 8 Кулиса

Компенсатор абсолютного давления во впускном коллекторе ALDA

Применение

Давление воздушного заряда в двигателе с турбонаддувом измеряется по отношению к атмосферному давлению окружающей среды, влияние которой наиболее сильно чувствуется в высотных условиях. Абсолютное давление во впускном коллекторе равно сумме избыточного (манометрического) давления наддува и атмосферного давления.

Конструкция и принцип действия

Компенсатор абсолютного давления во впускном коллекторе, применяемый в регуляторе типа RSF, также имеет анероидные коробки, которые могут быть отрегулированы для различных высотных условий и которые воспринимают абсолютное давление через соединение с впускным коллектором двигателя (позиция 1 на рис. 19). Анероидные коробки реагируют на изменение давления путём расширения или сжатия, и через систему рычагов воздействуют на рейку ТНВД, регулируя величину цикловой подачи топлива.

Пневматический корректор минимальной частоты вращения холостого хода типа PLA

Применение

Объём цикловой подачи топлива, требуемый дизелю на минимальном режиме холостого хода, уменьшается по мере повышения температуры охлаждающей жидкости двигателя. Зависящий от температуры корректор минимальной частоты вращения холостого хода в регуляторе RSF (рис. 20) увеличивает частоту вращения непрогретого двигателя, способствуя более быстрому его прогреву. Это также предохраняет двигатель от остановки, если дополнительное оборудование, такое как усилитель рулевого управления, кондиционер и т.д., включается в работу на непрогретом двигателе. После того как достигается определённая температура охлаждающей жидкости, температурный корректор прекращает свою работу.

Конструкция и принцип действия

Зависящее от температуры разрежение во впускном коллекторе действует на диафрагму 3 в вакуумной камере. Диафрагма перемещает скользящий болт 2, который изменяет натяжение пружины 1 минимальной частоты вращения холостого хода, что вызывает движение рычажной передачи и соответствующее перемещение рейки ТНВД в сторону увеличения подачи топлива.

Рис. 19

- 1 Подсоединение к впускному коллектору для определения величины абсолютного давления
- 2 Регулировочный винт
- 3 Камера давления
- 4 Анероидные коробки
- 5 Компенсирующая тяга
- 6 Кулиса

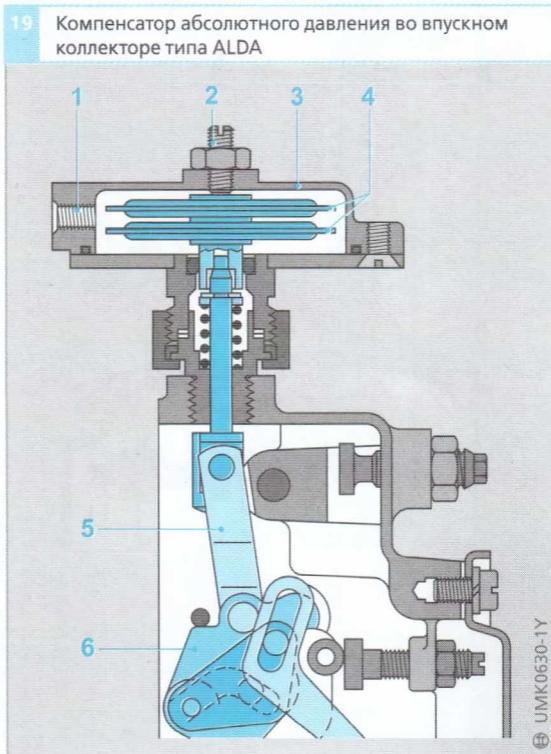
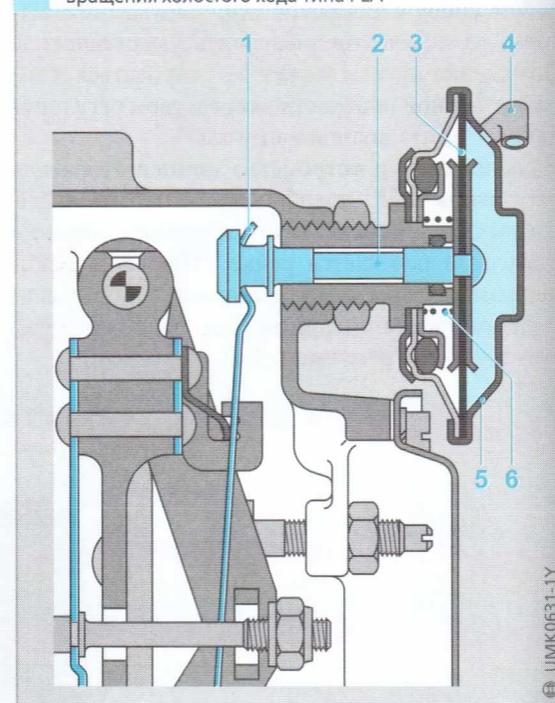


Рис. 20

- 1 Пружина минимальной частоты вращения холостого хода
- 2 Скользящий болт
- 3 Диафрагма
- 4 Вакуумный штуцер
- 5 Корпус вакуумной камеры
- 6 Возвратная пружина

20 Пневматический корректор минимальной частоты вращения холостого хода типа PLA



Система электронного управления минимальной частотой вращения типа ELR

Применение

Вместо пневматического корректора минимальной частоты вращения двигателя регулятор RSF для соответствия повышенным требованиям может комбинироваться с системой электронного управления частотой вращения холостого хода.

Конструкция и принцип действия

Электронная система управления минимальной частотой вращения холостого хода включает в себя следующие устройства:

- Электронный блок управления;
- Электромагнитный привод.

Электронный блок управления регулирует минимальную частоту вращения холостого хода посредством электромагнитного привода в зависимости от изменения температуры и нагрузки двигателя. Как показано на рис. 21, электромагнитный клапан смонтирован на крышке корпуса регулятора таким образом, что при подаче электропитания на якорь он может преодолевать усилие пружины и, соответственно, увеличивать минимальную частоту вращения холостого хода.

Демпфер пульсаций частоты вращения типа ARD

Применение

Пульсации, вызванные внезапным изменением нагрузки, могут быть в значительной степени устранены путём применения демпфирования в регуляторе частоты вращения RSF.

Конструкция и принцип действия

Демпфер пульсаций частоты вращения состоит из электронного блока управления, датчика частоты вращения двигателя и электромагнитного привода.

Электронный блок управления считывает и анализирует сигналы датчика частоты вращения двигателя. Для того чтобы предотвратить вибрации двигателя, вызванные размагничиванием якоря, в регуляторе RSF устанавливается отдельный электромагнитный привод (позиция 2 на рис. 21), который перемещает нижний конец рычага рейки в менее продвинутое положение, в зависимости от уровня колебаний. В результате цикловая подача топлива уменьшается, соответствующим образом противодействуя колебаниям.

21 Регулятор типа RSF с электронным управлением минимальной частотой вращения холостого хода и активным демпфированием пульсаций

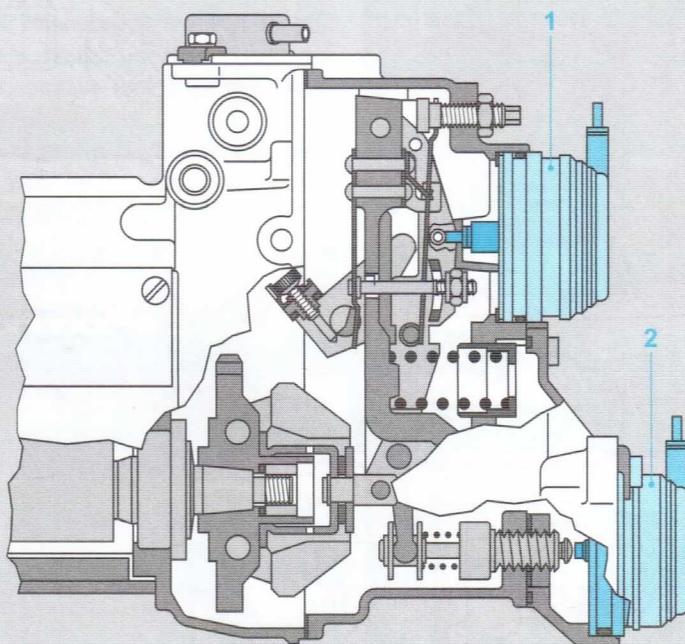


Рис. 21

- 1 Электромагнитный привод электронной системы регулирования минимальной частоты вращения холостого хода
- 2 Электромагнитный привод активного демпфирования колебаний

Температурный компенсатор пусковой подачи топлива типа TAS

Применение

На многих двигателях максимальная цикловая подача топлива требуется только при низких температурах окружающей среды, то есть при холодном пуске двигателя. По причинам защиты окружающей среды ненужное впрыскивание избыточного топлива при пуске двигателя должно быть исключено. Температурный компенсатор TAS не допускает превышения требуемой пусковой подачи топлива, установленной изготовителем двигателя. Это устройство может устанавливаться практически на все типы регуляторов частоты вращения.

Конструкция и принцип действия

С помощью чувствительного элемента термостата (рис. 22), который реагирует на температуру окружающей среды или электромагнитного

устройства регулирования температуры (рис. 23) величина пусковой подачи ограничивается на прогревом двигателе путём регулирования хода рейки ТНВД в соответствии с температурой окружающей среды.

В зависимости от дополнительных устройств, установленных в ТНВД, и типа регулятора частоты вращения используются следующие типы чувствительных элементов/электромагнитных приводов:

1. Если на стороне привода ТНВД имеется достаточно места, то чувствительный элемент температуры действует непосредственно на рейку (рис. 22). На рис. 22 показано положение при пуске прогретого двигателя, в котором шток чувствительного элемента действует на штифтовой упор пружины, ограничивая перемещение рейки ТНВД.

С таким устройством ход рейки ТНВД при горячем пуске двигателя равен или больше хода рейки при полной нагрузке.

22 Температурный компенсатор TAS пусковой подачи с чувствительным элементом, действующим непосредственно на рейку ТНВД

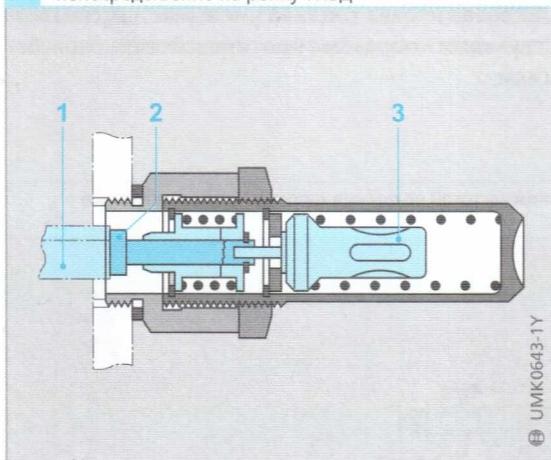
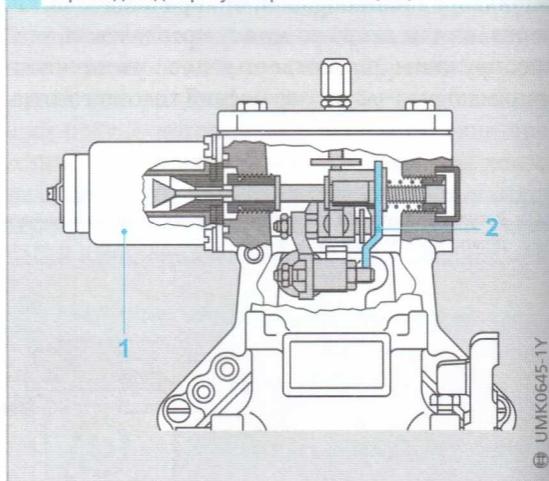


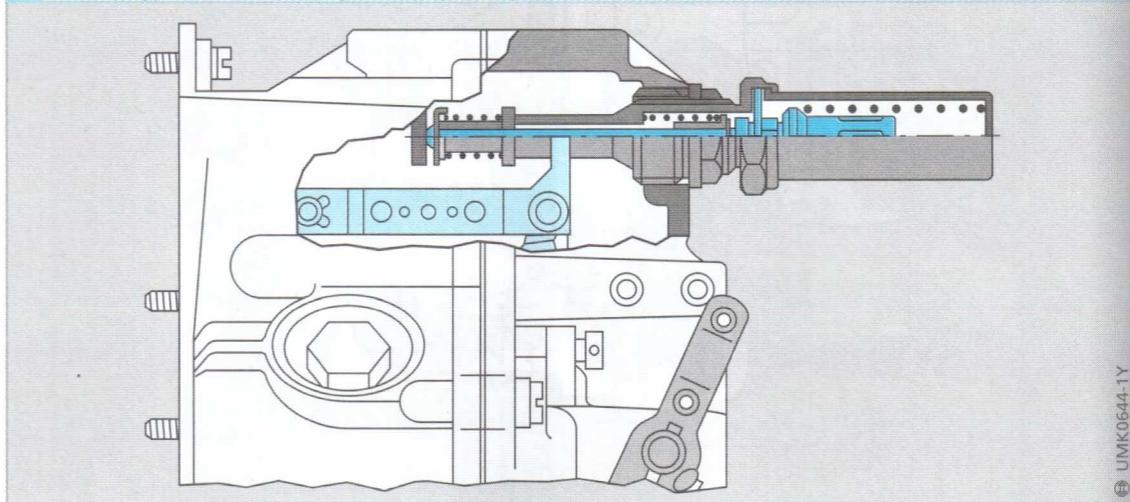
Рис. 22
1 Рейка ТНВД
2 Упорный штифт
3 Чувствительный элемент

Рис. 23
1 Электромагнит
2 Фиксатор

23 Температурный компенсатор с электромагнитным приводом для регуляторов типа RQ/RQV



24 Температурный компенсатор пусковой подачи с чувствительным элементом, устанавливаемый на регулятор типа RQ



2. Если данное устройство устанавливается на регуляторе (рис. 24), то в случае с регулятором RQ чувствительный элемент крепится на крышке корпуса регулятора. В сочетании с действием пружин чувствительный элемент уменьшает ход рейки ТНВД при пуске прогретого двигателя. В этом случае ход рейки при пуске прогретого двигателя также равен или больше хода рейки при полной нагрузке.

3. В плунжерах со специальной отсечной кромкой возможны следующие варианты регулирования холодного и горячего пуска двигателя:

- Холодный пуск — максимальная цикловая подача топлива и позднее опережение впрыска топлива;
- Горячий пуск — нормальная цикловая подача топлива без уменьшения угла опережения впрыска топлива.

В серийных регуляторах частоты вращения RQ/RQV величина пусковой подачи также может регулироваться устройством с электромагнитным приводом в зависимости от температуры. При холодном пуске двигателя перемещение фиксатора (позиция 2 на рис. 23) позволяет рейке ТНВД устанавливаться в положение максимальной пусковой подачи. Если двигатель прогрет, то электромагнит отключается, и фиксатор зацепляется, ограничивая ход рейки до величины подачи при полной нагрузке.

4. В регуляторах типа RQ/RQV с компенсатором давления во впускном коллекторе установка пусковой подачи осуществляется чувствительным элементом, действующим через систему рычагов в регуляторе в зависимости от температуры двигателя (холодный или горячий пуск) или наличия турбонаддува (рис. 27).

5. В особых эксплуатационных условиях регулятор типа RQ может быть также оснащён устройством температурной компенсации с расширительным чувствительным элементом (рис. 26).

6. В регуляторе типа RSV с упором рейки или с компенсатором давления во впускном коллекторе, пусковая подача может обеспечиваться при действии электромагнитного привода с температурной компенсацией (рис. 25). При холодном пуске двигателя электромагнитное устройство перемещает фиксатор 1, позволяя рейке ТНВД совершать ход в положение максимальной пусковой подачи.

25 Электромагнитное устройство температурной компенсации пусковой подачи в регуляторе типа RSV с упором рейки ТНВД или с компенсатором давления во впускном коллекторе

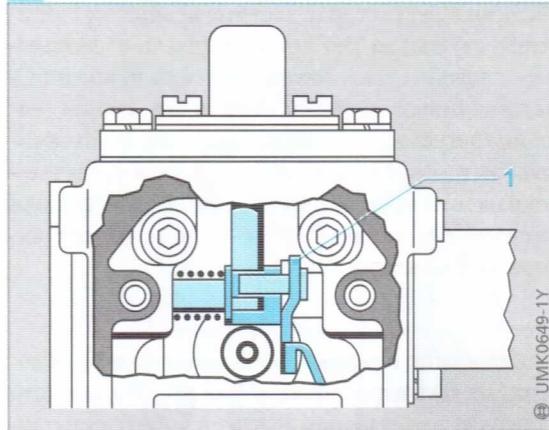


Рис. 25
1 Фиксатор

26 Устройство температурной компенсации в регуляторе типа RQ

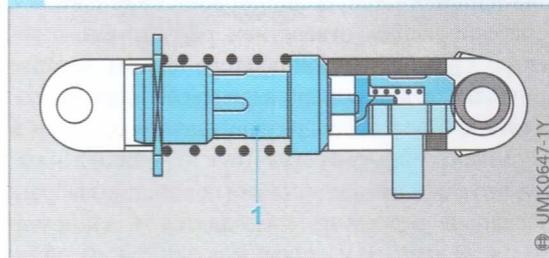
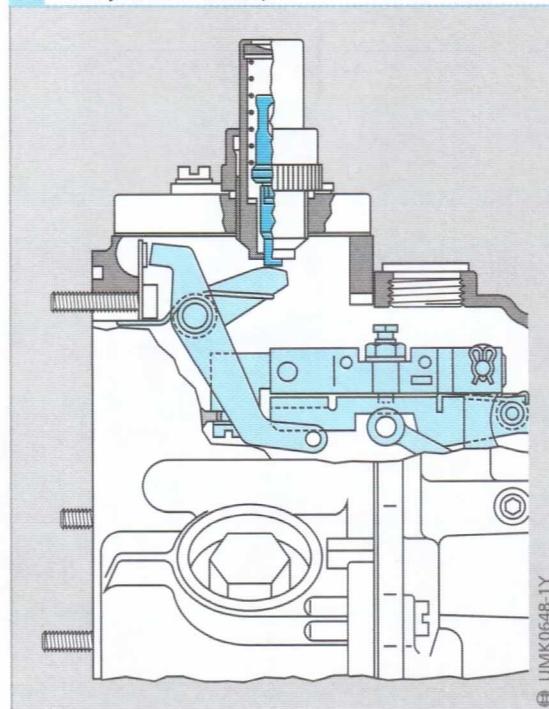


Рис. 26
1 Расширительный чувствительный элемент

27 Механическое устройство ограничения пусковой подачи топлива с чувствительным элементом для регуляторов типа RQ/RQV с компенсатором давления во впускном коллекторе



Стабилизатор

Применение

Стабилизатор лучше всего подходит для использования в регуляторах частоты вращения двигателей, служащих для привода дизель - генераторов, с целью стабилизации частоты вращения в неустойчивых системах или уменьшения наклона регуляторных характеристик в устойчивых системах. Однако он не является средством сокращения времени переходных процессов или уменьшения динамических отклонений регуляторных характеристик.

Конструкция и принцип действия

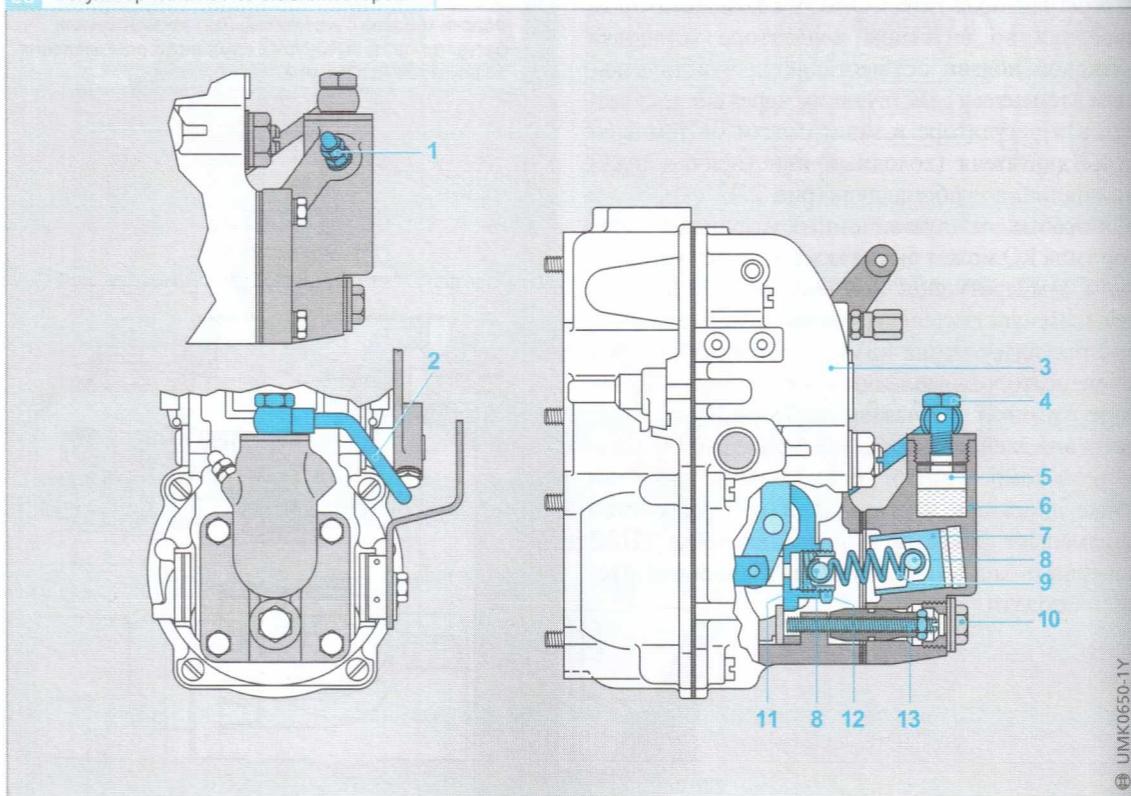
Стабилизатор с гидравлическим управлением состоит из плунжера (позиция 7 на рис. 28), который с очень малым зазором входит в корпус стабилизатора 6, закреплённый болтами на крышке корпуса регулятора. Плунжерная камера соединяется с масляным резервуаром 5 посредством канала с дросселирующим отверстием регулируемого сечения. Пружина стабилизатора одним концом прикреплена к плунжеру, а другой её конец подсоединён к силовому рычагу регулятора RSV или к скользящему болту в регуляторе RQV таким образом, что люфт между деталями полностью выбран. Масляный резервуар соединяется с системой смазки двигателя и спроектирован таким обра-

зом, что воздух не может проникнуть в плунжерную камеру при углах наклона, обычно имеющих место при нормальной эксплуатации двигателя. Если частота вращения двигателя изменяется или начинает колебаться, то движение центробежных грузов демпфируется «переходным действием» пружины стабилизатора, что увеличивает динамическую устойчивость системы. Как только частота вращения двигателя стабилизируется при данных эксплуатационных условиях, действие пружины прекращается, и стабилизатор на статическую регуляторную характеристику больше не действует. При расхождении или схождении центробежных грузов регулятора пружина стабилизатора или растягивается, или сжимается. Усилие пружины объединяется с усилием рабочих пружин регулятора и создаёт временную увеличенную неравномерность регулирования, которая оказывает стабилизирующее влияние на весь контур управления. Поскольку один конец пружины соединён с гидравлическим поршнем, последний перемещается, пока действие пружины не уравнивается. Эффект демпфирования зависит от характеристики пружины стабилизатора и настройки регулировочного винта дросселя, установленного между плунжерной камерой и масляным резервуаром. Поскольку условием нормального функционирования стабилизатора

28 Регулятор типа RSV со стабилизатором

Рис. 28

- 1 Регулировочный винт дросселя
- 2 Линия подачи масла
- 3 Крышка корпуса регулятора
- 4 Перепускной винт с дросселем
- 5 Масляный резервуар
- 6 Корпус стабилизатора
- 7 Плунжер
- 8 Штифт крепления пружины
- 9 Пружина стабилизатора
- 10 Пробка
- 11 Резьбовая втулка
- 12 Шестигранная гайка
- 13 Регулировочный винт полной нагрузки (максимальной подачи топлива)



является полное исключение попадания воздуха в плунжерную камеру, в его конструкцию включается функция автоматического удаления воздуха. В начале работы двигателя требуется короткая подготовительная фаза, перед тем как стабилизатор будет полностью готов к работе.

Пневматическое устройство остановки двигателя Тип PNAB

Для остановки двигателя ключ «зажигания» нужно повернуть в положение «off». Разрежение, создаваемое отдельным вакуумным насосом, действует на диафрагму пневматического остановочного устройства в регуляторе RSF (рис. 29). В результате шток, соединённый с диафрагмой, перемещает рейку ТНВД 5 в положение выключения подачи топлива.

29 Пневматическое остановочное устройство типа PNAB

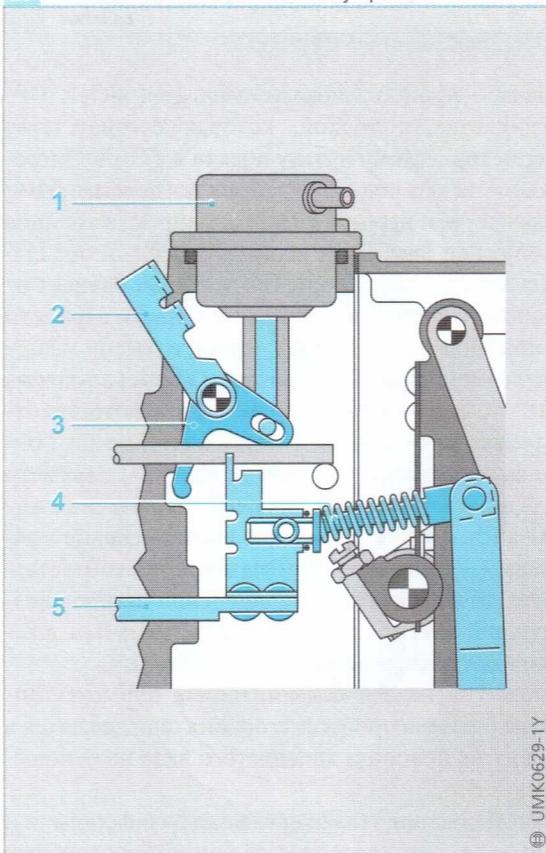


Рис. 29

- 1 Пневматическое остановочное устройство
- 2 Рычаг ручной остановки двигателя
- 3 Плечо остановочного рычага
- 4 Подпружиненная тяга
- 5 Рейка ТНВД

30 Регулятор типа RQ/RQV со стабилизатором

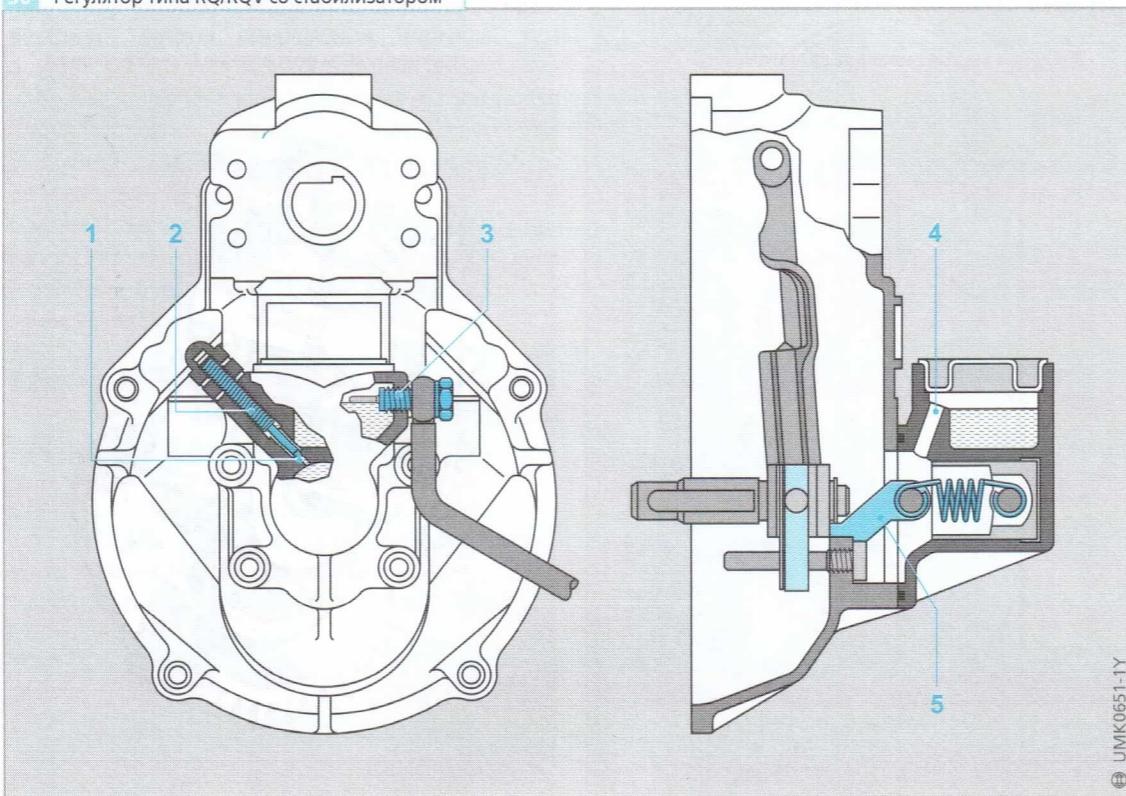


Рис. 30

- 1 Дроссельное отверстие
- 2 Регулировочный винт дросселя
- 3 Вход масла
- 4 Перепуск масла
- 5 Соединительный рычаг

Муфты опережения впрыска топлива

Начало процесса подачи топлива (рис. 1, DP) изображается точкой, которая соответствует геометрическому началу подачи в ТНВД. Оперережение начала подачи определяется переменными значениями периода задержки впрыска топлива («injection lag», IL) и периода задержки воспламенения («ignition lag», CL), которые зависят от рабочего состояния двигателя. Первый параметр («injection lag») означает период времени между началом подачи (DP) и началом впрыска топлива (IP), то есть моментом времени, при котором открывается форсунка и начинается впрыск топлива в камеру сгорания. Второй параметр («ignition lag») обозначает период времени между началом подачи и началом воспламенения топлива (CP). Начало процесса сгорания соответствует точке начала воспламенения топливовоздушной смеси, которая может изменяться в зависимости от момента начала подачи.

Моменты начала подачи, начала впрыска топлива и начала процесса сгорания определяются в градусах поворота коленчатого вала по отношению к ВМТ.

Регулирование угла оперережения начала подачи и впрыска топлива в рядных многоплунжерных ТНВД лучше всего обеспечивается муфтами оперережения впрыска топлива.

Рис. 1

- 1 Такт впуска
- 2 Сжатие
- 3 Расширение (рабочий ход)
- 4 Такт выпуска

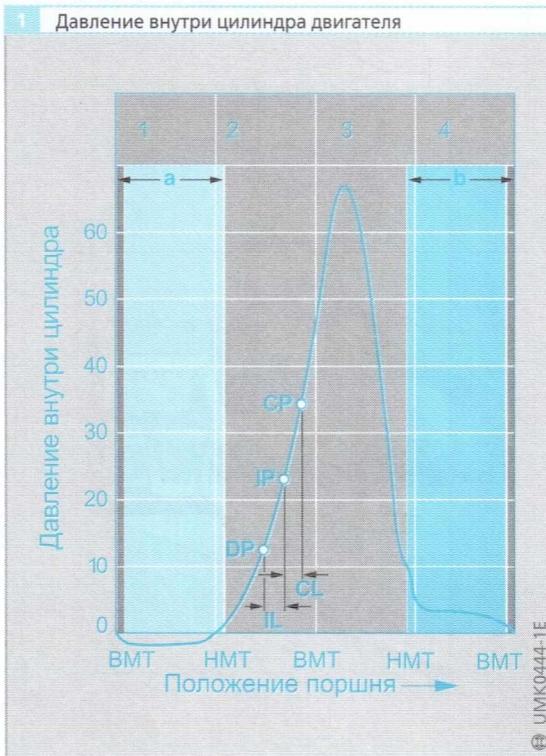
- DP Начало подачи
IP Начало впрыска топлива
CP Начало процесса сгорания
IL Период задержки впрыска
CL Период задержки воспламенения

- a Впускной клапан открыт
b Выпускной клапан открыт

- Области, закрашенные серым цветом, означают перекрытие клапанов

Рис. 2

- 1 Входная сторона привода
- 2 Наружная сторона муфты (ступица)
- 3 Корпус
- 4 Регулировочный эксцентрик
- 5 Балансировочный эксцентрик
- 6 Палец ступицы
- 7 Пружина
- 8 Центробежный груз
- 9 Опорная пластина



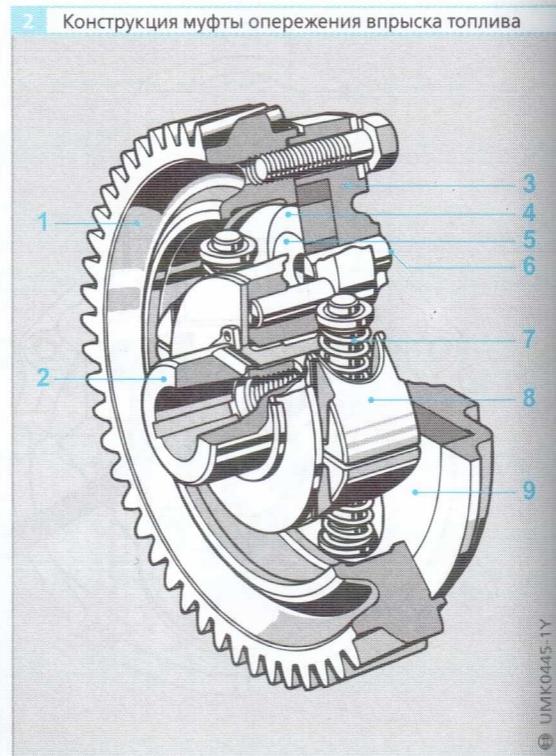
Назначение

Строго говоря, учитывая её функцию, муфту оперережения впрыска топлива в действительности следовало бы называть регулятором начала подачи, поскольку она реально и напрямую изменяет угол начала подачи. Муфта передаёт крутящий момент к валу ТНВД и одновременно выполняет функцию регулирования. Момент, который требуется для привода вала ТНВД, зависит от размеров насоса, числа цилиндров двигателя, величины цикловой подачи топлива, давления впрыска топлива, диаметра плунжера и формы кулачков вала ТНВД. Крутящий момент привода ТНВД оказывает также противоположное влияние на характеристики впрыска, что должно приниматься во внимание при проектировании и при оценке работоспособности муфты.

Конструкция

В рядных многоплунжерных ТНВД муфта оперережения впрыска устанавливается непосредственно на кулачковом валу ТНВД. Применяются два основных конструктивных типа — открытый и закрытый.

Муфта оперережения впрыска закрытого типа имеет автономную систему смазки, не связанную с системой смазки двигателя. В конструкции открытого типа муфта непосредственно соединена с системой смазки двигателя.



Корпус муфты прикреплен болтами к шестерне привода. Внутри корпуса имеются регулировочный и балансировочный эксцентрики, которые могут поворачиваться вокруг соответствующих подшипников. Они удерживаются пальцем, который жестко прикреплен к корпусу муфты. Преимуществом конструкции открытого типа являются меньшие размеры, лучшая смазка и более низкая стоимость.

Принцип действия

Связь между входной и выходной сторонами муфты опережения впрыска обеспечивается «гнездовыми» (вложенными одна в другую) парами эксцентриков (рис. 2 и 3).

Эксцентрики большего размера (регулировочные эксцентрики 4) установлены на внутренней стороне опорной пластины 9, которая прикреплена болтами к зубчатому колесу на стороне привода 1. Внутри регулировочных эксцентриков вставлены балансировочные эксцентрики 5, которые удерживаются регулировочными эксцентриками и пальцами 6 ступицы.

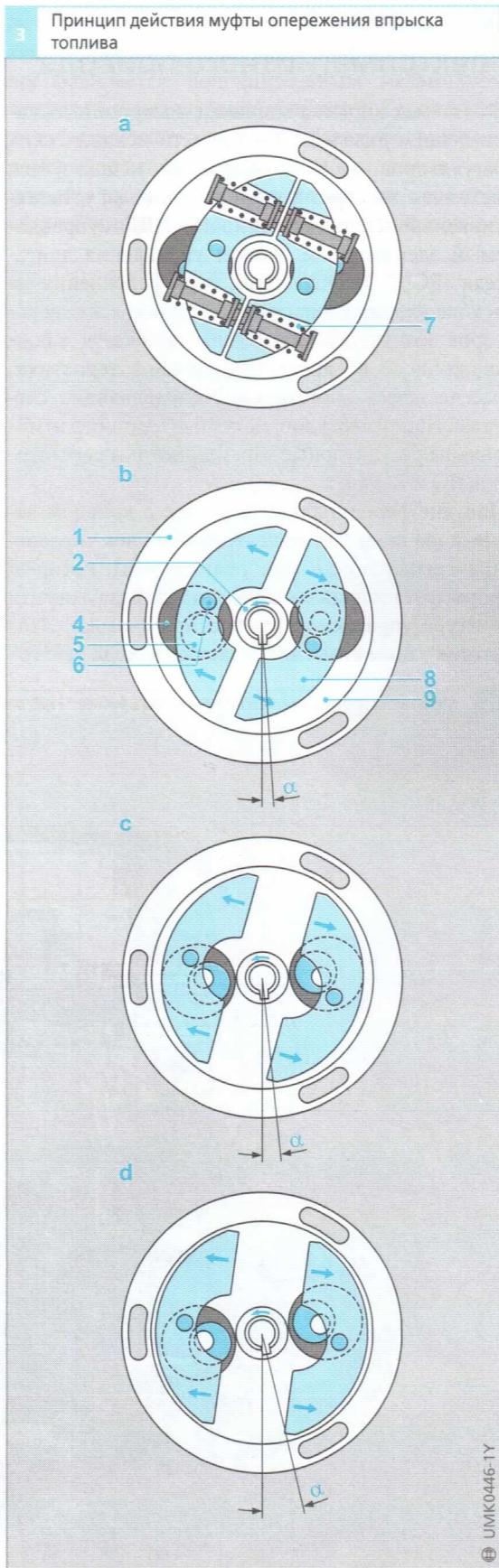
Пальцы прикреплены непосредственно к ступице, образуя наружную сторону привода 2. Центробежные грузы 8 установлены в регулировочных эксцентриках, закреплены болтами грузов и удерживаются в нерабочем положении пружинами 7 (рис. 3а).

Чем выше частота вращения двигателя и, следовательно, муфты опережения впрыска, тем больше расходятся центробежные грузы, преодолевая сопротивление пружин. В результате изменяется относительное положение входной и выходной сторон муфты, которые сдвигаются друг от друга на угол α .

Соответственно на этот угол происходит относительное смещение распределительного вала двигателя и кулачкового вала ТНВД с опережением начала подачи топлива («advanced»).

Размеры

По размерам наружного диаметра и толщины муфты опережения впрыска определяется возможная масса центробежных грузов, смещение центра тяжести и располагаемый ход грузов. Эти три критерия являются также важными факторами в определении работоспособности и применения муфты опережения впрыска топлива.



Механизмы электромагнитного привода

В системах впрыска топлива с электронным управлением дизелей (EDC) вместо механических регуляторов частоты вращения используется механизм электромагнитного привода, устанавливаемый непосредственно на ТНВД и управляемый электронным блоком управления двигателя (ECU). Электронный блок управления на основе входных сигналов от датчиков и генераторов импульсов (каскадов), используя также хранящиеся в картах памяти характеристики, рассчитывает необходимые управляющие сигналы. Например, в них могут быть запрограммированы регуляторные характеристики регуляторов RQ и RQV.

Полудиференциальный датчик с кольцом замыкания посылает в электронный блок управления сигнал положения рейки ТНВД, который формирует управляющий сигнал в замкнутом контуре управления (с обратной связью). Этот датчик также называется датчиком хода рейки.

Конструкция и принцип действия

Количество впрыскиваемого топлива, как и в рядных ТНВД с механическими регуляторами, определяется положением рейки и частотой вращения кулачкового вала ТНВД.

Электромагнит линейного перемещения механизма привода (позиция 4 на рис. 1) перемещает рейку 1 ТНВД, преодолевая сопротивление возвратной пружины 2. При обесточивании электромагнита возвратная пружина толкает рейку назад, выключая подачу топлива в двигатель. При увеличении тока электромагнит втягивает якорь 5, перемещая рейку в сторону увеличения подачи топлива. Таким образом, изменение управляющего электрического сигнала является средством перемещения рейки ТНВД в диапазоне от нулевой до максимальной цикловой подачи топлива. Управляющий сигнал является сигналом широтной импульсной модуляции (PWM, рис. 2), а не сигналом постоянного тока. Это прямоугольный импульсный сигнал с постоянной частотой и переменной длительностью импульса. Момент включения сигнала всегда один и тот же. Эффек-

1 Механизм электромагнитного привода рейки ТНВД в системе электронного управления дизеля

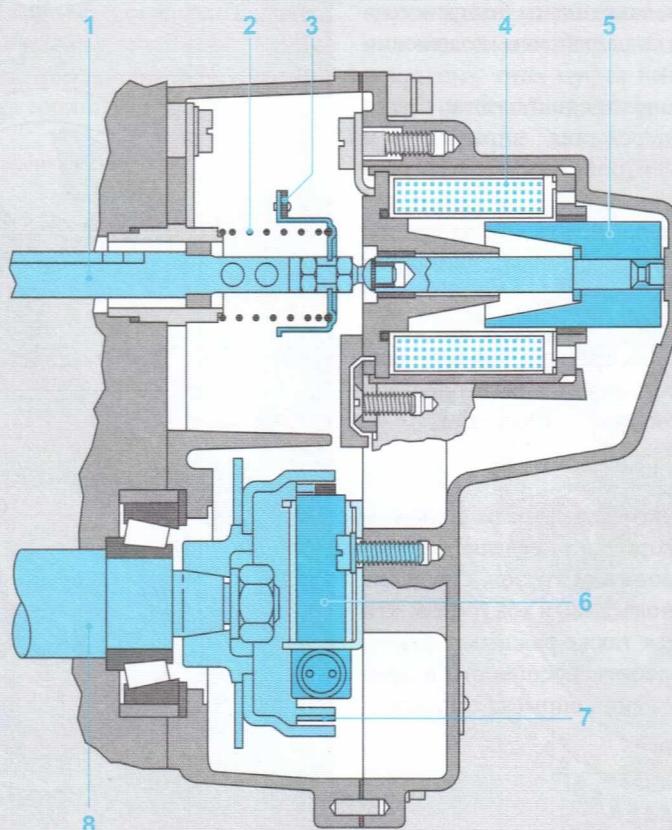


Рис. 1

- 1 Рейка ТНВД
- 2 Возвратная пружина
- 3 Полудиференциальный датчик с кольцом замыкания
- 4 Электромагнит линейного перемещения
- 5 Якорь электромагнита
- 6 Датчик частоты вращения
- 7 Кольцо датчика частоты вращения/угла опережения впрыска
- 8 Кулачковый вал ТНВД

тивный управляющий ток, который определяет перемещение якоря электромагнита в электромагнитном приводе, зависит от соотношения длительности импульса и длительности интервала между импульсами. При короткой длительности импульсов управляющий ток небольшой, а при большой длительности импульсов величина тока является высокой. Частота электрического сигнала выбирается в зависимости от конструкции электрического привода. Такой метод управления исключает проблемы с помехами, которые в противном случае могли бы иметь место при малых токах.

Рядные многоплунжерные ТНВД с электромагнитным приводом и управляющей муфтой

Рядные многоплунжерные ТНВД с электромагнитным приводом и управляющей муфтой, кроме рейки 5 для регулирования величины цикловой подачи, имеют также установочный вал управляющей муфты (позиция 3 на рис. 3) для регулирования угла опережения впрыска топлива (см. Раз-

дел «Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой»). Вал управляющей муфты поворачивается дополнительным механизмом привода 1 через шаровой шарнир 2. Слабый сигнал управляющего тока вызывает небольшое перемещение вала и, следовательно, позднее начало впрыска топлива. По мере увеличения тока угол опережения впрыска топлива увеличивается.

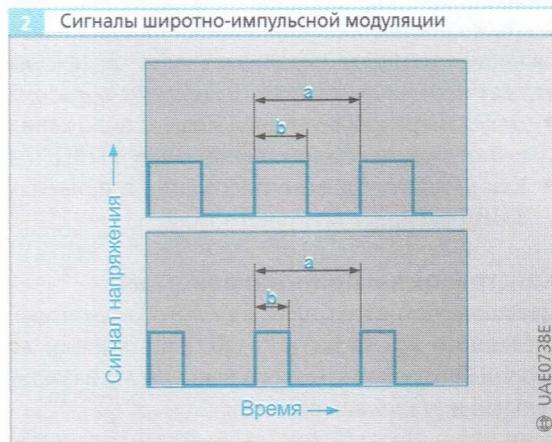


Рис. 2
а Постоянная частота сигнала
б Переменная длительность сигнала

3 Рядный многоплунжерный ТНВД с электромагнитным приводом и управляющей муфтой

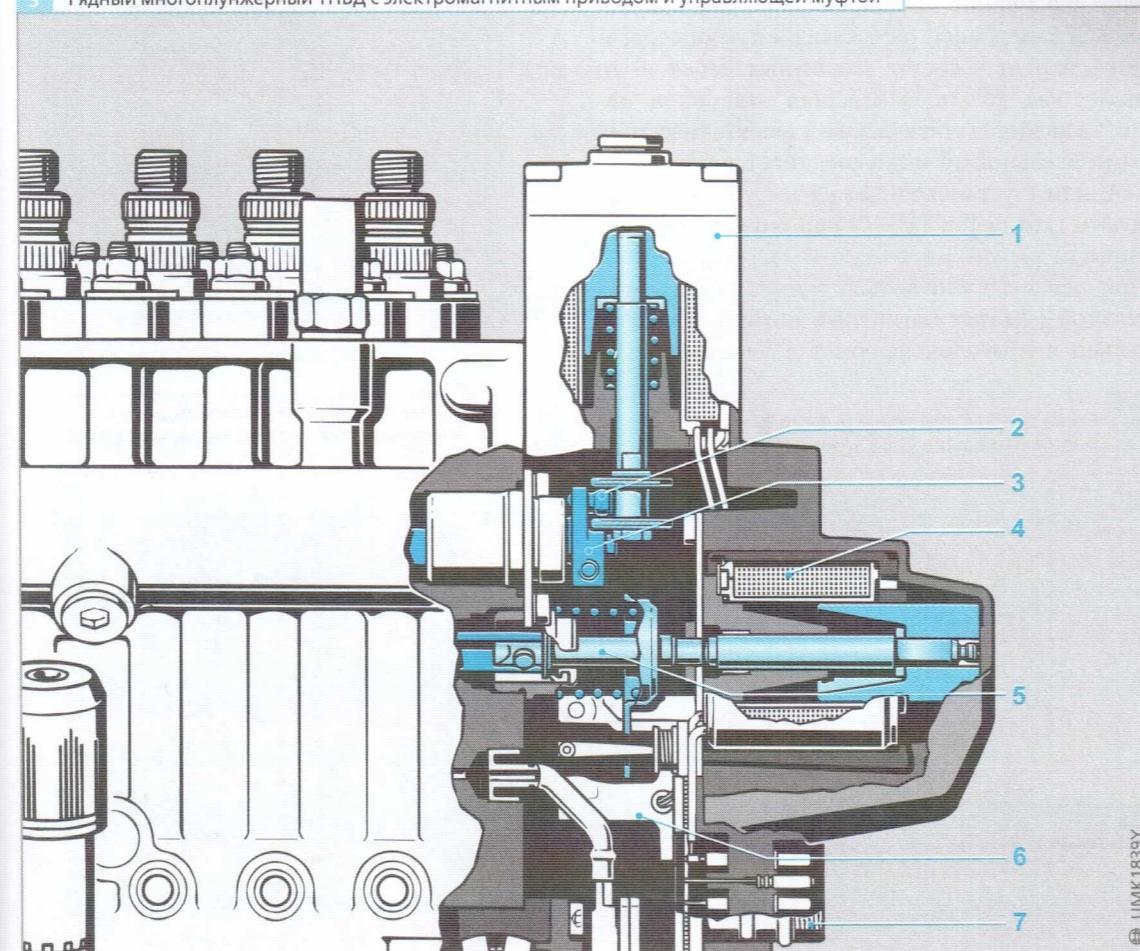


Рис. 3
1 Механизм привода управляющей муфты (механизм регулирования угла опережения впрыска топлива)
2 Шаровой шарнир
3 Установочный вал управляющей муфты
4 Электромагнит
5 Рейка ТНВД
6 Датчик хода рейки ТНВД
7 Электрический разъём

Полудифференциальный датчик с кольцом замыкания

Применение

Полудифференциальные датчики с кольцом замыкания являются датчиками положения, служащими для определения линейного хода или углового отклонения. Основными их качествами являются точность и долговечность. В дизелях эти датчики используются следующим образом:

- Для измерения величины хода и положения рейки в рядных многоплунжерных ТНВД;
- Как датчики углового положения в приводах ТНВД распределительного типа.

Конструкция и принцип действия

Датчики состоят из пластинчатого сердечника, сделанного из магнитного мягкого железа, на сторонах (плечах) которого выполнены измерительная и эталонная обмотки.

Если через обмотки протекает переменный ток от электронного блока управления, то возникает переменное магнитное поле. Два медных кольца замыкания, окружающие плечи сердечника, входят в состав магнитных цепей. В то время как кольцо замыкания эталонной обмотки является статическим, кольцо замыкания измерительной обмотки соединяется или с рейкой, или с установочным валом управляющей муфты (ход рейки ТНВД s или угол опережения впрыска φ).

При перемещении кольца замыкания измерительной обмотки магнитный поток и, следовательно, напряжение на обмотке изменяется, по-

скольку электронный блок управления поддерживает величину электрического тока постоянной (ток, независимый от нагрузки). Отношение выходного напряжения U_A к эталонному (опорному) напряжению U_{Ref} (рис. 3) рассчитывается вычислительной электронной схемой. Это отношение пропорционально смещению кольца замыкания измерительной обмотки и может анализироваться электронным блоком управления. Отклонение характеристик, представляющих это отношение, может быть изменено отклонением эталонного кольца замыкания, в то время как нулевая точка устанавливается начальным положением кольца замыкания измерительной обмотки.

- Рис. 1
- 1 Измерительная обмотка
 - 2 Кольцо замыкания измерительной обмотки
 - 3 Сердечник из магнитного мягкого железа
 - 4 Вал муфты
 - 5 Эталонная обмотка
 - 6 Кольцо замыкания эталонной обмотки
- φ_{max} Диапазон регулирования углового отклонения вала
- φ Угловое положение при измерении



- Рис. 2
- 1 Сердечник из магнитного мягкого железа
 - 2 Эталонная обмотка
 - 3 Кольцо замыкания эталонной обмотки
 - 4 Рейка ТНВД
 - 5 Измерительная обмотка
 - 6 Кольцо замыкания измерительной обмотки
- s Ход рейки ТНВД



- Рис. 3
- U_A Выходное напряжение
- U_{Ref} Эталонное напряжение



ДАН

▶ Измеряемые переменные в дизеле

Постоянно продолжающиеся попытки улучшить характеристики дизелей при одновременном снижении вредных выбросов с ОГ и расхода топлива означают, что число датчиков на двигателе и вокруг него также постоянно увеличивается. На показанном ниже рисунке представлен обзор параметров и переменных, которые могут быть измерены на работающем двигателе. Некоторая из представленной информации собирается и анализируется только при разработке двигателя или при его тех-

ническом обслуживании (*). Что касается остальных данных, то только определённая часть записывается во время работы двигателя. Получение специальных данных зависит от конструкции двигателя, топливной системы и оборудования, установленного на автомобиле. Параметры и переменные величины определяются по сигналам датчиков. Степень точности и необходимая скорость измерения определяются характером применения, для которого создаётся двигатель.

▼ Измеряемые переменные в дизеле

p Давления

- Воздуха на впуске;
- Воздуха до/после компрессора турбокомпрессора;
- Рециркулируемые ОГ до/после охладителя*;
- ОГ до/после турбокомпрессора*;
- ОГ до каталитического нейтрализатора;
- ОГ после каталитического нейтрализатора*;
- Камера сгорания*;
- Трубопровод линии высокого давления топлива*;
- Линия низкого давления топлива;
- Линия возврата топлива*;
- Охлаждающая жидкость двигателя*;
- Масляная система двигателя.

t Время

- Продолжительность впрыска топлива*;
- Начало подачи топлива;
- Продолжительность подачи топлива.

U/I Управляющие сигналы

- Форсунки;
- Приводы;
- Клапаны (например, рециркуляции ОГ, перепуска газов в турбокомпрессоре);
- Заслонки;
- Вспомогательные системы.

Эмиссия шума*

n Частоты вращения

- Коленчатого вала;
- Распределительного вала;
- Вала турбокомпрессора*;
- Вспомогательных устройств*.

M Крутящий момент*

Компоненты вредных выбросов с ОГ

- Диоксид углерода (CO₂)*;
- Оксид углерода (CO)*;
- Метан (CH₄);
- Оксиды азота (NO_x)*;
- Кислород (O₂);
- Альдегиды*;
- Углеводороды (CH)*;
- Частицы (индекс дымности, концентрация сажи, непрозрачность ОГ)*;
- Диоксид серы (SO₂)*.

m Массы

- Воздуха на впуске;
- Топлива;
- Рециркулирующих ОГ*;
- Прорыв газов (через поршневые кольца)*.

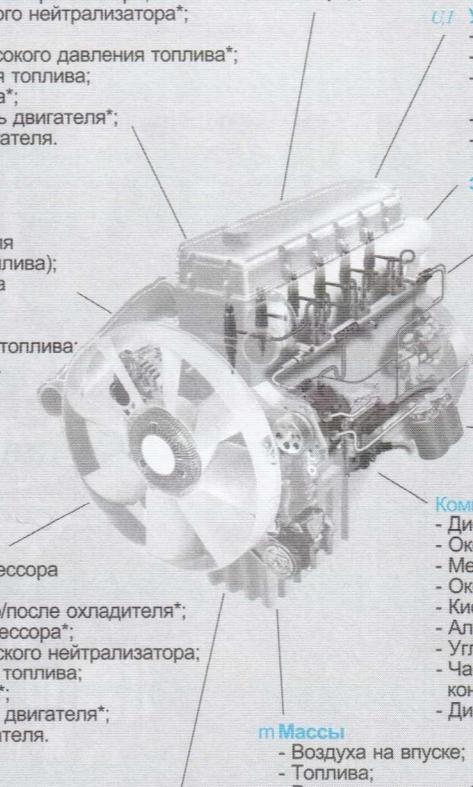
a Ускорение (вибрация) компонентов*

s Перемещение

- Ход иглы распылителя форсунки (впрыск топлива);
- Настройки регулятора частоты вращения;
- Настройки муфты опережения впрыска топлива;
- Положение клапанов.

T Температуры

- Воздуха на впуске;
- Воздуха до/после компрессора турбокомпрессора;
- Рециркулируемые ОГ до/после охладителя*;
- ОГ до/после турбокомпрессора*;
- ОГ до/после каталитического нейтрализатора;
- Линия низкого давления топлива;
- Линия возврата топлива*;
- Охлаждающая жидкость двигателя*;
- Масляная система двигателя.



Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой

Снижение вредных выбросов с отработавшими газами (ОГ) ДВС является проблемой, к которой обращено повышенное внимание изготовителей коммерческих автомобилей. Основной вклад в решение этой проблемы для дизелей коммерческих автомобилей вносят высокие давление впрыска и оптимизация момента начала подачи топлива. Всё это привело к созданию нового поколения рядных многоплунжерных ТНВД с управляющей муфтой (рис. 1). Такой тип ТНВД может не только изменять количество впрыскиваемого топлива (то есть величину цикловой подачи), но также и момент начала подачи независимо от частоты вращения двигателя. Следовательно, по сравнению с обычными рядными многоплунжерными ТНВД в новых насосах имеется дополнительный параметр впрыска топлива с независимым электронным управлением. Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой имеют только электронное управление.

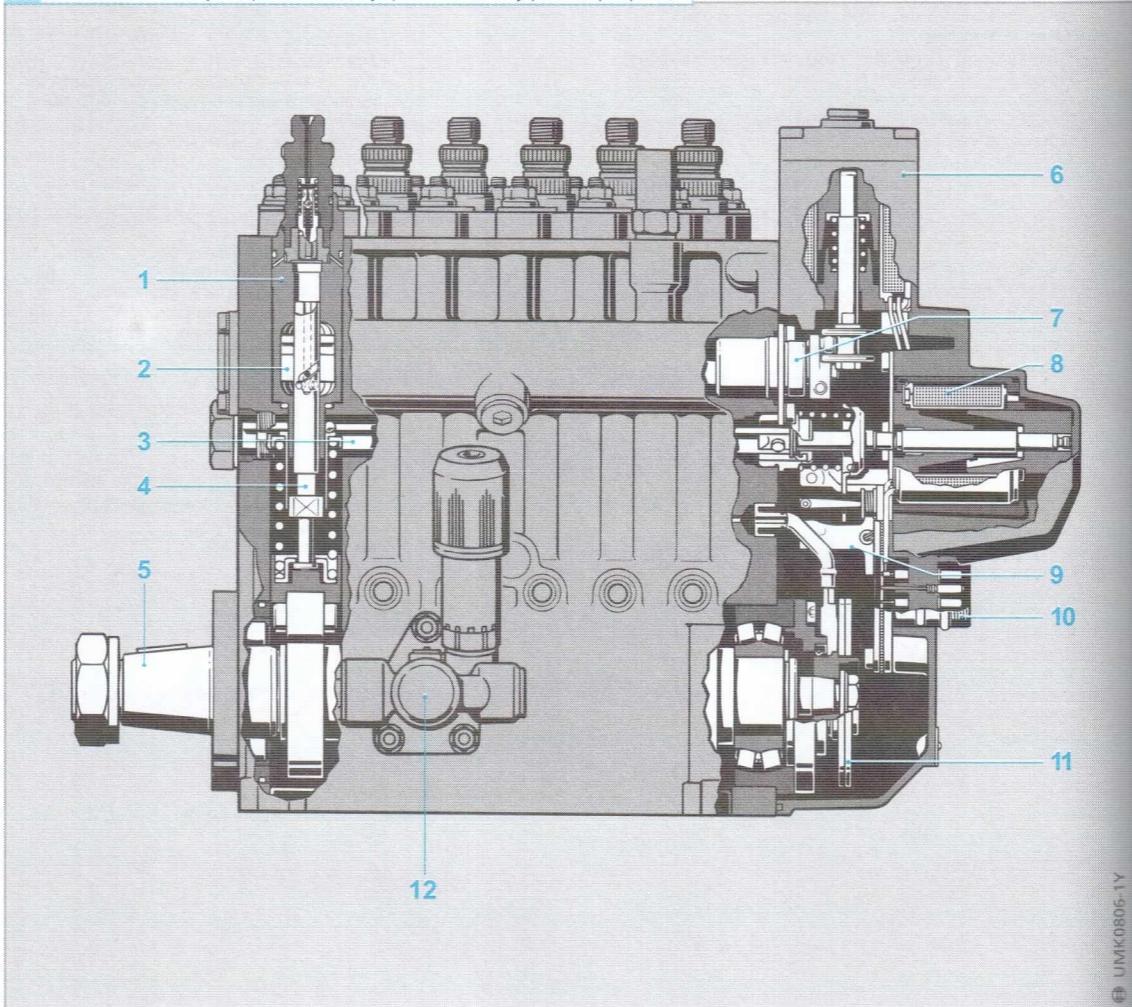
Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой являются элементом электронной системы с независимым регулированием цикловой подачи и угла опережения впрыска топлива в зависимости от множества определяющих факторов (см. раздел «Электронное управление дизелей» - EDC). Указанный метод управления делает возможным выполнение следующих функций:

- снижение до минимума вредных выбросов с ОГ;
- оптимизирование величины расхода топлива на всех эксплуатационных режимах;
- точное дозирование подачи топлива;
- эффективное улучшение пусковых характеристик и фазы прогрева двигателя.

1 Рядный многоплунжерный ТНВД с управляющей муфтой (в разрезе)

Рис. 1

- 1 Втулка плунжерной пары
- 2 Управляющая муфта
- 3 Рейка ТНВД
- 4 Плунжер ТНВД
- 5 Кулачковый вал (привод от двигателя)
- 6 Механизм привода управляющей муфты для регулирования момента начала подачи топлива
- 7 Вал регулирующей муфты
- 8 Электромагнитный привод рейки ТНВД
- 9 Датчик перемещения рейки ТНВД
- 10 Разъём
- 11 Диск прекращения подачи топлива, являющийся частью насоса возврата топлива
- 12 Топливоподкачивающий насос



Таким образом, «жесткое» устройство — устанавливаемая на валу ТНВД муфта опережения впрыска топлива, которая проектировалась с учетом действия на нее высоких крутящих моментов, больше не нужна.

Существуют два варианта конструкций рядных многоплунжерных ТНВД с управляющей муфтой:

- Тип Н1 для шести- и восьмицилиндровых двигателей с давлением начала подъема иглы форсунки 1300 бар;
- Тип Н1000, обеспечивающий повышенную цикловую подачу, для 5-8-цилиндровых двигателей с давлением начала подъема иглы форсунки 1350 бар.

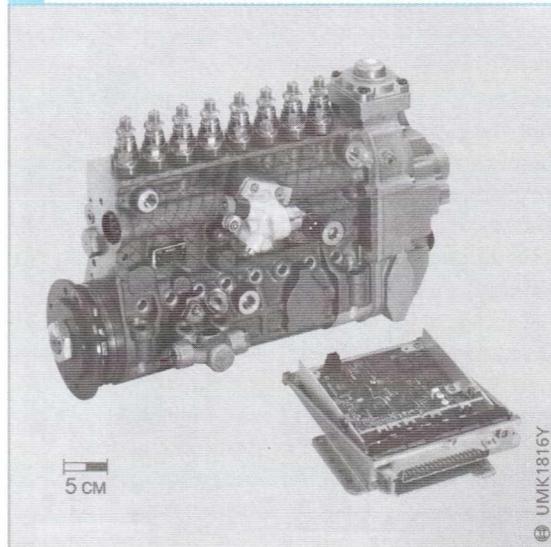
Устройство и принцип действия

Рядные многоплунжерные ТНВД с управляющей муфтой отличаются от ТНВД стандартного типа именно наличием управляющей муфты (позиция 4 на рис. 3), которая может скользить по плунжеру. Во всех других аспектах конструкция ТНВД одна и та же.

Управляющая муфта, которая скользит по плунжеру ТНВД 1 внутри полости 2, выполненной во втулке плунжерной пары, обеспечивает возможность изменения предварительной фазы активного хода плунжера для того, чтобы изменить момент начала подачи (то есть угол опережения впрыска) и, следовательно, начало впрыска топлива. По сравнению со стандартными рядными ТНВД в новых насосах реализуется второй регулируемый параметр впрыска топлива, который может быть с электронным управлением.

Управляющая муфта в каждой втулке плунжерной пары имеет обычное сливное отверстие (окно) 3. Вал 6 привода муфты имеет рычаги, которые обеспечивают одновременное изменение положения управляющих муфт во всех секциях ТНВД. В зависимости от положения управляющей муфты (вверху или внизу) начало подачи топлива происходит с опережением или запаздыванием по отношению к кулачку. Величина цикловой подачи топлива затем определяется положением отсечной спиральной кромки, как и во всех стандартных рядных многоплунжерных ТНВД.

2 Рядный многоплунжерный ТНВД с управляющей муфтой Тип Н1000 (RP39) с электронным блоком управления (общий вид)



3 Механизм привода управляющей муфты

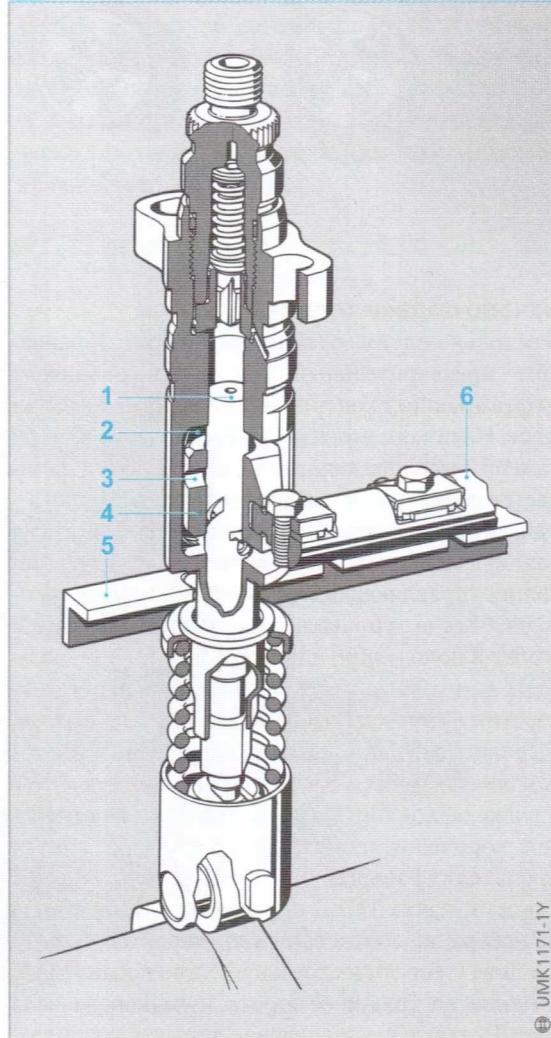
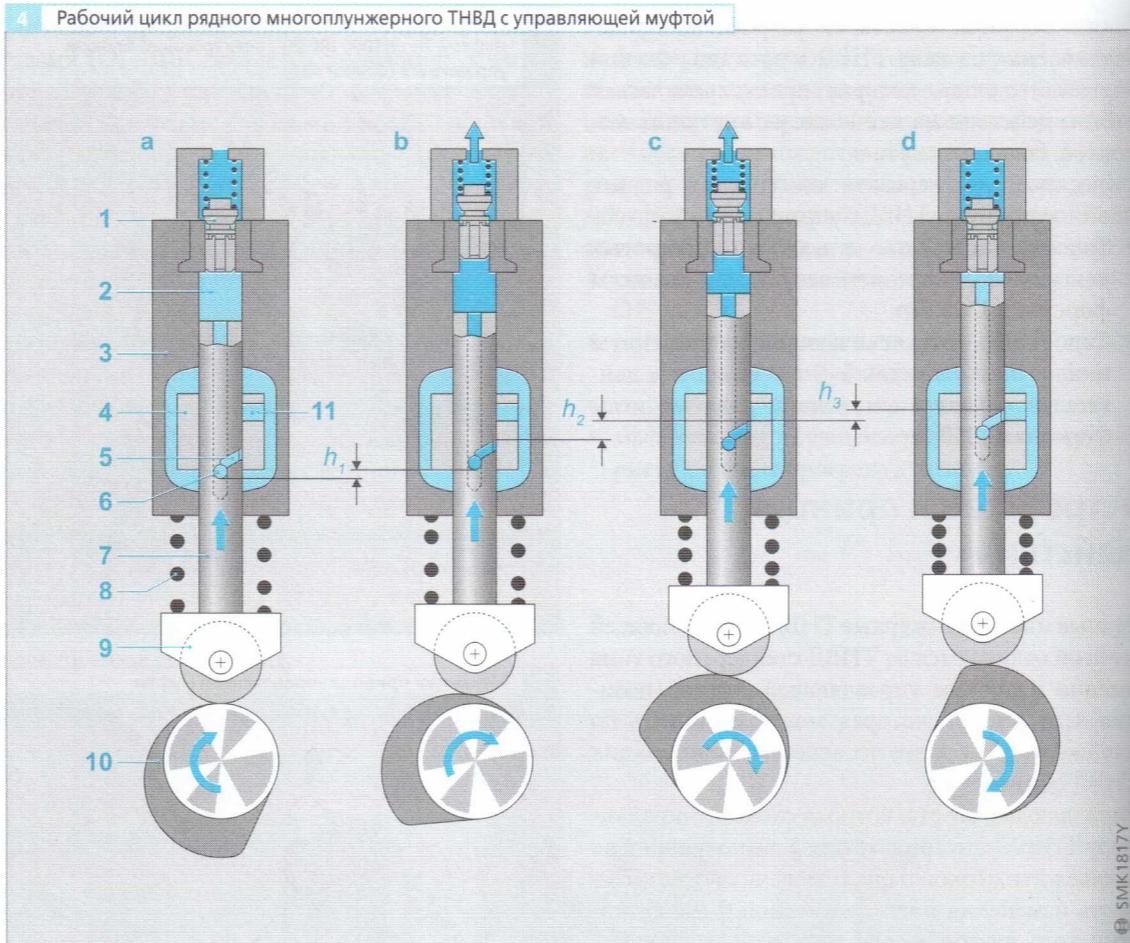


Рис. 3

- 1 Плунжер ТНВД
- 2 Полость для управляющей муфты
- 3 Сливное отверстие
- 4 Управляющая муфта
- 5 Рейка ТНВД (регулирование цикловой подачи топлива)
- 6 Вал управляющей муфты

Рис. 4

- a НМТ
 - b Начало подачи
 - c Конец подачи
 - d ВМТ
- 1 Нагнетательный клапан
 - 2 Камера высокого давления (надплунжерная камера)
 - 3 Втулка плунжерной пары
 - 4 Управляющая муфта
 - 5 Отсечная спиральная кромка
 - 6 Контрольное отверстие начала подачи
 - 7 Плунжер ТНВД
 - 8 Пружина плунжера
 - 9 Роликовый толкатель
 - 10 Кулачок
 - 11 Сливное (отсечное) окно муфты
- h_1 Предварительный ход плунжера (подъём плунжера до перекрытия контрольного отверстия)
- h_2 Активный ход плунжера
- h_3 Остаточный (холостой) ход плунжера



Начало подачи топлива

Как только плунжер (позиция 7 на рис. 4) завершит предварительный ход h_1 , управляющая муфта 4 закроет контрольное отверстие 6 в плунжере. Начиная с этого момента, давление внутри камеры высокого давления 2 возрастает, и начинается геометрическая подача топлива.

Момент начала подачи и, следовательно, впрыска топлива изменяется при вертикальном перемещении управляющей муфты относительно плунжера. Когда управляющая муфта находится ближе к положению плунжера в ВМТ, ход плунжера до момента перекрытия контрольного отверстия 6 оказывается больше, и начало подачи, следовательно, происходит позднее, а когда управляющая муфта расположена ближе к НМТ плунжера, ход плунжера до перекрытия отверстия короче, и геометрическое начало подачи происходит раньше.

Форма кулачка ТНВД определяет скорость хода плунжера и, соответственно, характер подачи топлива (теоретическое количество подаваемого топлива на градус поворота кулачкового вала ТНВД), также как и давление впрыска топлива.

Отсечка подачи (слив топлива)

Активный ход плунжера h_2 заканчивается, когда спиральная отсечная кромка в плунжере (позиция 5 на рис. 4с) перекроет сливное окно 11 в управляющей муфте, что приведёт к падению давления. Поворот плунжера при перемещении рейки ТНВД изменяет момент, при котором это происходит и, следовательно, количество подаваемого топлива таким же образом, как и в обычных рядных многоплунжерных ТНВД.

Электронная система управления

По входным сигналам, полученным от датчиков и генераторов импульсов, описанных в разделе «Электронное управление дизелей» (EDC), электронный блок управления (позиция 5 на рис. 5) рассчитывает необходимые настройки ТНВД. После этого EDC посылает соответствующие электрические сигналы исполнительным механизмам (приводам) для осуществления начала подачи (1) и регулирования величины цикловой подачи ТНВД (4).

Управление моментом начала подачи топлива

Момент начала подачи топлива регулируется замкнутой электронной системой управления (системой управления с обратной связью). Датчик перемещения иглы форсунки, установленный в одной из форсунок (обычно в первом цилиндре) посылает в электронный блок управления сигнал о действительном моменте начала впрыска топлива. Эта информация используется для определения действительного момента начала впрыска в градусах поворота коленчатого вала двигателя, что в свою очередь может затем сравниваться с установочным значением этой величины с последующей регулировкой, выполняемой по электрическому сигналу, посылаемому исполнительному механизму начала подачи топлива.

Исполнительный механизм (привод) начала подачи топлива является «структурно жёстким». По этой причине можно отказаться от специального датчика обратной связи. Структурная жёсткость означает, что направления действия сил электромагнита и пружины всегда имеют точно определённую точку пересечения, то есть эти силы всегда находятся в равновесии. Таким образом, линейное перемещение якоря электромагнита пропорционально силе электрического

тока, что эквивалентно действию обратной связи в замкнутой системе управления.

Регулирование величины цикловой подачи топлива

Требуемое количество впрыскиваемого топлива, то есть величина цикловой подачи, которая рассчитывается микропроцессором в электронном блоке управления, устанавливается замкнутой системой электронного управления. Электронный блок управления точно определяет необходимую величину перемещения рейки ТНВД и получает от датчика 3 контроля хода рейки сигнал о действительной величине её перемещения. После этого электронный блок управления снова рассчитывает величину управляющего электрического сигнала, которая требуется для достижения требуемой настройки исполнительного механизма перемещения рейки. Таким образом, осуществляется постоянное корректирование действительного положения привода для согласования его с установочным значением (управление в замкнутом контуре с обратной связью). По причине обеспечения безопасности пружина сжатия 2 перемещает рейку ТНВД обратно в положение «нулевой подачи» каждый раз, когда электропитание на исполнительный механизм не подаётся.

5 Рядный многоплунжерный ТНВД с управляющей муфтой Тип Н1 (RP43) с электронным блоком управления

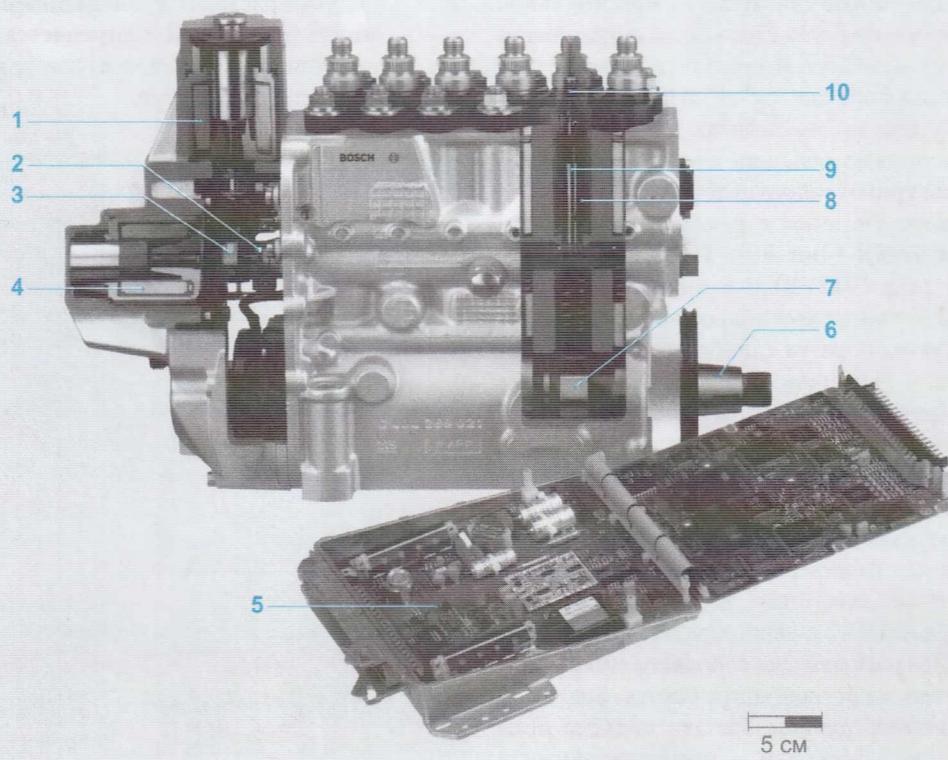


Рис. 5

- 1 Исполнительный механизм подачи топлива
- 2 Пружина сжатия
- 3 Датчик перемещения рейки ТНВД
- 4 Исполнительный механизм (привод) перемещения рейки ТНВД (регулирование цикловой подачи топлива)
- 5 Электронный блок управления
- 6 Конус вала для привода от двигателя
- 7 Кулачковый вал ТНВД
- 8 Управляющая муфта
- 9 Плунжер ТНВД
- 10 Нагнетательный клапан

Распылители форсунок

Форсунка служит для впрыска топлива в камеру сгорания дизеля. Это является определяющим фактором эффективности смесеобразования и процесса сгорания и, следовательно, оказывает основное влияние на характеристики двигателя, эмиссию вредных веществ с ОГ и уровень шума. Для того чтобы форсунки могли максимально эффективно выполнять свои функции, они должны проектироваться с учётом устройства топливной системы и конструкции двигателя, в которых они будут работать.

Форсунка является одним из главных компонентов любой топливной системы, от конструкторов форсунок требуется очень высокая квалификация и наличие специальных знаний. От работы форсунки зависит:

- формирование кривой характеристики впрыска топлива (точное обеспечение подъёма давления и распределения топлива по углу поворота коленчатого вала двигателя);
- оптимальные тонкость распыливания топлива и распределение топлива по камере сгорания;
- плотная изоляция системы впрыска топлива от камеры сгорания.

Поскольку распылитель форсунки входит в камеру сгорания, он подвергается постоянным пульсирующим воздействиям механических и термических напряжений от собственно двигателя и системы впрыска топлива. Топливо, протекающее через форсунку, должно также охлаждать её. При работе двигателя на максимальной частоте вращения холостого хода, когда подача топлива практически отсутствует, температура распылителя форсунки резко возрастает. Следовательно, для выдерживания такого режима форсунка должна обладать достаточным высокотемпературным сопротивлением.

В топливных системах с рядными многоплунжерными ТНВД (Тип PE), ТНВД распределительного типа (VE/VR) и с индивидуальными ТНВД (UPS) распылители заворачиваются в корпус форсунок, образуя единое целое — устанавливаемую в двигатель форсунку для впрыска топлива (рис. 1). В топливных системах с высоким давлением впрыска топлива, таких как Common Rail (CR) и системы с насос-форсунками (UIS), распылитель является встроенным блоком форсунки в сборе.

В двигателях с разделёнными камерами сгорания используются штифтовые распылители форсунок, а в двигателях с непосредственным впрыском топлива распылители соплового типа.

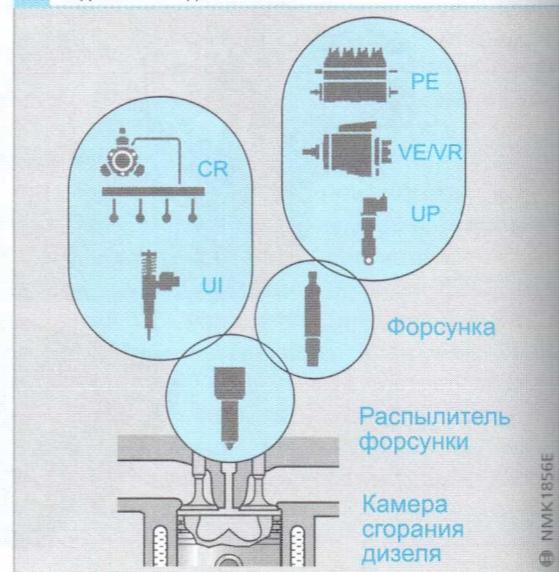
Распылители форсунок открываются под действием давления топлива. Начало подъёма иглы распылителя форсунки, продолжительность

впрыска топлива и кривая характеристики впрыска являются определяющими факторами цикловой подачи топлива. Распылители форсунок должны быстро и надёжно закрываться при падении давления, причём давление закрытия должно быть, по крайней мере, на 40 бар выше максимального давления сгорания для предотвращения нежелательных подвпрысков топлива или проникновения горячих газов из камеры сгорания в распылитель. Распылитель форсунки должен проектироваться специально для данного типа двигателя, в котором он используется, что определяется следующими факторами:

- способ впрыска топлива (непосредственный впрыск или впрыск в разделённую камеру сгорания);
- геометрия камеры сгорания;
- требуемая форма факела распыливания и направление струи топлива;
- требуемая глубина впрыска и тонкость (мелкость) распыливания топлива;
- требуемая продолжительность фазы впрыска топлива;
- требуемое количество впрыскиваемого топлива по отношению к углу поворота коленчатого вала двигателя.

Стандартизированные размеры и набор деталей обеспечивают необходимую степень адаптивности при минимальном разнообразии деталей. Благодаря превосходным характеристикам в сочетании с низким расходом топлива во всех новых конструкциях двигателей применяется непосредственный впрыск топлива и, следовательно, распылители соплового типа.

1 Распылитель как связь между топливной системой и дизельным двигателем



Измеряемые переменные в дизеле

Технологические размеры распылителей форсунок дизелей

Мир впрыска топлива в дизелях - это мир высочайших технологий.

Игла распылителя форсунки двигателей коммерческих автомобилей поднимается и садится на седло более миллиона раз за срок её службы. Игла распылителя обеспечивает надёжное уплотнение при очень высоких давлениях, как, например, 2050 бар, и при этом должна противостоять многим другим напряжениям, таким как:

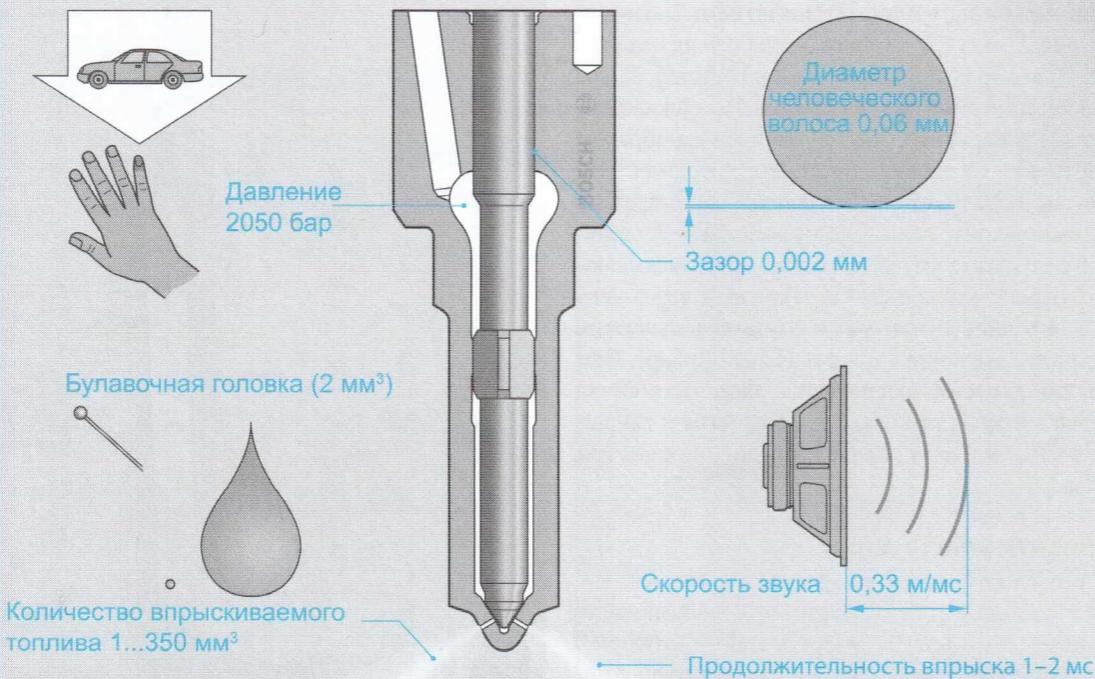
- удары, вызванные быстрым открытием и закрытием (в двигателях легковых автомобилей частота таких ударов может составлять 10000 раз в минуту, если имеют место фазы предварительного и дополнительного, после основного, впрыска топлива);
- высокие гидравлические напряжения во время впрыска топлива;
- давление и температура в камере сгорания.

Представленные ниже данные и рисунки иллюстрируют показатели современных распылителей форсунок:

- Давление в камере высокого давления может достигать 2050 бар. Это равно давлению, создаваемому массой большого автомобиля, приложенной к ногтю пальца.

- Продолжительность впрыска топлива составляет 1—2 миллисекунды (мс). За одну миллисекунду звуковая волна из громкоговорителя проходит расстояние только 33 см.
- Количество впрыскиваемого топлива в двигателе легкового автомобиля может изменяться от 1 мм³ (предварительный впрыск) до 50 мм³ (подача при полной нагрузке), а в двигателях коммерческих автомобилей от 3 мм³ (предварительный впрыск) до 350 мм³ (подача при полной нагрузке). Объём в 1 мм³ равен примерно половине объёма булавочной головки, а 350 мм³—это почти объём 12-ти больших дождевых капель (при объёме одной капли 30 мм³). Такое количество топлива может пройти через отверстие площадью меньше 0,25 мм² со скоростью около 2000 км/ч в течение только 2 мс.
- Зазор между иглой и корпусом распылителя составляет 0,002 мм (2 мкм). Человеческий волос в 30 раз толще (0,06 мм).

Такая высокоточная (прецизионная) технология требует высокой квалификации и огромного числа экспертиз при разработке, выборе материалов, производственного и измерительного оборудования.



Штифтовые распылители форсунок

Применение

Штифтовые распылители применяются в двигателях с разделёнными камерами сгорания, то есть в двигателях, которые имеют предкамеры или вихревые камеры. В таких двигателях смешение топлива и воздуха происходит главным образом благодаря вихревой структуре потока, создаваемой внутри цилиндра. Форма струи топлива, впрыскиваемого в камеру сгорания, также может способствовать этому процессу. Форсунки со штифтовыми распылителями не подходят для двигателей с непосредственным впрыском топлива, поскольку максимальное давление внутри камеры сгорания может открыть форсунку (распылитель). В дизелях используются следующие типы штифтовых распылителей:

- стандартные штифтовые распылители;
- дросселирующие штифтовые распылители;
- распылители с лыской.

Устройство и принцип действия

Основная конструкция штифтовых распылителей практически одинакова. Различие между ними может быть в геометрии штифта (позиция 7 на рис. 1). Внутри корпуса распылителя имеется игла 3, которая прижимается вниз силой F_p создаваемой пружиной форсунки, и нажимным штоком в форсунке, обеспечивая таким образом уплотнение от давления в камере сгорания. Повышающееся в камере 5 давление действует на нажимной конус иглы 6, поднимая её вверх силой F_D . В результате штифт выходит из впрыскивающего отверстия (сопла) 8 и открывает через него проход топлива в камеру сгорания (распылитель «открыт», давление впрыска 110 — 170 бар). При падении давления распылитель форсунки снова закрывается. Таким образом, открытие и закрытие распылителя управляется давлением внутри камеры 5.

Варианты конструкции

Стандартный штифтовой распылитель

Игла стандартного штифтового распылителя (позиция 3 на рис. 1) имеет штифт 7, который входит в отверстие 8 корпуса распылителя с небольшим зазором. Путём изменения размеров и геометрии штифта можно изменять форму струи впрыскиваемого топлива, соответственно изменяя характеристики впрыска в зависимости от требований различных двигателей.

Дросселирующий штифтовой распылитель

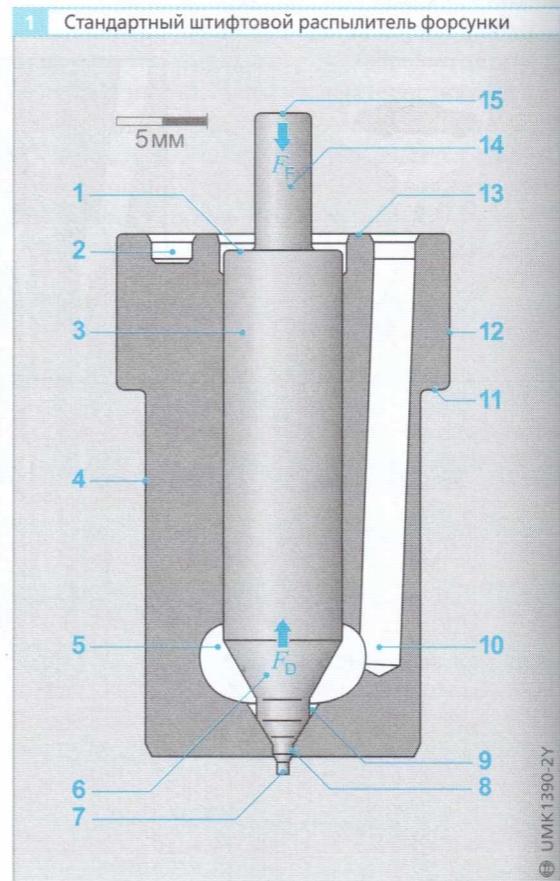
Одним из вариантов конструкции штифтовых распылителей является дросселирующий штифтовой распылитель. Профиль штифта в таком распылителе формирует специальную характеристику впрыска топлива. Вначале подъёма иглы распылителя открывается очень узкая кольцевая щель, которая допускает проход через неё только небольшого количества топлива (эффект дросселирования).

При дальнейшем подъёме штифта под действием повышающегося давления площадь сопла для прохода топлива увеличивается. Максимальное количество впрыскиваемого топлива достигается в конце хода иглы (штифта) вверх. Формирование подобным образом характеристики впрыска топлива позволяет получить более «мягкий» процесс сгорания, поскольку в этом случае не происходит быстрого повышения давления в камере сгорания. В результате имеет место снижение уровня шума сгорания на частичных нагрузках работы двигателя. Это означает, что желаемую характеристику впрыска топлива обеспечивают форма штифта в сочетании с дросселирующим зазором и характеристика пружины форсунки.

Рис. 1

- 1 Запечник, ограничивающий ход иглы
- 2 Кольцевая канавка
- 3 Игла распылителя
- 4 Корпус распылителя
- 5 Камера давления
- 6 Нажимной конус иглы
- 7 Штифт
- 8 Отверстие (сопло) для впрыска топлива
- 9 Выход седла
- 10 Впускной канал
- 11 Запечник корпуса распылителя
- 12 Буртик корпуса распылителя
- 13 Поверхность уплотнения
- 14 Нажимной шток
- 15 Контактная поверхность нажимного штока

- F_p Сила действия пружины
 F_D Сила действия давления на нажимной конус



Распылители с лыской

Распылители с лыской (рис. 3) имеют штифт с плоским срезом (лыска), который в начале подъема иглы открывает более широкий проход для топлива в кольцевой щели, что способствует предотвращению отложений нагара в этом месте благодаря увеличенному объемному расходу топлива. В результате распылители с лыской «закоксовываются» в меньшей степени и более равномерно. Кольцевой зазор между соплом и штифтом является очень малым ($< 10 \text{ мкм}$), а плоская лыска часто выполняется параллельно оси иглы распылителя. Если лыска располагается под углом, то объемный расход топлива Q на этом участке подъема иглы может быть увеличен (рис. 4). Таким способом достигается плавный переход от начальной фазы протекания характеристики впрыска к фазе работы при полной нагрузке. Специально проектируемые варианты геометрии штифта позволяют модифицировать спектр факела распыливания топлива для соответствия конкретным требованиям двигателя. В результате снижается уровень шума на частичных режимах и улучшается плавность его работы.

Тепловая защита

Закоксовывание распылителя форсунки ускоряется при температурах выше 220°C . Преодолеть эту проблему помогают теплозащитные экраны или втулки (рис. 2) путем передачи тепла теплопроводностью от камеры сгорания в головку блока цилиндров.



Рис. 2
1 Распылитель форсунки
2 Теплозащитная втулка
3 Предохранительный диск
4 Головка блока цилиндров

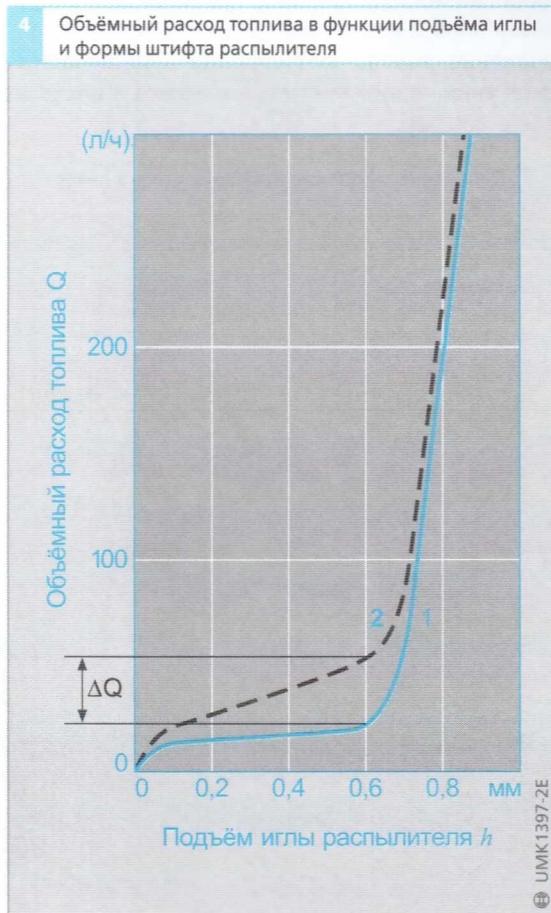
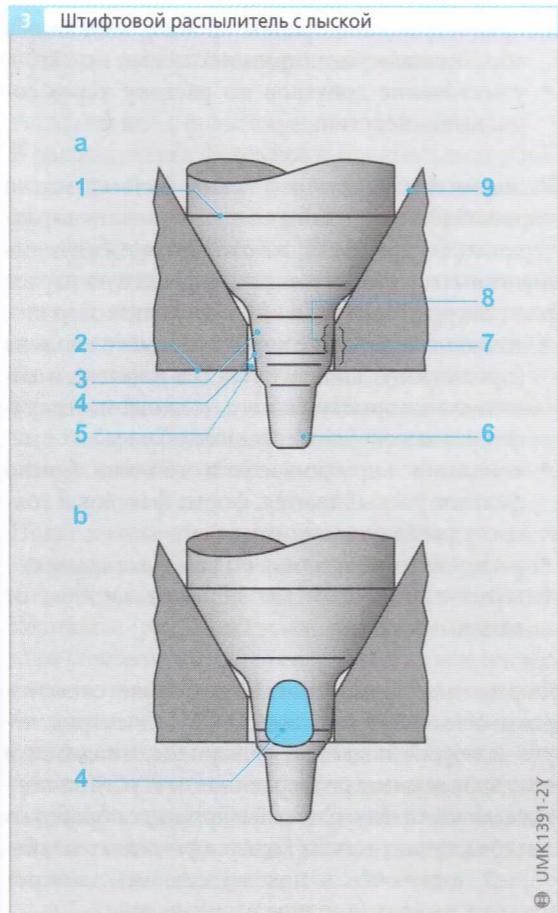


Рис. 3
а Вид сбоку
б Вид спереди
1 Посадочный конус иглы
2 Торец корпуса распылителя
3 Дросселирующий штифт
4 Лыска
5 Сопло распылителя
6 Профилированный наконечник штифта
7 Общая поверхность контакта
8 Цилиндрический участок перекрытия
9 Поверхность седла корпуса распылителя

Рис. 4
1 Дросселирующий штифтовой распылитель
2 Штифтовой распылитель с лыской
 ΔQ Разница в объемном расходе, вызванная наличием лыски штифта

Распылители соплового типа

Применение

Распылители соплового типа применяются в двигателях с непосредственным впрыском топлива (DI). Расположение распылителя форсунки в камере сгорания обычно определяется конструкцией двигателя. Сопловые отверстия распылителя форсунки устанавливаются под разными углами в зависимости от формы камеры сгорания (рис. 1). Распылители соплового типа подразделяются по следующим признакам:

- распылители с подигольным объёмом;
- распылители с уменьшенным подигольным объёмом и перекрытием сопловых отверстий (vco).

Сопловые распылители подразделяются также по размерам на следующие типы:

- *Тип P* с диаметром иглы 4 мм (распылители с подигольным объёмом и с уменьшенным подигольным объёмом);
- *Тип S* с диаметром иглы от 5 до 6 мм (распылители с подигольным объёмом для больших двигателей).

В топливных системах Common Rail и с насос-форсунками распылители соплового типа встроены в корпус форсунки.

Давление начала подъёма иглы распылителя форсунки соплового типа находится в пределах 150 — 350 бар.

Конструкция

Сопловые отверстия (позиция 6 на рис. 2) располагаются вокруг наконечника 7 корпуса распылителя. Число и размер сопловых отверстий зависят от следующих факторов:

- необходимая цикловая подача;
- форма камеры сгорания;
- воздушный вихрь (закрутка потока) внутри камеры сгорания.

Диаметр сопловых отверстий с внутренней стороны несколько больше, чем с наружной. Это различие определяется фактором конусности. Передние кромки сопловых отверстий могут быть скруглены в гидроэрозионном (HE) процессе, который заключается в использовании гидроэрозионных жидкостей, содержащих абразивные частицы, которые скругляют острые кромки отверстий в местах течений с высокой скоростью (передние кромки сопловых отверстий). Гидроэрозионная технология может быть использована как в распылителях с подигольным объёмом, так и в распылителях с перекрытием (vco). Гидроэрозионный метод применяется в следующих целях:

- оптимизация коэффициента гидравлического сопротивления в потоке;
- предотвращение эрозии кромок, вызванных абразивными частицами в топливе;
- ужесточение допусков по расходу через сопловые отверстия.

Распылители форсунок должны быть грамотно спроектированы, чтобы соответствовать характеристикам двигателя, в котором они будут использоваться. Конструкция распылителя играет решающую роль в решении следующих задач:

- точное дозирование впрыскиваемого топлива (продолжительность процесса впрыска и количество впрыскиваемого топлива по градусам углов поворота коленчатого вала);
- кондиции впрыскиваемого топлива (число факелов распыливания, форма факелов и тонкость распыливания топлива);
- распределение топлива по камере сгорания;
- герметизация системы впрыска топлива от камеры сгорания.

Форма камеры давления 10 выполняется электрохимической обработкой (ЕСМ). Электрод, через который подаётся электролит, вводится в предварительно просверленное отверстие в корпусе распылителя. Снятый в процессе обработки материал удаляется из корпуса распылителя, который подключён к положительному электрическому выводу (анодное расплавление).

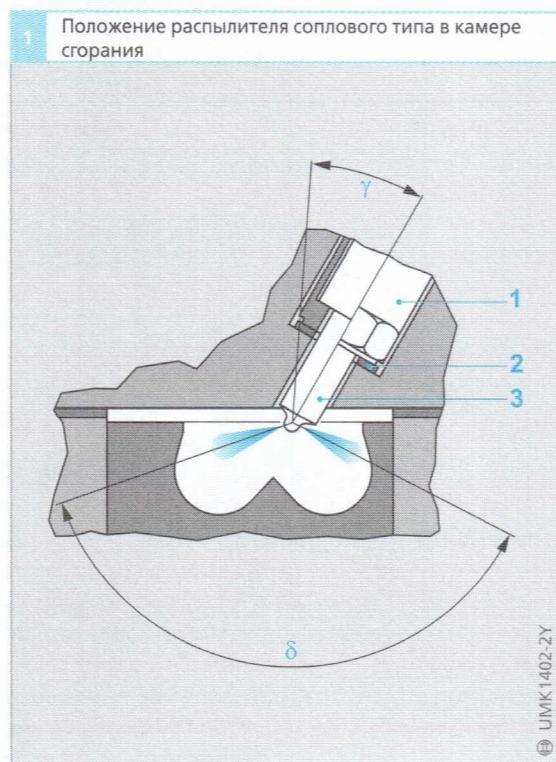


Рис. 1

- 1 Корпус распылителя
2 Уплотнительная прокладка (шайба)
3 Распылитель соплового типа
γ Угол наклона распылителя
δ Угол развёртывания факелов топлива

Варианты конструкций

Топливо в подигольном объёме, то есть ниже седла распылителя, после процесса сгорания испаряется, что приводит к значительному выбросу углеводородов (СН) с ОГ двигателя. По этой причине очень важно, чтобы этот «вредный» объём был настолько малым, насколько это возможно.

Кроме того, на характеристики открытия и закрытия распылителя решающее влияние оказывают геометрия седла и форма наконечника корпуса распылителя. Это, в свою очередь, влияет на уровень выбросов сажи и NOx с ОГ дизеля.

Рассмотрение различных факторов в сочетании с требованиями, предъявляемыми к двигателю и топливной системе, приводит к различным модификациям конструкций распылителей форсунок.

Имеются, как указывалось выше, два основных типа форсунок:

- распылители с подигольным объёмом;
- распылители с уменьшенным подигольным объёмом и с перекрытием сопловых отверстий (vco).

При этом среди распылителей с подигольным объёмом имеется несколько вариантов.

Распылители с подигольным объёмом

В распылителях форсунок с подигольным объёмом сопловые отверстия (позиция 6 на рис. 2) выходят из полости подигольного объёма в наконечнике распылителя. Если корпус распылителя имеет конический наконечник, то сопловые отверстия или механически просверливаются, или выполняются электроэрозионным способом, в зависимости от его конструкции.

В распылителях с круглым наконечником сопловые отверстия обычно выполняются электроэрозионным способом.

Подигольные объёмы распылителей могут иметь коническую или цилиндрическую форму различных размеров. Распылители с круглым наконечником (рис. 3) и цилиндрическим подигольным объёмом, который состоит из цилиндрической и полусферической частей, охватывает большое число вариантов по отношению к числу сопловых отверстий, их длине и величине конусности. В распылителях с круглым наконечником корпуса в сочетании с формой подигольного объёма обеспечивается равная длина всех сопловых отверстий.

2 Распылитель с подигольным объёмом и коническим наконечником

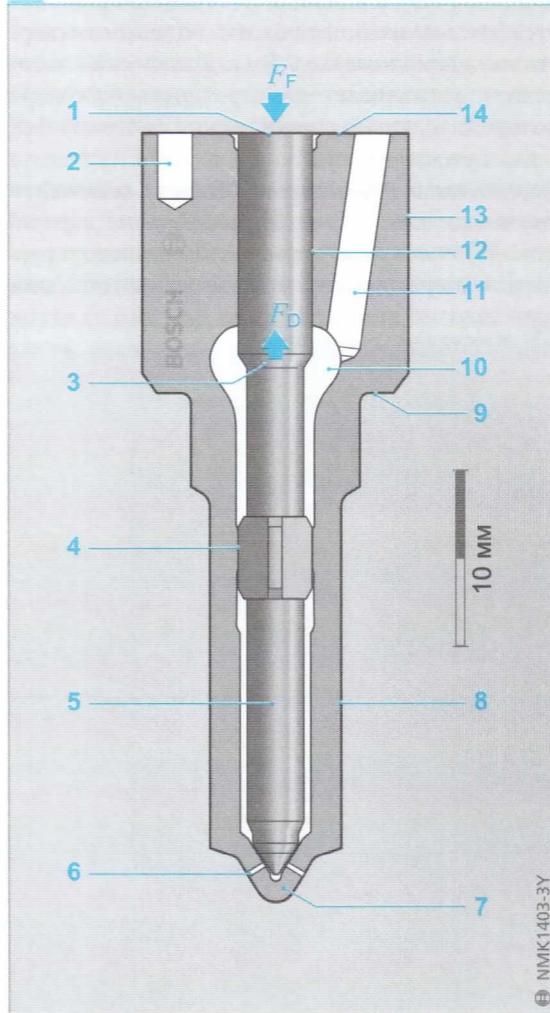


Рис. 2

- 1 Ограничитель хода иглы распылителя
 - 2 Отверстие для фиксатора
 - 3 Нажимной конус
 - 4 Вторая направляющая иглы распылителя
 - 5 Стержень иглы
 - 6 Сопловые отверстия
 - 7 Конический наконечник корпуса распылителя
 - 8 Корпус распылителя
 - 9 Упор корпуса распылителя
 - 10 Камера давления
 - 11 Впускной канал
 - 12 Направляющее отверстие иглы распылителя
 - 13 Цилиндрическая часть корпуса распылителя
 - 14 Поверхность уплотнения
- F_F Сила действия пружины
 F_D Сила действия давления на нажимной конус

3 Особенности конструкции распылителя с цилиндрическим подигольным объёмом и круглым наконечником

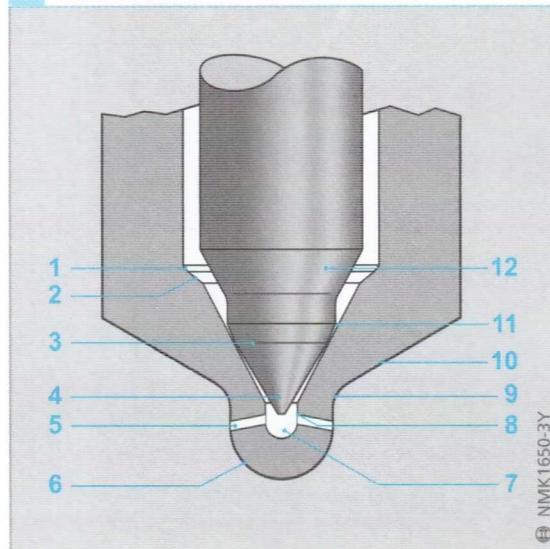


Рис. 3

- 1 Кромка
- 2 Фаска
- 3 Запирающая часть иглы распылителя
- 4 Наконечник иглы
- 5 Сопловые отверстия
- 6 Концевая головка
- 7 Цилиндрический подигольный объём («мёртвый объём»)
- 8 Передняя кромка соплового отверстия
- 9 Галтель
- 10 Конус корпуса распылителя
- 11 Седло корпуса распылителя
- 12 Демпфирующий конус

Распылители с подигольным объёмом цилиндрической формы и коническим наконечником корпуса (рис. 4а) изготавливаются с сопловыми отверстиями длиной только 0,6 мм. Конический наконечник увеличивает его прочность благодаря большей толщине стенки между галтелью 3 и седлом распылителя 4.

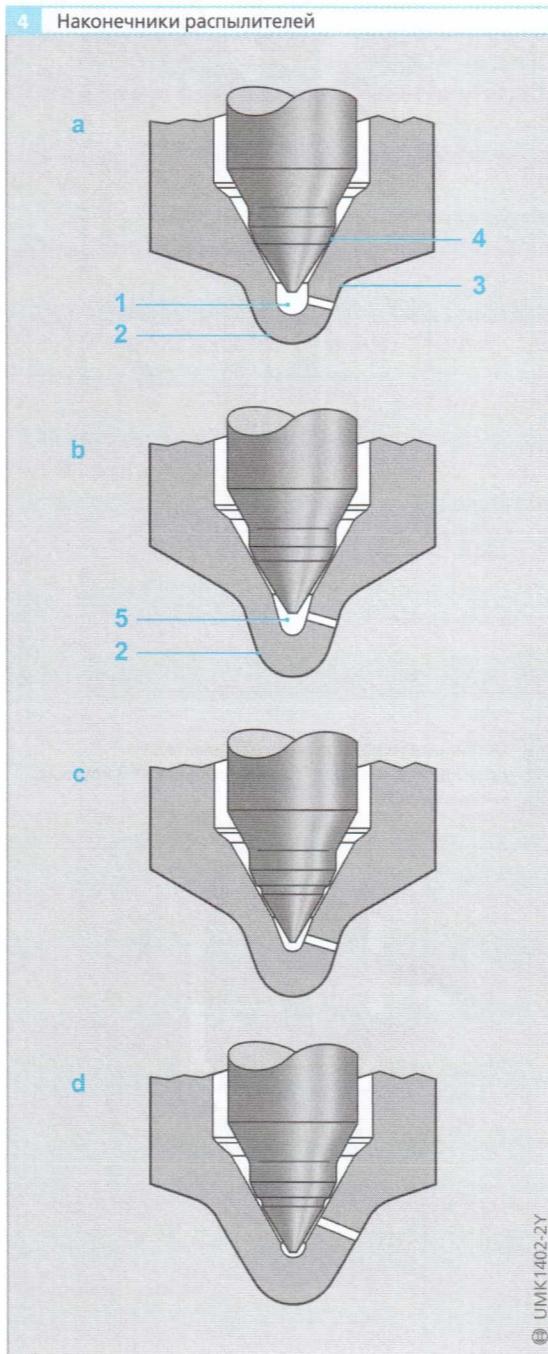
Распылители подигольным объёмом конической формы и коническим наконечником корпуса (рис. 4б) имеет остаточный объём меньшего размера, чем у распылителя с подигольным объёмом

цилиндрической формы. Величина остаточного объёма в этом случае находится между уменьшенным подигольным объёмом и подигольным объёмом цилиндрической формы. Для того чтобы достигнуть равномерной толщины стенки наконечника распылителя, рассматриваемому подигольному объёму должен соответствовать конический наконечник корпуса распылителя.

Дальнейшим усовершенствованием распылителей с подигольным объёмом является распылитель с микроподигольным объёмом (рис. 4с). Подигольный объём такого распылителя приблизительно на 30% меньше обычного подигольного объёма распылителя. Такой тип распылителя особенно подходит для использования в топливных системах Common Rail, форсунки которых работают с относительно медленным подъёмом иглы и, соответственно, со сравнительно долгим дросселированием потока в седле. Распылитель с микроподигольным объёмом представляет собой наилучший компромисс между минимизированием остаточного объёма и равномерным распределением впрыскиваемого топлива при открытии форсунки в системах Common Rail.

Рис. 4

- a Цилиндрический подигольный объём и конический наконечник
 - b Конический подигольный объём и конический наконечник
 - c Микроподигольный объём
 - d Распылитель с уменьшенным подигольным объёмом и перекрытием сопловых отверстий (vco)
- 1 Подигольный объём цилиндрической формы
 - 2 Конический наконечник корпуса распылителя
 - 3 Галтель
 - 4 Поверхность седла корпуса распылителя
 - 5 Подигольный объём конической формы



Распылители с уменьшенным подигольным объёмом и перекрытием сопловых отверстий (vco)

Для минимизирования остаточного объёма и, следовательно, для снижения эмиссии углеводородов (СН) с ОГ двигателя сопловые отверстия выходят из зоны поверхности седла распылителя. При закрытой форсунке игла распылителя почти полностью перекрывает сопловые отверстия, так что практически нет прямого соединения между подигольным объёмом и камерой сгорания (рис. 4д). Подигольный объём в таком распылителе, как отмечалось выше, значительно меньше обычного подигольного объёма. Распылители с уменьшенным подигольным объёмом (vco) имеют значительно меньший запас прочности, чем распылители с обычным подигольным объёмом, поэтому они изготавливаются только с сопловыми отверстиями длиной 1 мм. Наконечник корпуса распылителя имеет коническую форму, а сопловые отверстия изготавливаются электроэрозионным способом.

Специальная геометрия сопловых отверстий, двойная направляющая и комплексная геометрия иглы распылителя используются для дальнейшего улучшения распыливания топливного факела и, следовательно, обеспечения хорошего смесеобразования как в распылителях с обычным подигольным объёмом, так и в распылителях с уменьшенным подигольным объёмом (vco).

Тепловая защита

Максимальная температурная нагрузка распылителей с подигольным объёмом составляет приблизительно 300 °С (термическое сопротивление материала). Для обеспечения нормальной работы распылителей в особо сложных условиях используются теплозащитные втулки, а в крупных двигателях даже охлаждаемые распылители.

Влияние на эмиссию вредных веществ

Геометрия распылителя оказывает непосредственное влияние на эмиссию вредных веществ с ОГ дизелей:

- Геометрия сопловых отверстий (позиция 1 на рис. 5) влияет главным образом на эмиссию NOx.
- Геометрия седла корпуса распылителя 2 оказывает влияние на уровень шума двигателя из-за его влияния на объём топлива, подаваемого в начале процесса впрыска. Целью оптимизации геометрии сопловых отверстий и седла корпуса распылителя является создание надёжной конструкции распылителя, обеспечивающей в условиях массового производства выдерживание очень точных размерных допусков.
- Геометрия подигольного объёма 3, как отмечалось выше, влияет на эмиссию СН. Конструктор может выбирать и комбинировать различные характеристики распылителей с целью получения оптимальной конструкции для конкретного двигателя и соответствующего транспортного средства.

По этой причине важно, чтобы распылители форсунок проектировались специально для автомобиля, двигателя и топливной системы, в которых они будут использоваться. При проведении технического обслуживания очень важно, чтобы использовались только фирменные запасные детали изготовителей комплектного оборудования. Тогда исключаются ухудшение характеристик двигателя и увеличение выбросов вредных веществ с ОГ.

Формы факелов распыливания топлива

Обычно форма впрыскиваемой струи топлива в двигателях легковых автомобилей является длинной и тонкой, поскольку внутри камеры сгорания этих двигателей создаётся высокая интенсивность закрутки потока. В камерах сгорания двигателей коммерческих автомобилей закрутка потока не создаётся, и поэтому струя топлива должна быть более короткой и широкой. Даже когда имеет место высокая степень закрутки потока, индивидуальные факелы впрыскиваемого топлива не должны пересекаться и

смешиваться, в противном случае впрыскиваемое топливо могло бы попадать в зоны, где горение уже имеет место и, следовательно, имеется недостаток воздуха. Результатом этого может быть образование большого количества сажи.

Распылители соплового типа имеют до шести сопловых отверстий в двигателях легковых автомобилей и до десяти — в коммерческих автомобилях. Дальнейшее усовершенствование конструкций распылителей предполагает увеличение числа сопловых отверстий и уменьшение их диаметра (< 0,12 мм) для достижения высокой тонкости распыливания топлива и равномерного его распределения по камере сгорания.

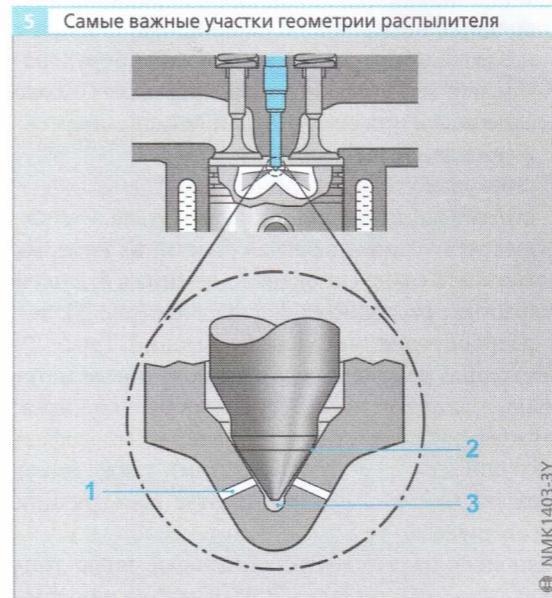
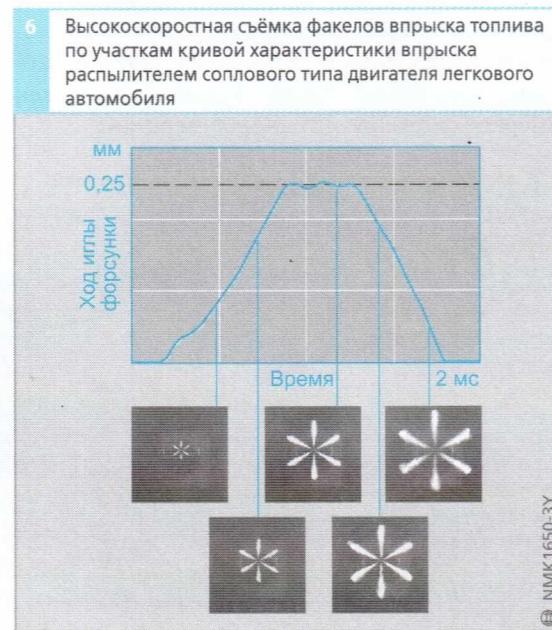


Рис. 5
1 Геометрия сопловых отверстий
2 Геометрия седла
3 Геометрия подигольного объёма



Дальнейшее развитие конструкций распылителей

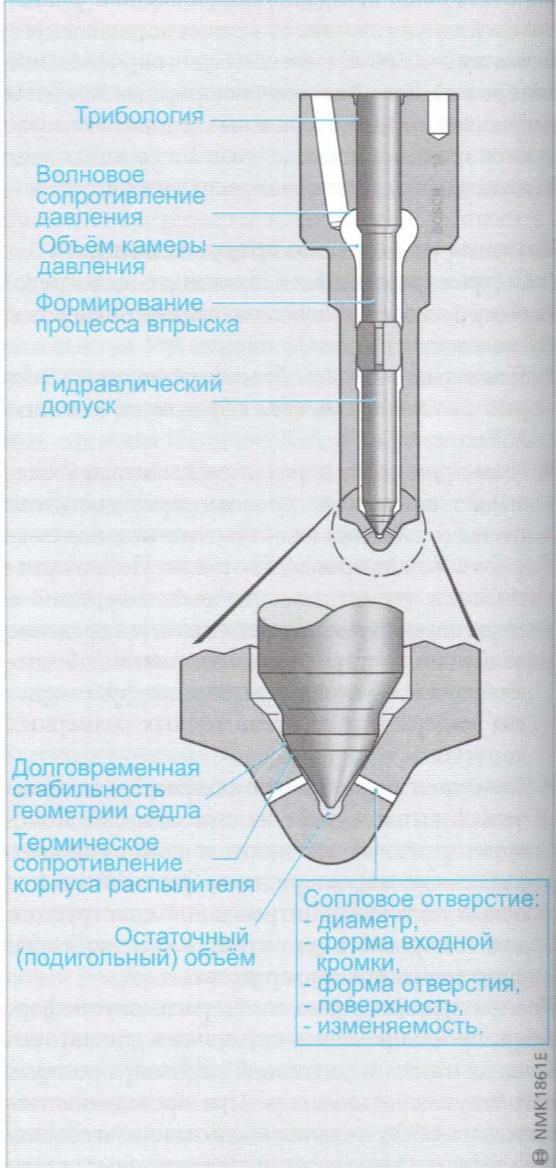
В связи со стремительной разработкой новых, высокоэффективных двигателей и топливных систем с современными функциональными возможностями (например, с многофазным впрыском топлива) необходимо проведение постоянной модернизации распылителей форсунок. Кроме того, существует ряд аспектов конструкции распылителей, в которых рассматриваются новые идеи дальнейшего их совершенствования с целью улучшения характеристик дизелей в будущем. Наиболее важными целями являются:

- минимизация неочищенных ОГ с выбросом вредных веществ для уменьшения или даже исключения расходов на дорогое оборудование для их очистки, что представляет также сложности при его утилизации (например, сажевые фильтры);
- снижение расхода топлива;
- оптимизация уровня шума двигателя.

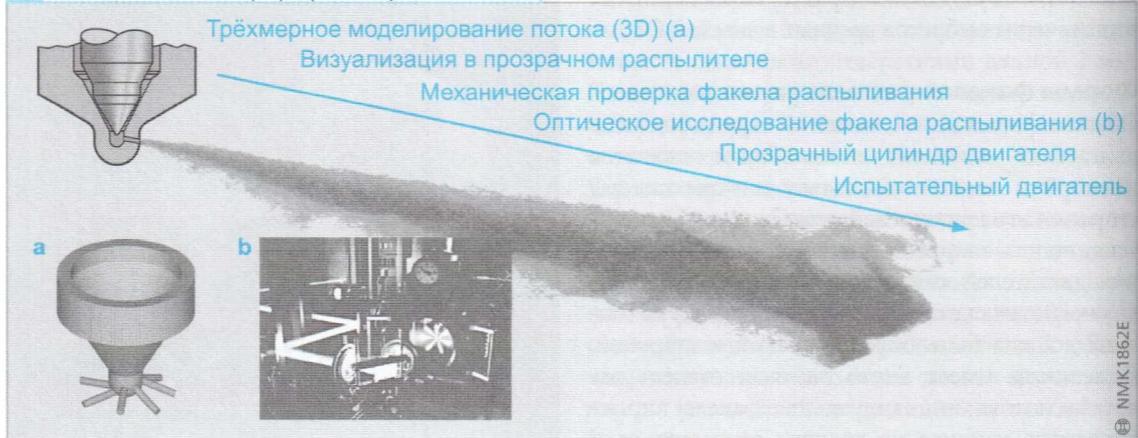
Существуют самые разные области, на которых может быть сфокусировано внимание в будущей разработке распылителей форсунок (рис. 1), как и разнообразие методов испытаний (рис. 2). Постоянно разрабатываются также новые материалы, которые позволяют увеличить срок службы распылителей. Применение многофазного впрыска топлива форсунками также имеет свои последствия при разработке конструкции распылителей.

Если используются альтернативные виды топлива, то это также влияет на конструкцию распылителя из-за различия в величине вязкости и других характеристик потока топлива. Такие изменения в некоторых случаях могут потребовать новых производственных технологий, таких как лазерное сверление сопловых отверстий.

1 Основные участки, на которые обращается внимание при разработке конструкции распылителей форсунок



2 Методы испытаний при разработке распылителей



Высокоточная технология

Представление многих людей, связанное с дизелем, больше выражается в том, что это тяжёлый и мощный механизм, чем продукт высокоточной инженерной разработки. Однако современные дизельные топливные системы сделаны из деталей, изготовленных с высочайшей степенью точности, способных противостоять очень большим напряжениям.

Распылитель форсунки является связывающим звеном между системой впрыска топлива и двигателем. Он должен точно и надёжно открываться и закрываться в течение всего срока службы двигателя. В закрытом положении распылитель не должен допускать утечек, что может увеличить расход топлива, оказывать вредное влияние на выброс токсичных веществ с ОГ, и даже может вызвать повреждение двигателя.

Для обеспечения надёжной герметичности распылителей при высоких давлениях, создаваемых в современных топливных системах, таких как VR (VP44), CR, UPS и UIS (до 2050 бар), они должны специально проектироваться и очень точно изготавливаться. Для иллюстрации сказанного приведём несколько примеров:

- Для обеспечения герметичности уплотнительной поверхности корпуса распылителя 1 она должна обрабатываться с допуском 0,001 мм (1 мкм). Это означает, что точность изготовления должна быть в пределах размера 4000 атомов металла!
- Зазор 2 между иглой распылителя и направляющей поверхностью корпуса распылителя составляет 0,002 - 0,004 мм (2 - 4 мкм). Производственные допуски равны 0,001 мм (1 мкм).

Сопловые отверстия в распылителе выполняются в процессе электроэрозионной обработки. Этот процесс эродировывает (выплавляет) металл путём испарения, вызванного высокой температурой, создаваемой искровым разрядом между электродом и рабочим материалом. Исключительно точные сопловые отверстия диаметром 0,12 мм могут быть выполнены с использованием высокоточных электродов и точно подобранных режимных параметров. Это означает, что

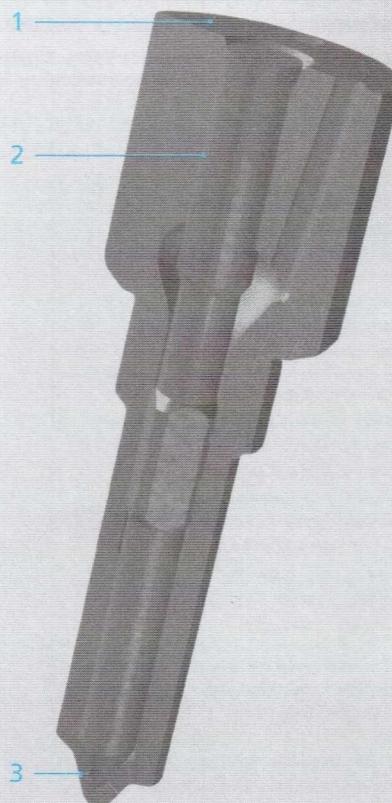
наименьший диаметр соплового отверстия только в два раза толще человеческого волоса (0,06 мм). Для того чтобы улучшить характеристики впрыска топлива, передние (входные) кромки сопловых отверстий скругляются специальными абразивными жидкостями (гидроэрозионная обработка).

Обеспечение минимальных допусков требует использования специального ультравысокоточного измерительного оборудования, как например:

- оптический 3-D координатный измерительный станок для измерения сопловых отверстий;
- лазерные интерферометры для проверки гладкости уплотнительных поверхностей распылителя.

Таким образом, процесс производства компонентов дизельной топливной аппаратуры является массовым и высокотехнологичным.

Места высокоточной обработки



Места высокоточной обработки

- 1 Уплотнительная поверхность корпуса распылителя
- 2 Зазор между иглой распылителя и направляющей поверхностью
- 3 Сопловые отверстия

Форсунки

Форсунка в сборе, состоящая из корпуса форсунки и сочетающегося с ним распылителя, устанавливается в головке блока цилиндров для каждого цилиндра (рис. 1). Форсунка является очень важным компонентом топливной системы, способствуя формированию эффективных характеристик двигателя и оказывая влияние на уровень шума и выброс вредных веществ с ОГ двигателя. Для того чтобы форсунки могли должным образом выполнять свои функции, они должны проектироваться с учётом конструкции двигателя, в котором будут использоваться.

Распылитель 4 в корпусе форсунки впрыскивает топливо в камеру сгорания дизеля 6. Кроме распылителя, форсунка содержит также следующие основные компоненты:

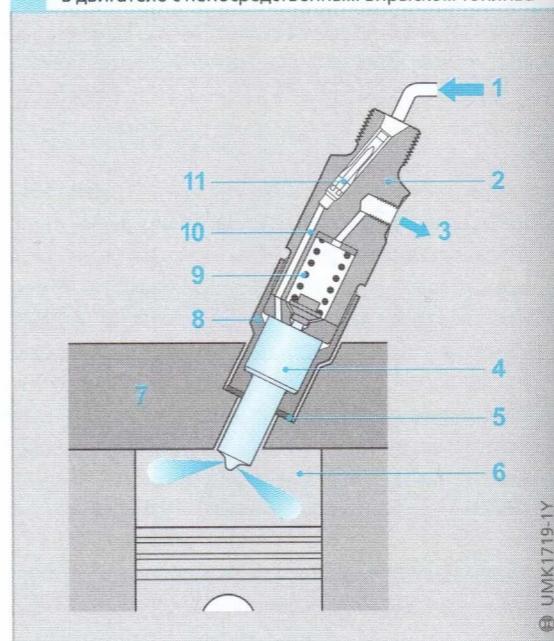
- Пружина (-ы) 9 клапана, прижимающая иглу распылителя к седлу для плотного закрытия форсунки;
- Гайка крепления распылителя 8, которая удерживает и центрирует корпус распылителя;
- Фильтр 11 для задержания частиц грязи в форсунке;
- Штуцеры для подсоединения трубопроводов линий высокого давления и возврата топлива, соединённые с каналом подвода топлива 10.

В зависимости от конструкции, корпус форсунки может содержать в себе уплотнительные прокладки и проставки. Стандартизированные размеры обеспечивают необходимую степень адаптации при минимальном разнообразии деталей.

Рис. 1

- 1 Подача топлива
- 2 Корпус форсунки
- 3 Возврат топлива
- 4 Распылитель
- 5 Уплотнительная прокладка
- 6 Камера сгорания дизеля
- 7 Головка блока цилиндров
- 8 Гайка крепления корпуса распылителя
- 9 Пружина клапана
- 10 Канал подвода топлива под давлением
- 11 Фильтр

1 Принципиальная схема установки форсунки в двигателе с непосредственным впрыском топлива



2 Коды маркировки корпусов форсунок фирмы Bosch

К В А		L Z 105		S V XX...	
К Корпус форсунки					Серия номера
В Фланцевое или прижимное крепление					Образец: последние 7 цифр маркировки
С Наружная резьба на гайке крепления корпуса распылителя					V Экспериментальный корпус
Д Накладная гайка					Нет метки = Стандартный корпус форсунки
A Нижний упор пружины Диаметр корпуса форсунки 17 мм (Тип распылителя P), диаметр 25 мм (Тип распылителя S)					P Распылитель (диаметр корпуса 14,3 мм)
E Нижний упор пружины Диаметр корпуса форсунки 21 мм (Тип распылителя P и S)					S Распылитель (диаметр корпуса 17 мм)
N Нижний упор пружины Диаметр корпуса форсунки 17/21 мм (Тип распылителя P)					Длина (мм)
L Длинная нижняя часть корпуса распылителя Нет метки = Короткая нижняя часть корпуса распылителя					
Z Два впускных канала Нет метки = Один впускной канал					

Конструкция корпусов форсунок дизелей с непосредственным впрыском топлива (DI - с неразделёнными камерами сгорания) и с разделёнными камерами сгорания (IDI) практически не отличается. Но с тех пор как современные дизели стали почти исключительно с непосредственным впрыском топлива, то и показанные здесь форсунки предназначены главным образом для дизелей с непосредственным впрыском топлива. Описание конструкции форсунок, однако, может быть принято и для форсунок дизелей IDI, но при этом нужно держать в уме, что в последних обычно используются штифтовые распылители, в отличие от сопловых распылителей дизелей DI.

Корпусы форсунок могут комбинироваться с различными распылителями. Кроме того, в зависимости от требуемого расположения факелов распыливания имеется выбор между:

- стандартным корпусом форсунки (корпус форсунки с одной пружиной);
- корпусом форсунки с двумя пружинами (кроме систем с насос-форсунками).

Вариантом этих конструкций является ступенчатый корпус форсунки, который особенно подходит к двигателям с ограниченным установочным пространством.

В зависимости от устройства топливной системы, в которой они используются, форсунки

могут иметь или не иметь в корпусе датчик перемещения иглы, который посылает в электронный блок управления сигнал точного начала впрыска топлива.

Корпусы форсунок могут закрепляться в головке блока цилиндров посредством фланцев, прижимов, накидных гаек или наружной резьбы. Штуцер соединения с линией высокого давления может находиться по центру форсунки или сбоку.

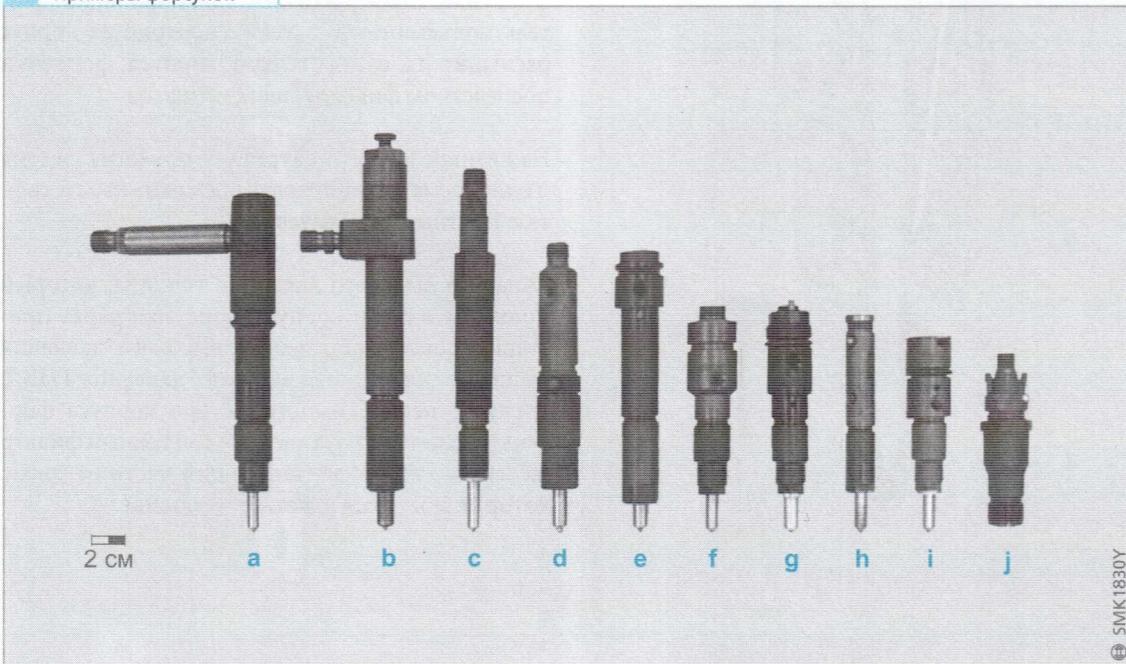
Утечки топлива по игле распылителя действуют как смазка. Во многих конструкциях форсунок это топливо возвращается в топливный бак по линии возврата.

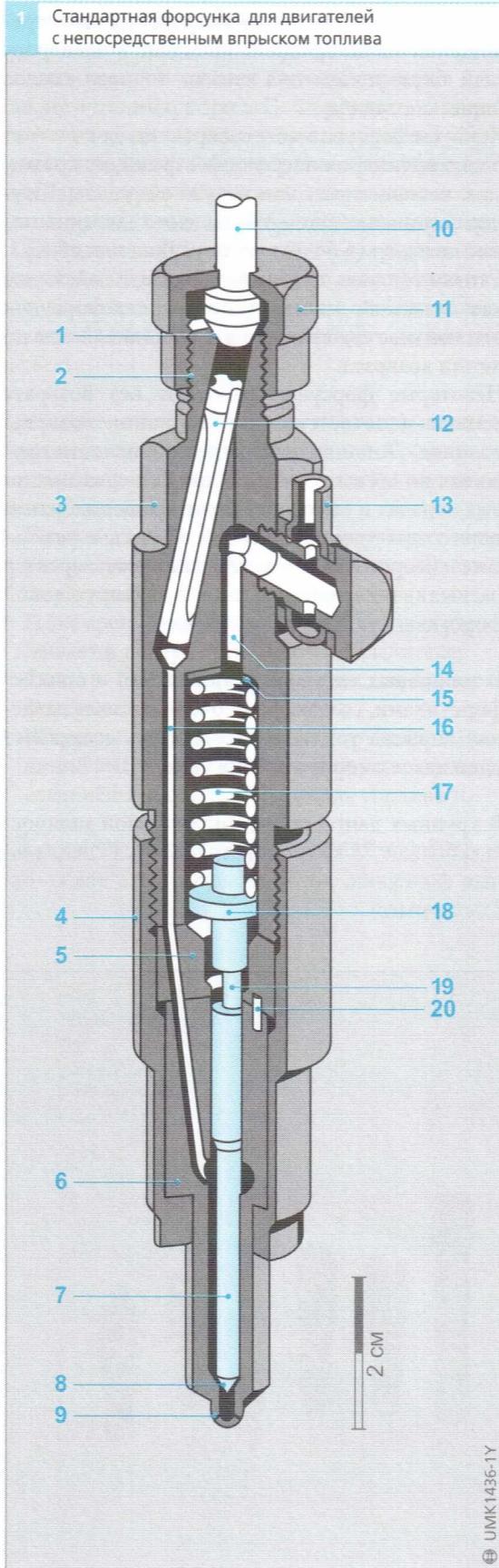
Некоторые форсунки работают без возврата топлива (соответственно, без линии возврата топлива). Топливо, находящееся в полости пружины, во время хода иглы при больших цикловых подачах и высокой частоте вращения двигателя создаёт демпфирующий эффект, в результате которого имеет место такой же характер распыливания топлива, как и в двухпружинной форсунке.

В топливных системах Common Rail и с насос-форсунками, создающими очень высокое давление впрыска топлива, распылитель составляет одно целое с корпусом форсунки.

В крупных двигателях с цилиндровой мощностью больше 75 кВт/цилиндр имеются специальные форсунки, которые могут быть также охлаждаемыми.

3 Примеры форсунок





Стандартные форсунки

Устройство и применение

Основные конструктивные особенности стандартных форсунок заключаются в следующем:

- наружные диаметры цилиндрической части корпуса имеют размеры 17, 21, 25 и 26 мм;
- распылители соплового типа для двигателей с непосредственным впрыском топлива, зафиксированные в корпусе форсунки;
- стандартизированные отдельные детали (пружины, нажимные штифты, гайки крепления корпусов распылителей), которые допускают различные комбинации конструкций форсунок.

Форсунка состоит из корпуса форсунки в сборе и распылителя (рис. 1, с распылителем соплового типа). Корпус форсунки в сборе включает в себя следующие компоненты:

- собственно корпус форсунки 3;
- проставка 5;
- гайка крепления корпуса распылителя 4;
- нажимной штифт 18;
- пружина 17;
- регулировочная шайба 15;
- фиксирующий штифт 20.

Распылитель прикрепляется к корпусу форсунки накидной гайкой. После того как гайка крепления распылителя затянута на корпусе форсунки, проставка оказывается прижатой к уплотнительным поверхностям корпуса и распылителя форсунки. Проставка действует как ограничитель подъема иглы, а также центрирует корпус распылителя относительно корпуса форсунки посредством фиксирующих штифтов.

Нажимной штифт центрирует пружину сжатия и одновременно направляется нажимным штифтом 19 иглы распылителя.

Канал 16 высокого давления топлива, который проходит внутри корпуса форсунки через проставку, соединяет полость высокого давления распылителя с линией высокого давления ТНВД. В случае необходимости внутри корпуса форсунки может быть установлен топливный фильтр щелевого типа, задерживающий частицы грязи, которые могут содержаться в топливе.

Принцип работы

Пружина внутри корпуса форсунки воздействует на иглу распылителя через нажимной штифт. Сила затяжки пружины, которая определяет давление начала подъема иглы распылителя, устанавливается с помощью регулировочных шайб.

Топливо проходит через щелевой фильтр 12 в канал высокого давления 16 в корпусе форсунки 3 и затем через проставку 5 и корпус распылителя 6 в пространство между запорным конусом 8 и седлом иглы форсунки. Во время впрыска топлива игла 7 распылителя под действием давления топлива (110—170 бар в штифтовых распылителях и 150—350 бар в распылителях соплового типа) поднимается вверх, и топливо впрыскивается в камеру сгорания через сопловые отверстия 9. Процесс впрыска топлива заканчивается, когда давление падает до уровня, определяемого пружиной сжатия 17, то есть пока давление может поднять иглу распылителя от седла. Таким образом, начало впрыска регулируется давлением топлива. Количество впрыскиваемого топлива в основном зависит от того, как долго распылитель форсунки остаётся открытым.

Для того чтобы ограничить подъём иглы распылителя, в некоторых конструкциях имеется демпфер иглы (рис. 2).

Форсунки со ступенчатым упором

Устройство и применение

В двигателях коммерческих автомобилей с несколькими клапанами на цилиндр, особенно там, где форсунка по условиям размещения должна быть установлена вертикально, используются форсунки со ступенчатым упором корпуса (рис. 3). Название форсунки связано с наличием упора 1.

Конструкция и принцип работы такие же, как и в стандартных форсунках. Основное отличие заключается в способе подсоединения трубопровода линии высокого давления. Тогда как в стандартных форсунках гайки трубок завёртываются на резьбовые штуцеры в верхней части корпуса, в форсунках со ступенчатым упором подвод топлива осуществляется через соединительные штуцеры 10 сбоку корпуса 11. Такой тип устройства обычно используется для получения очень коротких трубок линии высокого давления, что оказывает положительное влияние на развитие давления впрыска из-за меньшего объёма трубопроводов линии высокого давления. Форсунки со ступенчатым упором выпускаются как с каналом возврата топлива 9, так и без него.

Рис. 2

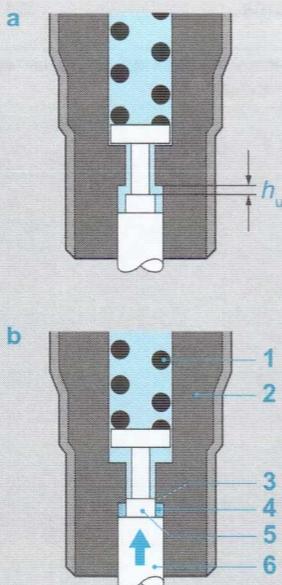
- a Распылитель закрыт
- b Демпфируемый подъём иглы
- 1 Пружина
- 2 Корпус форсунки
- 3 Зазор
- 4 Гидравлический буфер
- 5 Поршень демпфера
- 6 Игла распылителя

h_u Недемпфируемый подъём (приблизительно 1/3 от полного подъёма)

Рис. 3

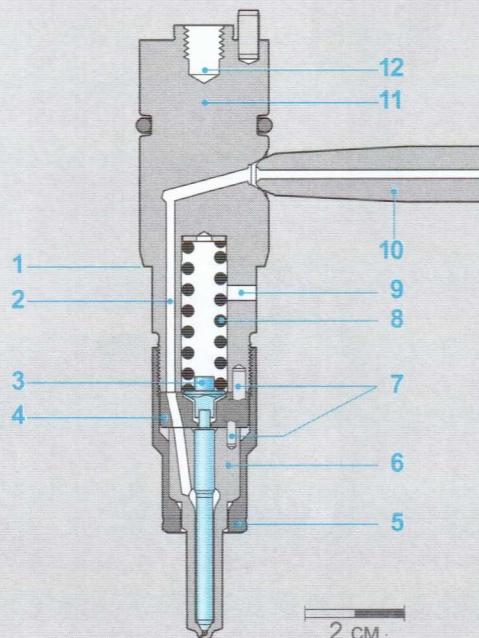
- 1 Упор корпуса
- 2 Канал высокого давления
- 3 Нажимной штифт
- 4 Проставка
- 5 Гайка крепления корпуса распылителя
- 6 Корпус распылителя
- 7 Фиксирующий штифт
- 8 Пружина
- 9 Канал возврата топлива
- 10 Штуцер подвода топлива
- 11 Корпус форсунки
- 12 Резьба для болта съёмника

2 Демпфер иглы распылителя

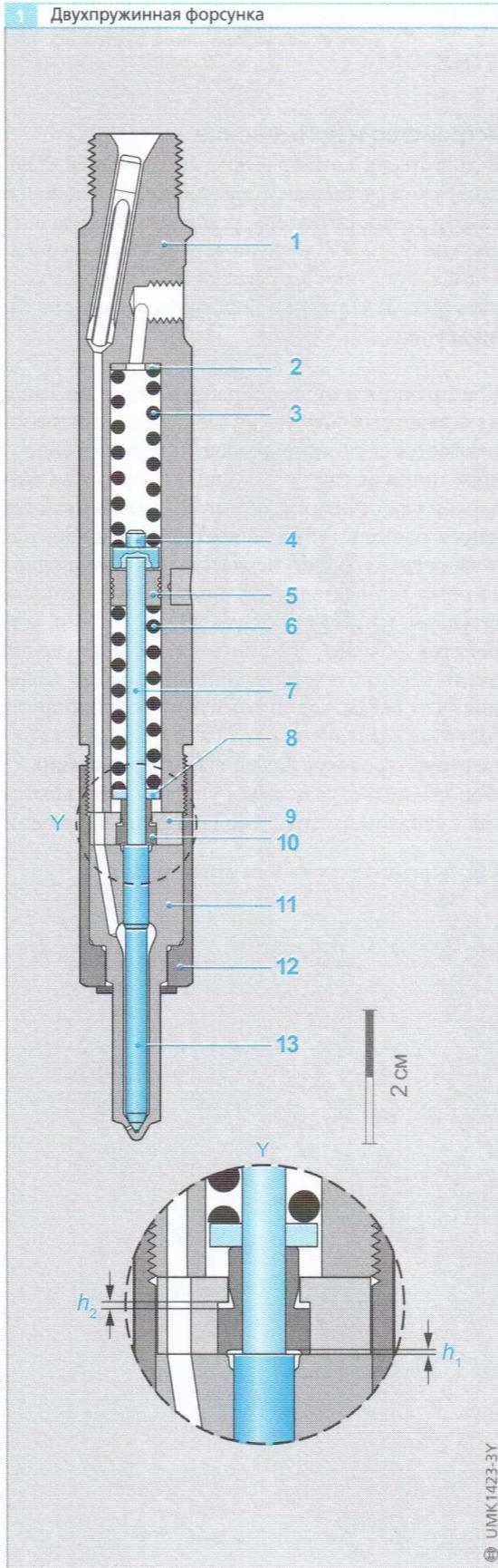


SMK1829Y

3 Форсунка со ступенчатым упором корпуса



UMK1720-2Y



Двухпружинные форсунки

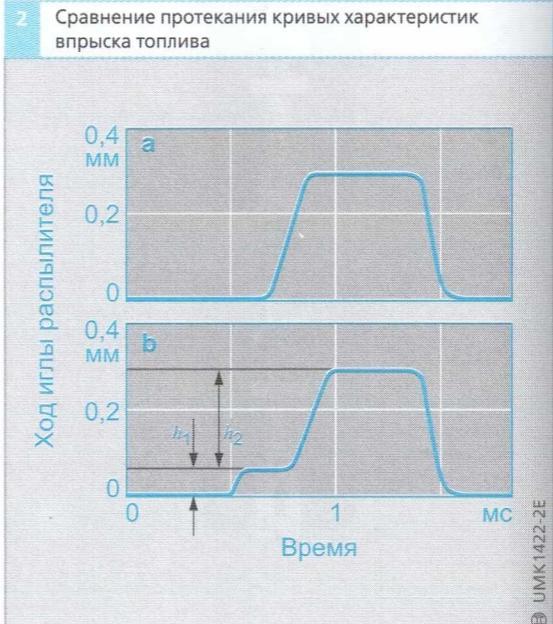
Применение

Двухпружинная форсунка является усовершенствованной конструкцией стандартной форсунки с такими же габаритными размерами. Однако благодаря ступенчатости переднего фронта характеристики впрыска (рис. 2) обеспечивается более «мягкое» сгорание и, следовательно, менее шумная работа двигателя, особенно на минимальной частоте вращения холостого хода и на частичных нагрузках. Двухпружинные форсунки используются преимущественно в двигателях с непосредственным впрыском топлива (DI).

Устройство и принцип действия

В корпусе двухпружинной форсунки (рис. 1) установлены две пружины сжатия, расположенные одна за другой. Вначале на иглу распылителя 13 действует только одна пружина 3, определяя, таким образом, давление начала её подъёма. Вторая пружина 6 остаётся на упорной втулке 10, которая ограничивает подъём иглы. Во время процесса впрыска топлива ход иглы распылителя вначале составляет h_1 (0,03—0,06 мм для двигателей DI и 0,1 мм для двигателей IDI). Это позволяет подавать в камеру сгорания двигателя только небольшое количество топлива.

По мере увеличения давления внутри форсунки упорная втулка преодолевает силу затяжки пружин 3 и 6, и в результате игла распылителя завершает полный подъём ($h_1 + h_2 = 0,2—0,4$ мм), в результате чего впрыскивается основное количество топлива.



Форсунки с датчиком подъёма иглы распылителя

Применение

Момент начала подачи топлива является ключевым параметром оптимизации эффективных характеристик работы дизеля. Возможность определения этой величины позволяет регулировать начало подачи в соответствии с нагрузкой и частотой вращения двигателя в системе управления с обратной связью (замкнутой системе управления). В топливных системах с ТНВД распределительного типа и с рядными многоплунжерными ТНВД это достигается посредством использования форсунок с датчиком подъёма иглы распылителя (рис. 2), который передаёт сигнал начала подъёма иглы.

Устройство и принцип действия

Через катушку датчика проходит электрический ток приблизительно в 30 мА (позиция 11 на рис. 2). Удлиненный нажимной шток 12 скользит внутри направляющей 9. Глубина проникновения X определяет величину магнитного поля в катушке, при изменении которого в результате перемещения иглы генерируется сигнал напряжения, зависящий также от скорости движения иглы (рис. 1). Этот сигнал обрабатывается в обрабатывающем контуре электронного блока управления. Если уровень сигнала превышает пороговое напряжение, то это интерпретируется в анализаторе как момент начала впрыска.

2 Двухпружинная форсунка с датчиком подъёма иглы распылителя для дизеля с непосредственным впрыском топлива

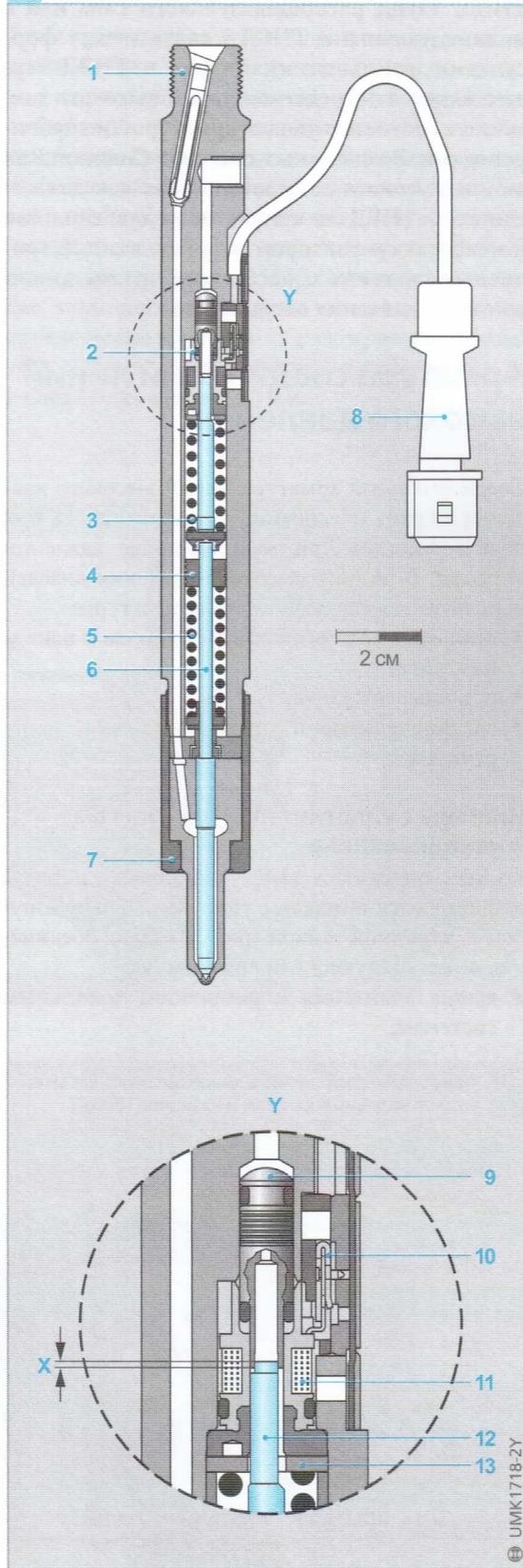
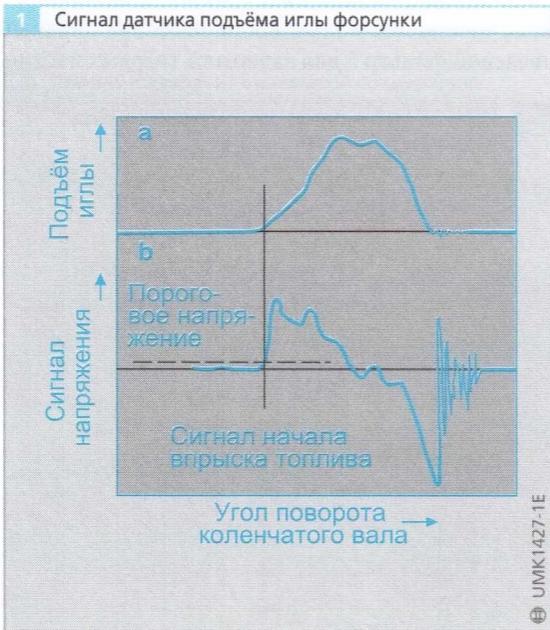


Рис. 1

- a Кривая подъёма иглы
- b Кривая характеристики соответствующего сигнала напряжения катушки

Рис. 2

- 1 Корпус форсунки
 - 2 Датчик подъёма иглы
 - 3 Пружина
 - 4 Направляющая шайба
 - 5 Пружина
 - 6 Нажимной шток
 - 7 Гайка крепления корпуса распылителя
 - 8 Разъём соединения с электронным блоком управления
 - 9 Направляющий штифт
 - 10 Контакт
 - 11 Катушка датчика
 - 12 Нажимной шток
 - 13 Седло пружины
- X Глубина проникновения нажимного штока в катушку



Линии высокого давления

Независимо от концепции базовой топливной системы — с рядными многоплунжерными ТНВД, ТНВД распределительного типа или с индивидуальными ТНВД — связь между форсунками отдельных цилиндров и ТНВД осуществляется посредством линий высокого давления с соответствующей арматурой и трубопроводами. В топливных системах Common Rail линии высокого давления служат как для соединения ТНВД с аккумулятором давления, так и между аккумулятором и форсунками. В топливных системах с насос-форсунками линии высокого давления отсутствуют.

Арматура соединений линий высокого давления

Соединительная арматура линий высокого давления должна обеспечивать герметичность при подаче топлива при максимальном давлении впрыска. В линиях высокого давления дизелей используются следующие типы арматуры:

- ниппель с уплотнительным конусом и накидная гайка;
- вставные штуцеры;
- соединительные штуцеры с нажимной попечной.

Ниппель с уплотнительным конусом и накидная гайка

Во всех описанных выше топливных системах используются ниппели с уплотнительным конусом и накидной гайкой (рис. 1). Такое соединение имеет следующие преимущества:

- лёгкая адаптация к различным топливным системам;

- арматура может отсоединяться и снова соединяться много раз;
- уплотнительный конус ниппеля может подготавливаться по месту.

Ниппели с уплотнительным конусом 3 устанавливаются на обоих концах трубки высокого давления. Накидная гайка 2 прижимает конус ниппеля к конической поверхности штуцера 4, обеспечивая необходимое уплотнение. В некоторых соединениях устанавливается дополнительная прижимная шайба 1, которая обеспечивает равномерное распределение сил от накидной гайки к уплотнительному конусу. Внутренний диаметр соединения не должен быть при этом сужен, чтобы не было дросселирования потока. Детали уплотнительного конического соединения обычно изготавливаются в соответствии со стандартом DIN 73365 (рис. 2).

Вставные штуцеры

Вставные штуцеры (рис. 3) используются в топливных системах с индивидуальными ТНВД и Common Rail, устанавливаемых на мощных коммерческих автомобилях. С такими устройствами нет необходимости прокладывать трубопроводы линии высокого давления вокруг головки блока цилиндров, чтобы подсоединить их к форсункам. Это предполагает установку коротких топливных линий, что связано с экономией пространства, а также облегчает сборку.

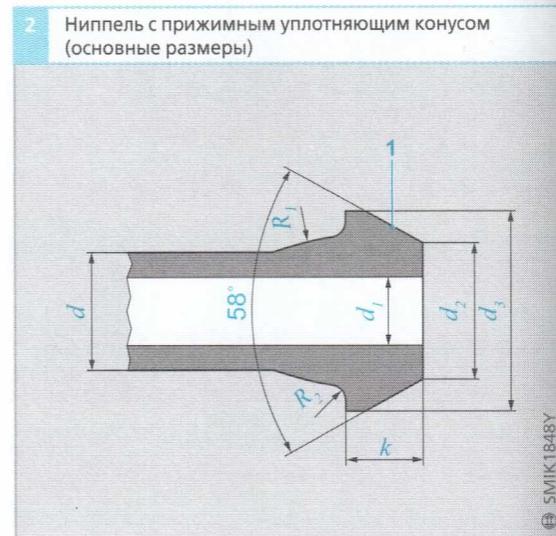
Резьбовое соединение 8 прижимает вставленный в головку блока цилиндров штуцер 3 непосредственно к корпусу форсунки 1. Соединение в сборе включает в себя также необслуживаемый щелевой фильтр 5 для задержки твёрдых частиц,

Рис. 1

- 1 Прижимная шайба
- 2 Накидная гайка
- 3 Ниппель с уплотнительным конусом линии высокого давления
- 4 Уплотнительное соединение линии высокого давления на штуцерах ТНВД и форсунки

Рис. 2

- 1 Уплотнительная поверхность
- d Наружный диаметр ниппеля (трубки)
 d_1 Внутренний диаметр ниппеля (трубки)
 d_2 Внутренний диаметр конуса
 d_3 Наружный диаметр конуса
 k Длина конуса
 R_1, R_2 Радиусы



возможно содержащихся в топливе. На другом конце линии высокого давления 7 используется описанное выше соединение с уплотнительным конусом и накидной гайкой 6.

Соединительные штуцеры с нажимной поперечиной

Соединительные штуцеры с поперечиной (рис. 4) используются в некоторых двигателях легковых автомобилей. Такие соединения удобны для установки в ограниченном пространстве моторного отсека. Арматура включает в себя каналы подвода и возврата топлива (9 и 7, соответственно). Болт 1 прижимает поперечину 2 к корпусу форсунки 5, обеспечивая герметичное соединение.

Трубопроводы линий высокого давления

Трубопроводы линий высокого давления должны противостоять максимальному давлению в системе впрыска топлива так же, как и изменениям давления, которые могут достигать очень высоких колебаний. Трубопроводы линий высокого давления изготавливаются из бесшовных калиброванных стальных труб (из раскисленной стали) с особо однородной микроструктурой. Размеры трубок соответствуют размерам ТНВД (Таблица 1). Все трубопроводы линий высокого давления прокладываются таким образом, чтобы исключить острые изгибы. Радиус изгиба трубы не должен быть меньше 50 мм.

3 Пример очень плотного соединения с вставным штуцером

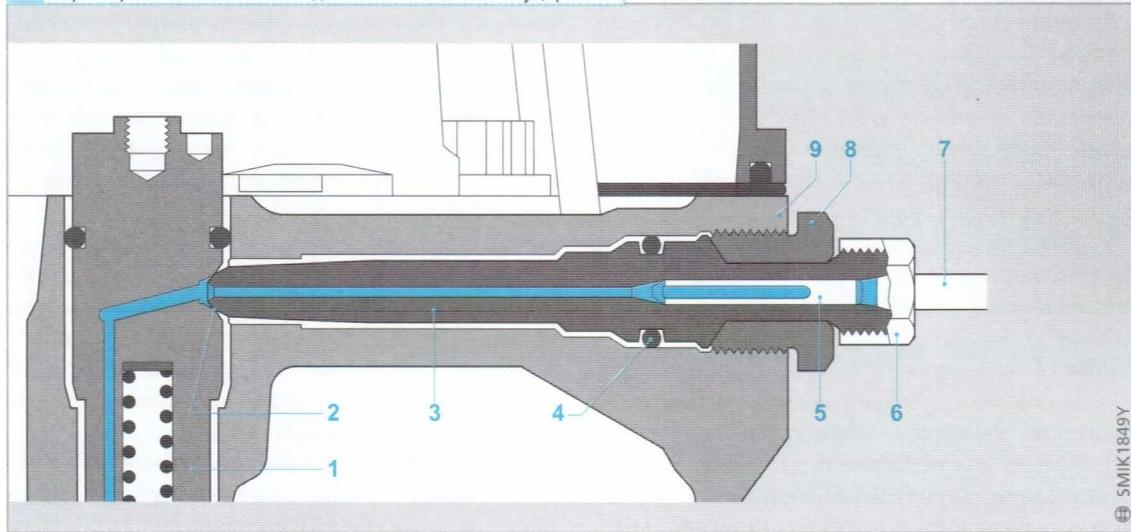


Рис. 3
1 Корпус форсунки
2 Уплотнительный конус
3 Штуцер высокого давления
4 Уплотнительное кольцо
5 Щелевой фильтр
6 Накидная гайка
7 Подводящая линия высокого давления топлива
8 Резьбовое соединение
9 Головка блока цилиндров

4 Пример соединения с нажимной поперечиной

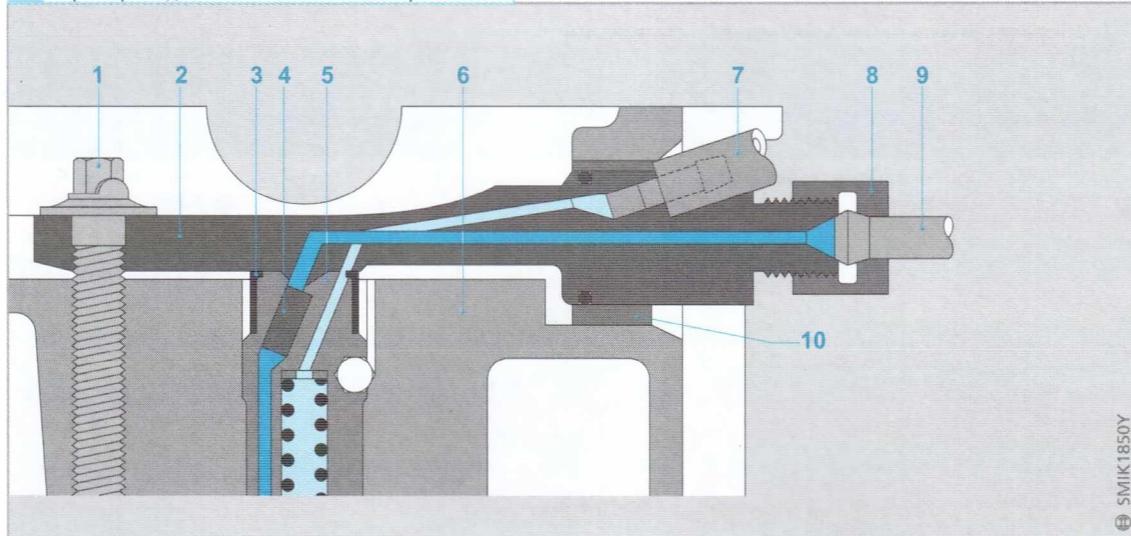


Рис. 4
1 Прижимной болт
2 Нажимная поперечина
3 Формованное уплотнительное кольцо
4 Щелевой фильтр
5 Корпус форсунки
6 Головка блока цилиндров
7 Линия возврата топлива (возврат утечек топлива)
8 Накидная гайка
9 Линия высокого давления
10 Прижим

Эксперт

► Кавитация в контурах высокого давления топливных систем

Кавитация очень опасна и может повредить топливную систему (рис. 1). Процесс кавитации протекает следующим образом.

Локальные изменения давления возникают в местах сужения и изгибах, когда жидкость с очень большой скоростью входит в закрытую полость (например, в корпусе ТНВД или в линии высокого давления). В этих местах могут кратковременно образовываться локальные зоны пониженного давления, которые, в свою очередь, способствуют парообразованию с появлением пузырьков пара (паровых пробок).

Эти газовые пузырьки в последующей фазе высокого давления взрываются. Если стенка располагается в непосредственной близости от данного локального участка, то высокая концентрированная энергия со временем может образовать на данной поверхности полость, или каверну (эффект эрозии). Такой процесс называется кавитационным повреждением.

Поскольку пузырьки пара перемещаются потоком жидкости, кавитационные повреждения при их образовании не возникают. Действительно, кавитационные повреждения часто появляются в зонах образования вихрей.

Причины, вызывающие образование таких временных локальных зон низкого давления, могут быть самыми разными. Типичными факторами являются:

- процессы разгрузки линий;
- закрытие клапанов;
- нагнетание в зазорах между движущимися телами;
- волны разрежения в каналах и трубопроводах.

Попытки бороться с кавитацией путём применения материалов более высокого качества и повышения твёрдости поверхности приносит ограниченную пользу. Наилучшим способом является, и остаётся, предотвращение парообразования и, если полностью предотвратить его не удаётся, то необходимо улучшить характер течения потока, чтобы ограничить негативное воздействие пузырьков пара (паровых «пробок»).

1 Кавитационное повреждение в распределительной головке ТНВД VE



Рис. 1
1 Кавитация

2 Взрыв в кавитационном пузырьке

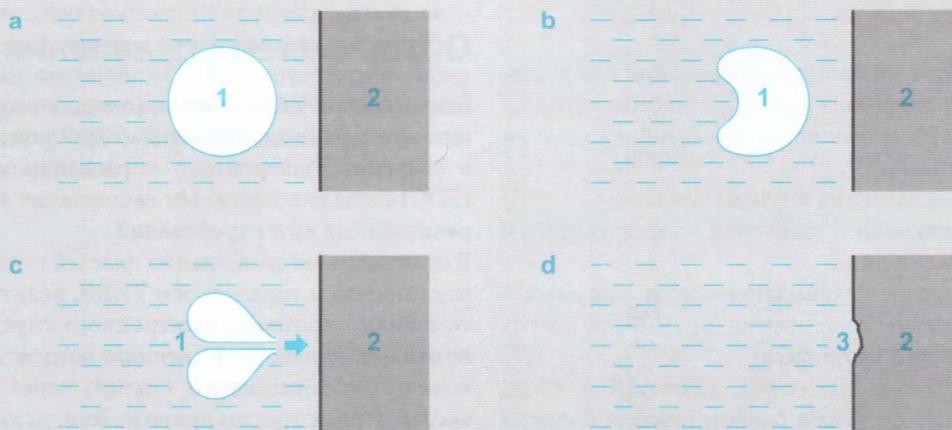


Рис. 2
a Образование пузырька пара
b Деформирование пузырька пара
c Сжатые разделённые части образуют крутой фронт с очень высокой энергией
d Взрывающийся пузырёк пара оставляет на стенке углубление

- 1 Паровой пузырёк
- 2 Стенка
- 3 Углубление (каверна)

© SMK 1852Y

Электронное управление дизелей

Электронное управление дизелей позволяет обеспечить точное и дифференцированное регулирование параметров впрыска топлива. Только таким образом можно удовлетворить большой ряд технических требований, предъявляемых к современным дизелям. Система электронного управления подразделяется на три системных блока — «датчики и задающие генераторы импульсов», «электронный блок управления» и «исполнительные устройства (приводы)».

Технические требования

Снижение расхода топлива и выброса вредных веществ с ОГ дизеля (NO_x , CO, CH, сажевых частиц) вместе с требованиями повышения мощности и крутящего момента являются основными принципами разработок современных конструкций дизелей.

В последние годы это привело к преимущественному применению дизелей с непосредственным впрыском топлива (DI), которые по сравнению с дизелями с разделёнными камерами сгорания (IDI) работают со значительно более высокими давлениями впрыска топлива. Благодаря более эффективному процессу смесеобразования и отсутствию гидравлических потерь при перетекании газов из предкамеры/вихревой камеры в основную камеру сгорания расход топлива в дизелях с непосредственным впрыском топлива на 10—15% ниже, чем в дизелях с разделёнными камерами сгорания.

Кроме того, при разработке дизелей должны учитываться повышенные требования к комфорту и управляемости, предъявляемые к современным автомобилям. Уровень шума также является объектом всё более пристального внимания.

В результате повысились требования к характеристикам топливных систем и систем управления дизелей, особенно по отношению к следующим факторам:

- высокие давления впрыска топлива;
- формирование требуемой характеристики впрыска топлива;
- обеспечение предварительного и, там где это применимо, дополнительного (после основного) впрыска топлива;
- соответствие величины цикловой подачи, давления наддува и момента начала впрыска эксплуатационным режимам работы дизеля;
- температурно-зависимая величина пусковой подачи;
- регулирование минимальной частоты вращения холостого хода независимо от нагрузки двигателя;
- регулирование рециркуляции ОГ (легковые автомобили);
- управление системой поддержания скорости автомобиля (круиз-контроль);
- жёсткие допуски на угол опережения впрыска и величину цикловой подачи топлива вместе с высокой точностью, поддерживаемой в течение всего срока службы системы (долговременное поддержание эксплуатационных характеристик).

В обычных механических регуляторах частоты вращения двигателя имеется целый ряд регулировочных механизмов для адаптации к различным эксплуатационным условиям работы двигателя и обеспечения высокого качества смесеобразования. Тем не менее, их работа ограничивается простым контуром управления двигателя, при этом имеется целый ряд важных параметров влияния, которые механическая система не принимает во внимание или не может достаточно быстро реагировать на их изменение.

По мере ужесточения требований более совершенная система регулирования с электрическим приводом рейки ТНВД трансформировалась в современную электронную систему управления дизелей (EDC), то есть комплексную электронную систему, способную обрабатывать большой объём данных в режиме реального времени. Она может составлять часть общей бортовой системы электронного управления автомобилем («drive-by-wire»). В результате всё возрастающей интеграции электронных устройств контуры в электронных блоках управления могут занимать очень мало места.

Обзор систем управления

Значительное увеличение в последние годы вычислительных возможностей микропроцессоров в системах электронного управления дизелей (EDC) сделало возможным выполнение всех перечисленных выше требований.

В отличие от автомобильных дизелей с обычным механическим управлением ТНВД, водитель автомобиля с системой электронного управления не оказывает непосредственного воздействия на количество подаваемого топлива через педаль акселератора с тросом привода. Вместо этого величина цикловой подачи топлива определяется целым рядом переменных, которые включают в себя следующие факторы:

- реакция автомобиля на действия водителя (положение педали акселератора);
- эксплуатационный режим работы двигателя;
- температура охлаждающей жидкости двигателя;
- влияние других систем (например, противобуксовочной системы TCS);
- влияние уровня эмиссии вредных веществ с ОГ, и т.д.

Электронный блок управления рассчитывает количество впрыскиваемого топлива на основе всех этих факторов, в том числе величину угла опережения впрыска топлива. Это требует концепции всестороннего мониторинга, в котором определяются отклонения регулируемых параметров и запускаются необходимые действия в соответствии с их влиянием, например, ограничение крутящего момента или движение в режиме «limp-home» (аварийный режим работы) при минимальной частоте вращения холостого хода. Следовательно, электронная система управления дизелей включает в себя несколько контуров управления с обратной связью.

Система электронного управления дизеля может также осуществлять обмен данными с другими электронными системами автомобиля, такими как противобуксовочная система (TCS), система управления трансмиссией или система курсовой устойчивости (ESP). Всё это означает, что система управления двигателя с общей электронной системой управления автомобиля обеспечивает выполнение таких функций, как уменьшение крутящего момента при переключении передач в автоматической трансмиссии, регулирование величины крутящего момента при проскальзывании колёс, отключение подачи топлива иммобилайзером двигателя и т.д.

Система электронного управления дизеля полностью интегрирована в бортовую систему диагностики автомобиля. Она соответствует всем требованиям диагностики OBD (бортовая диагностика) и EOBD (Европейская система бортовой диагностики).

Системные блоки

Электронная система управления дизеля включает в себя три системных блока устройств (рис. 1):

1. *Датчики и генераторы импульсов* 1 определяют эксплуатационные режимы работы двигателя (например, частоту вращения) и управляющие действия (команды) водителя (например, положения выключателей), преобразуя физические переменные в электрические сигналы.

2. *Электронный блок управления* 2 обрабатывает информацию, полученную от датчиков и задающих генераторов импульсов, в соответствии со специальным математическим порядком расчёта (алгоритмы управления). Он управляет исполнительными устройствами (приводами) посредством выходных электрических сигналов, а также обеспечивает взаимодействие (интерфейс) с другими системами 4 и с системой диагностики автомобиля 5.

3. *Исполнительные устройства (приводы)* 3 преобразуют управляющие электрические сигналы от электронного блока управления в физические переменные, например, в действие электромагнитного привода рейки ТНВД для изменения величины подачи топлива.

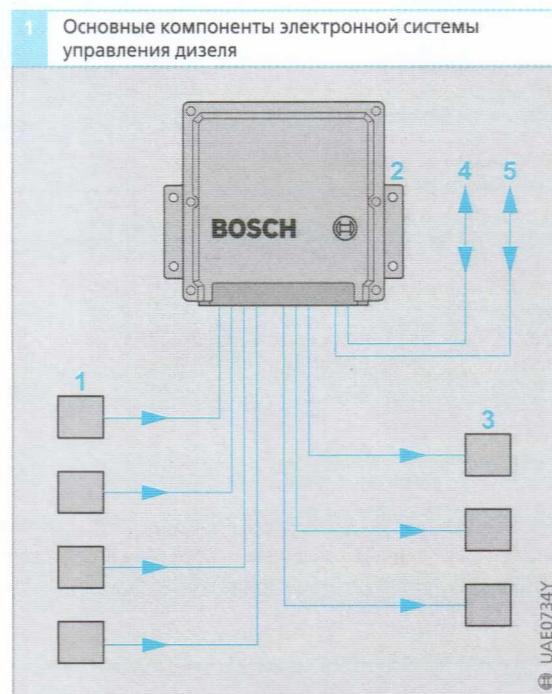
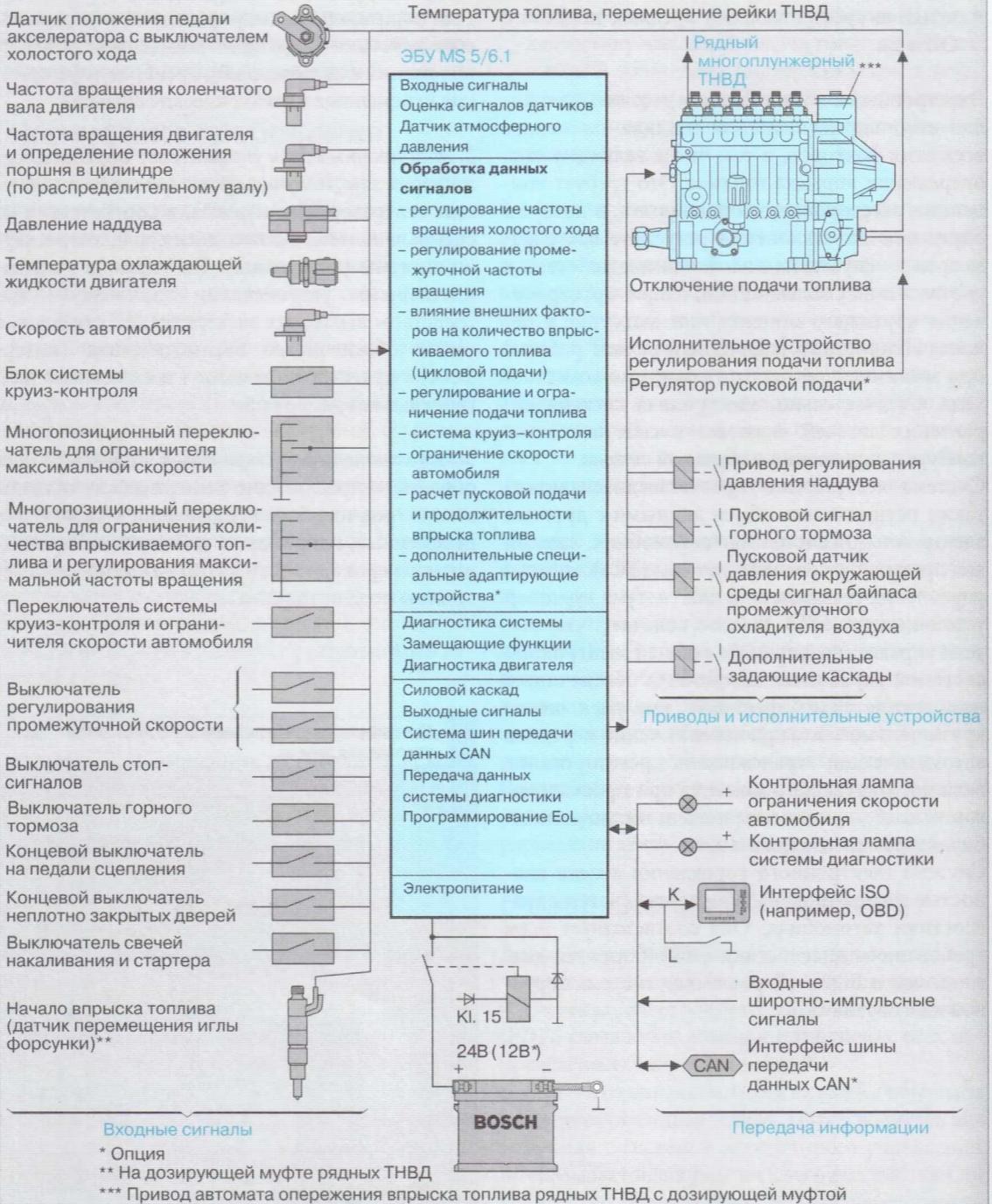


Рис. 1

- 1 Датчики и генераторы импульсов (входные сигналы)
- 2 Электронный блок управления
- 3 Исполнительные устройства (приводы)
- 4 Взаимодействие (интерфейс) с другими системами
- 5 Диагностический интерфейс

Рядные многоплунжерные ТНВД

3 Обзор различных компонентов электронной системы управления дизелей с рядными многоплунжерными ТНВД



Очень жёсткие требования, предъявляемые к электронным блокам управления (ECU)

Электронный блок управления в автомобиле работает практически так же, как и персональный компьютер. Выходные сигналы рассчитываются в ECU по входным сигналам. Сердцем электронного блока управления является рсб (коммутатор) с микропроцессором, в котором используются прецизионные микроэлектронные технологии. К автомобильному ECU предъявляется ряд требований.

Совместимость в режиме реального времени

Системы двигателя и системы обеспечения безопасности дорожного движения требуют быстрого срабатывания системы управления и, следовательно, электронный блок управления должен быть «совместим в режиме реального времени». Это означает, что срабатывание ECU не должно отставать от реального, контролируемого им физического процесса. Должно быть точно определено, чтобы срабатывание систем осуществлялось в определённый, фиксированный промежуток времени, в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями. Это, в свою очередь, требует наличия соответствующей структуры компьютера и очень высокой его вычислительной мощности.

Интегрированная структура и устройство

Очень важным требованием к электронному оборудованию становится его масса и занимаемое им место внутри автомобиля. Для того чтобы сделать электронный блок управления как можно более лёгким и небольшим по размерам, применяются следующие технологии:

- **Многослойные компоненты.** Печатные платы выполняются толщиной от 0,035 до 0,07 мм и «укладываются» в слои одна над другой.
- **SMD компоненты** (Surface Mounted Devices — модули памяти) выполняются с очень малыми размерами и плоскими, не имеют проводных соединений через отверстия в рсб (печатных платах). Они припаиваются или приклеиваются к рсб или выполняются по гибридной схеме.
- **ASIC** (Application Specific Integrated Circuit). Специально проектируемый интегральный компонент, который может сочетать в себе большое число функций.

Эксплуатационная надёжность

Очень высокий уровень защиты от повреждений обеспечивается встроенной диагностикой и резервными математическими программами обработки данных (дополнительная обработка данных, обычно выполняемая параллельно на других программных каналах).

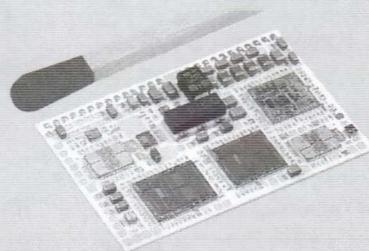
Влияние окружающей среды

Несмотря на значительное влияние внешних воздействий, которым подвергается электронный блок управления, он всегда должен работать надёжно.

- **Температура.** Электронные блоки управления, установленные в автомобиле, должны безошибочно выполнять свои функции во время продолжительной работы при температурах от - 40°C до + 60—125°C. Действительно, из-за теплового излучения от компонентов электронной системы температура в некоторых местах печатной платы значительно повышается. Диапазон изменения температуры от холодного пуска до прогрева и работы двигателя при нормальной температуре предъявляет особенно жёсткие условия работы ECU.
- **EMC** (ElectroMagnetic Compatibility). Электронное оборудование автомобиля должно проходить строгие испытания на электромагнитную совместимость. Это означает, что электронный блок управления абсолютно не должен реагировать на электромагнитные возмущения, исходящие от таких источников, как зажигание (в бензиновых двигателях), радиопередатчики и мобильные телефоны. С другой стороны, и сам электронный блок управления не должен оказывать отрицательного влияния на другое электронное оборудование.
- **Вибрационная стойкость.** Электронный блок управления, установленный на двигателе, должен противостоять вибрациям до 30 g (то есть выдерживать перегрузки, в 30 раз больше ускорения силы тяжести).
- **Герметичность и стойкость от рабочих жидкостей.** В зависимости от места установки электронный блок управления должен противостоять влажности, химическим веществам (например, маслу) и солевому туману.

Представленные выше факторы и другие требования означают, что инженеры — разработчики фирмы Bosch постоянно готовы противостоять новым вызовам.

Гибридная печатная плата электронного блока управления (ECU)



UAE0744Y

Технология технического обслуживания

Важно!
В этой главе даётся общее описание технологии технического обслуживания без намерения подменить технические руководства по ремонту и инструкции. Ремонт всегда должен выполняться квалифицированным техническим персоналом.

Когда водителям автомобилей требуется помощь, они могут обратиться в более чем 10000 Технических центров фирмы Bosch, имеющих в 132-х странах. Поскольку эти центры не объединены с конкретными изготовителями автомобилей, они могут оказывать нейтральную, беспристрастную помощь. Всегда доступна быстрая помощь, даже в малонаселённых регионах Южной Америки и Африки. Единые стандарты качества обслуживания присутствуют везде. Следовательно, не нужно беспокоиться, сервис фирмы Bosch доступен во всём мире.

Обзор

Технические условия и эксплуатационные характеристики компонентов и систем Bosch точно соответствуют техническим требованиям каждого автомобиля. Фирма Bosch также разрабатывает и конструирует испытательное оборудование, специальный инструмент и диагностические технологии, необходимые для проведения испытаний и контроля.

Универсальные тестеры Bosch, от обычных тестеров аккумуляторных батарей до испытательных стендов для полномасштабных испытаний автомобилей (стенды с беговыми барабанами), используются в авторемонтных мастерских и автосервисах во всём мире.

Персонал автосервисов проходит стажировку по использованию испытательных технологий, а также получает информацию обо всех автомобильных системах. К тому же имеется постоянная обратная связь с нашими покупателями, которая используется при разработке новых конструкций.

Сервисная сеть AWN

Технология испытаний

Всё ещё возможно проводить испытания и проверку механических систем автомобилей, используя обычное оборудование. Однако наладка исключительно сложных электронных систем современных автомобилей требует использования новых методов испытаний, основанных на обработке электронных данных.

¹⁾ Технология технического обслуживания фирмы Bosch основана на современных разработках, осуществляемых в сети автосервисов Bosch AWN. Ответственным за развитие и маркетинг под брендом «AWN» является «Asanetwork GmbH».



Будущее принадлежит технологии, которая связывает каждую систему информационных технологий (ИТ) в каждом сервисном центре в единую, унифицированную сеть, AWN Asanet Workshop Network (рис. 1). В 1988 году фирма Bosch за такую инновацию получила награду Automechanika Innovation Prize в категории «Ремонтные мастерские и техническое обслуживание».

Процесс проведения испытаний

Когда автомобиль прибывает на диагностическое обследование, система обработки данных (job-order processing system) обеспечивает немедленный доступ ко всей имеющейся информации о состоянии автомобиля. Как только автомобиль поступает в автосервис, система открывает доступ ко всей истории технического обслуживания автомобиля, включая все сервисные и ремонтные работы, проведённые с ним в прошлом.

Конкретные диагностические тестеры обеспечивают получение данных для непосредственного сравнения установочных и действительно измеренных значений величин, без необходимости ввода дополнительной информации. Все процедуры технического обслуживания и замены деталей записываются для учёта данных. После завершения дорожных испытаний создаётся учётная запись вызовом с использованием специальных ключей. Система также выдаёт короткую и чёткую распечатку результатов диагностических испытаний автомобиля, которая позволяет клиенту иметь полный отчёт о всех деталях сервисных работ и материалах, которые использовались при ремонте автомобиля.

Электронная информация технического обслуживания (ESI[tronic])

Даже в прошлом большое разнообразие марок и моделей автомобилей делало исключительно важным использование систем информационных технологий (ИТ для номеров партий, технических условий для испытаний и т.д.). Большой объём записи данных, например, содержащих информацию о запасных частях, находился в картах микрофишей. Пользователи получали доступ к соответствующим библиотекам микрофишей и к описанию стандартного оборудования в каждом разделе технического обслуживания автомобилей.

В 1991 году ESI[tronic] (Electronic Service Information) планировал использование стандартных персональных компьютеров для хранения и предоставления данных на CD (на лазерных дисках). Поскольку в этом случае ESI[tronic] может со-

хранять значительно больше информации, чем в системе микрофишей, она обеспечивала существенно большую область потенциальных применений. Эта система могла быть также встроена в сети электронной обработки данных.

Применение

Пакет программного обеспечения ESI[tronic] обеспечивает помощь персоналу автосервиса в ходе всего процесса ремонта автомобилей, снабжая его следующей информацией:

- Идентификация запасных частей (коррелирование множества запасных частей с конкретными автомобилями);
- Стандартная (единая) стоимость (деталей и работ);
- Инструкции по ремонту;
- Схемы электрических цепей;
- Технические условия на проведение испытаний;
- Данные испытаний при проведении диагностирования автомобилей.

Специалисты автосервисов для решения проблем диагностирования и определения неисправностей могут выбрать различные варианты оборудования — высокоэффективный портативный системный тестер KTS500 или модель KTS500C, которые спроектированы для работы с персональными компьютерами (PC), используемыми в автосервисах (станциях диагностирования). Тестер KTS500C включает в себя адаптерную карту PC, встраиваемую карту KTS и испытательный модуль для измерения электрических напряжения, тока и сопротивления. Интерфейс позволяет системе ESI[tronic] иметь коммуникацию с электронными системами автомобиля, например, с электронным блоком управления. Работу с персональным компьютером пользователь начинает с выбора нужной программы сервисной информационной системы (SIS — Service Information System) для начала процесса диагностирования бортовых систем и доступа к кодам неисправностей, хранящимся в электронном блоке управления. ESI[tronic] использует результаты диагностирования как базу для получения соответствующих инструкций по ремонту. Система обеспечивает также вывод на дисплей другой информации, такой как места расположения компонентов, схематичное изображение сборочных единиц, диаграммы, показывающие схемы электрических, пневматических и гидравлических систем, и т.д. Работая с персональными компьютерами, пользователи могут затем перейти от рассмотрения изображения сборочных единиц к перечню деталей с номерами спецификации, для того чтобы подобрать детали для замены.

Стенды для испытаний ТНВД

Правильно и точно отрегулированные ТНВД и регулятор частоты вращения являются ключевыми компонентами, обеспечивающими достижение оптимальных характеристик и высокой топливной экономичности дизелей. Они являются также решающими факторами в обеспечении соответствия всё более ужесточающимся нормам эмиссии вредных веществ с ОГ. Стенд для испытаний ТНВД (рис. 1) является очень важным инструментом для достижения соответствия этим требованиям.

Главные технические условия, касающиеся испытательных стендов и процедур испытаний, определяются стандартами ISO, особенно требованиями являются технические условия по жёсткости и стабильности привода (5).

С течением времени возрастает также и ожидаемый уровень максимального давления впрыска топлива, который должны создавать ТНВД. Такое развитие отражает возросшие требования к характеристикам и мощности испытательных стендов. Мощные электрические приводы, большие противовесы и высокоточное регулирование частоты вращения гарантируют стабильность при всех значениях частоты вращения двигателя. Эта стабильность является важнейшим требованием для повторяемости последовательных, взаимно сопоставляемых измерений и результатов испытаний.

Методы измерения расхода топлива

Важная процедура испытаний состоит в измерении количества топлива, нагнетаемого плунжером ТНВД при каждом его рабочем ходе. Для проведения этого испытания ТНВД устанавливается и закрепляется на опоре стенда 1, а кулачковый вал насоса соединяется с муфтой привода испытательного стенда. Испытания проводятся на стандартном эталонном топливе при очень точно отслеживаемой и регулируемой температуре. К каждой плунжерной паре подсоединяются специальные, очень точно откалиброванные эталонные форсунки 3. Такой метод обеспечивает достижение повторяемости последовательных, взаимно сопоставляемых измерений в каждом раунде испытаний. Существуют два способа проведения испытаний.

Измерение цикловой подачи топлива с помощью стеклянных мензурок (MGT)

Испытательный стенд оснащается двумя комплектами стеклянных мензурок (позиция 5 на рис. 2). В испытаниях используется ряд мензурок различного объёма, который определяется соответствующей цикловой подачей. Такой набор может быть использован в испытаниях ТНВД двигателей с числом цилиндров до двенадцати.

1 Испытательный стенд с электронным управлением (КМА) для ТНВД фирмы Bosch

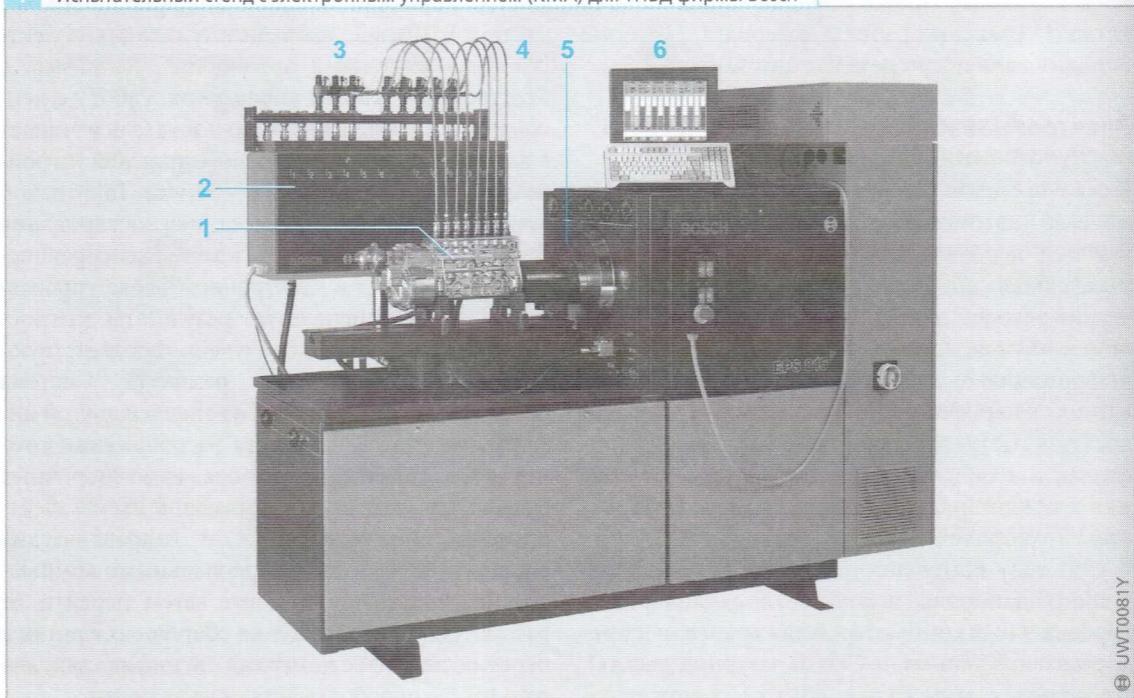


Рис. 1

- 1 ТНВД, установленный на стенде
- 2 Система измерений количества подаваемого топлива (КМВ)
- 3 Комплект эталонных форсунок
- 4 Трубки линий высокого давления
- 5 Муфта электрического привода
- 6 Дисплей и блок регулирования и обработки данных измерений

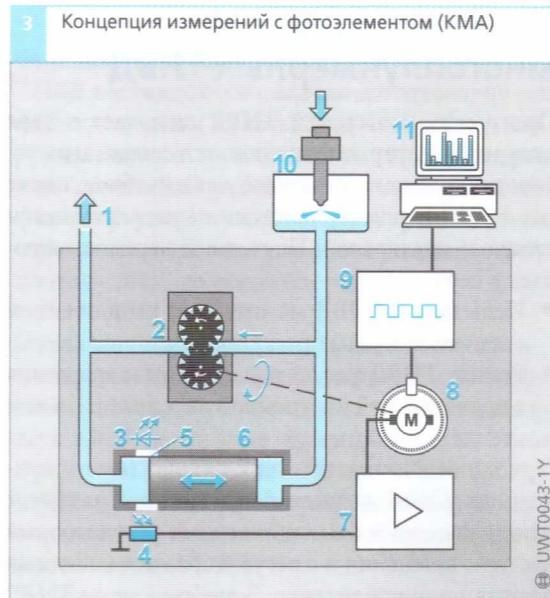
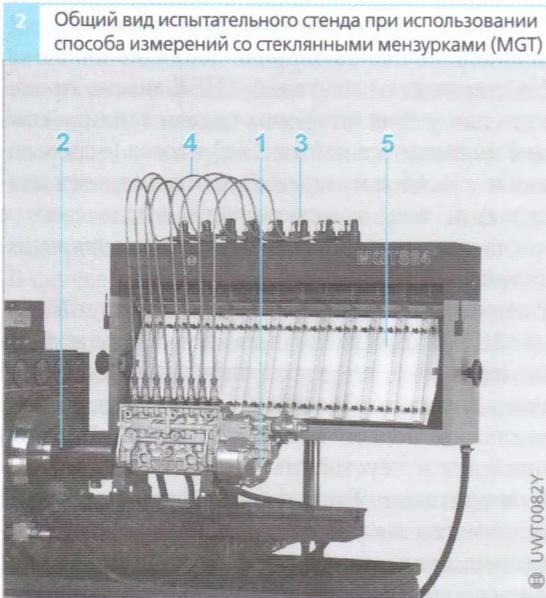


Рис. 2
1 ТНВД
2 Муфта электропривода
3 Комплект эталонных форсунок
4 Трубки линий высокого давления
5 Стеклянные мензурки

Рис. 3
1 Линия возврата эталонного топлива в бак
2 Шестерёнчатый насос
3 LED
4 Фотоэлемент
5 Окно
6 Плунжер
7 Усилитель с контуром электронного управления
8 Электромотор
9 Счётчик импульсов
10 Комплект эталонных форсунок
11 Монитор (PC)

В начальной стадии испытаний поток топлива из эталонных форсунок протекает мимо стеклянных мензурок и возвращается непосредственно в топливный бак. Как только частота вращения вала ТНВД достигнет требуемой по условиям испытаний величины, открывается золотниковый клапан и допускает поступление эталонного топлива, подаваемое секциями ТНВД, в стеклянные мензурки. Поступление топлива в мензурки прерывается после завершения ТНВД предустановленного числа циклов.

Количество подаваемого топлива в кубических сантиметрах (см^3) может быть теперь определено в каждой мензурке. Стандартный период одного испытания составляет 1000 циклов, делая лёгким численное определение величины цикловой подачи в $\text{мм}^3/\text{цикл}$. Результаты испытаний сопоставляются с установленными значениями и записываются в журнал проведения испытаний.

Система электронного измерения цикловой подачи (КМА)

Эта система заменяет способ измерений стеклянными мензурками электронным управлением с микропроцессором и выводом на экран (позиция 6 на рис. 1). Блок управления с дисплеем обычно устанавливается на испытательном стенде, но может находиться также на тележке около стенда.

Это испытание основано на постоянном измерении объёма подаваемого топлива (рис. 3). Управляющий плунжер 6 установлен параллельно входной и выходной сторонам шестерёнчатого насоса 2. Когда количество подаваемого ТНВД топлива становится равным количеству эталон-

ного топлива, впрыскиваемого испытательной форсункой 10, плунжер остаётся в центральном положении. Если расход эталонного топлива увеличивается, то плунжер перемещается влево, а если уменьшается — то вправо. Такое движение плунжера управляет интенсивностью светового потока, идущего от светодиода (LED) 3 к фотоэлементу 4. Контур электронного управления 7 записывает отклонения и реагирует путём изменения частоты вращения вала ТНВД до тех пор, пока расход топлива снова не будет соответствовать количеству топлива, впрыскиваемого эталонной форсункой. После этого управляющий плунжер возвращается в центральное положение. Варьирование величиной частоты вращения вала ТНВД позволяет с исключительной точностью измерять количество подаваемого топлива.

На испытательном стенде имеются два фотоэлемента. Компьютер соединяет все проверяемые секции с двумя фотоэлементами группами по две, последовательно переходя от одной группы к другой (мультиплексная, многократная передача). Основными особенностями этого способа испытаний являются:

- Высокая точность и воспроизводимость результатов испытаний;
- Чёткое изображение результатов испытаний на цифровом дисплее и графическое представление в форме гистограммы;
- Запись результатов испытаний для документации;
- Возможность регулирования для компенсации изменений температуры.

Испытание рядных многоплунжерных ТНВД

Программа испытаний ТНВД включает в себя операции, которые выполняются с насосами, установленными на двигателе в автомобиле, также как с ТНВД, установленными на испытательном стенде в мастерской. Последний вариант включает в себя:

- Испытания ТНВД на стенде с выполнением всех необходимых регулировок;
- Ремонт ТНВД/регуляторов частоты вращения с последующей настройкой на испытательном стенде.

При проведении испытаний рядных многоплунжерных ТНВД должно быть сделано различие между насосами с механическими регуляторами частоты вращения и с регуляторами, имеющими электронное управление. В любом случае ТНВД и работающие с ними регуляторы/системы управления испытываются в комплекте, поскольку оба компонента должны соответствовать друг другу.

Большое число и множество конструкций рядных многоплунжерных ТНВД делает необходимым варьировать процедуры испытаний и регулировок. Представленные ниже примеры могут только предложить идею технологии полномасштабных испытаний в мастерской (автосервисе).

Регулировки, выполняемые на испытательном стенде

Регулировки, выполняемые на испытательном стенде, включают в себя:

- Регулировка начала подачи топлива и набега на кулачков для каждой насосной секции;
- Настройка величины цикловой подачи топлива и величины заданной неравномерности подачи между секциями ТНВД;
- Настройка регулятора частоты вращения, установленного на ТНВД;
- Согласование работы ТНВД и регулятора/системы управления (полная настройка системы управления).

Для каждого типа и размера ТНВД существуют инструкции по испытаниям и ремонту, которые специально подготовлены для использования на испытательных стендах фирмы Bosch.

ТНВД и регулятор соединяются с масляной системой двигателя. Штуцер подвода масла имеется на корпусе ТНВД. Перед каждым последовательным раундом испытаний корпусы насоса и регулятора должны быть дозаправлены смазочным маслом.

Испытания по регулировке цикловой подачи топлива

На стенде для испытаний ТНВД можно проводить измерения величины подачи топлива каждой индивидуальной секцией насоса (использование способов измерений со стеклянными мензурками или компьютерного управления с дисплейным терминалом см. «Стенды для испытаний ТНВД»).

Количество топлива, подаваемое каждой секцией ТНВД при различных настройках, должно находиться в пределах, определяемых границами допусков. Слишком большое отклонение величины подачи какой-либо секцией насоса приведёт к неустойчивой, неравномерной работе двигателя. Если любое значение цикловой подачи топлива выходит за пределы установленных допусков, то данная секция (секции) с плунжерными парами должны быть снова отрегулированы. Для этого существуют различные процедуры в зависимости от модели ТНВД.

Настройка регулятора частоты вращения/системы управления

Механический регулятор

Испытания механических регуляторов частоты вращения включают в себя целый ряд регулировок. Для проверки величины хода рейки при различных частотах вращения и положениях рычага управления на испытательном стенде используется стрелочный индикатор. Результаты испытаний должны соответствовать заданным значениям. При наличии слишком больших отклонений характеристики регулятора должны быть снова отрегулированы. Имеется много способов сделать это, например, настройкой характеристик пружин путём изменения предварительной их затяжки, или установкой новых пружин.

Система электронного управления

Если ТНВД имеет электронное управление, то вместо механического регулятора он оснащается электромагнитным приводом рейки, который получает управляющие сигналы от электронного блока управления. В зависимости от получаемых сигналов электромагнитный привод перемещает рейку ТНВД, изменяя величину цикловой подачи топлива. С другой стороны, принцип работы механических компонентов ТНВД не изменяется. Во время проведения испытаний рейка обычно фиксируется в определённом положении.

Ход рейки ТНВД должен тарироваться для соответствия сигналам электрического напряжения от датчика перемещения рейки. Это делается путём смещения датчика до тех пор, пока сигнал напряжения не будет соответствовать величине электрического напряжения, указанного в техническом руководстве для данной величины хода рейки.

В случае испытаний рядных многоплунжерных ТНВД с управляющей муфтой, электромагнитный привод управления моментом начала подачи топлива в данном тесте должен быть отключён, для того чтобы угол опережения впрыска не изменялся.

Регулировки ТНВД в составе двигателя

Установка начала геометрической подачи топлива в ТНВД оказывает большое влияние на эффективные характеристики двигателя и эмиссию вредных веществ с ОГ. Начало подачи, во-первых, определяется правильной регулировкой самого насоса и, во-вторых, синхронизацией кулачкового вала ТНВД с фазами газораспределения двигателя. По этой причине исключительно важным является правильная установка ТНВД на двигатель. Следовательно, момент начала подачи топлива ТНВД, установленного на двигатель, должен быть проверен, чтобы убедиться в правильности его монтажа.

Имеется несколько разных способов проверки, в зависимости от модели ТНВД. Представленное ниже описание даётся для ТНВД с регулятором типа RSF.

На ступице центробежных грузов регулятора имеется зубчатая установочная метка (рис. 1). В корпусе регулятора имеется резьбовое отверстие, нормально закрытое заглушкой. Когда используемый для тарирования плунжер (обычно первого цилиндра) находится в положении начала геометрической подачи топлива, установочная метка располагается точно по линии с центром резьбового отверстия. Это «смотровое окно» в корпусе регулятора является частью поворотного фланца.

Установка ТНВД

Фиксация кулачкового вала

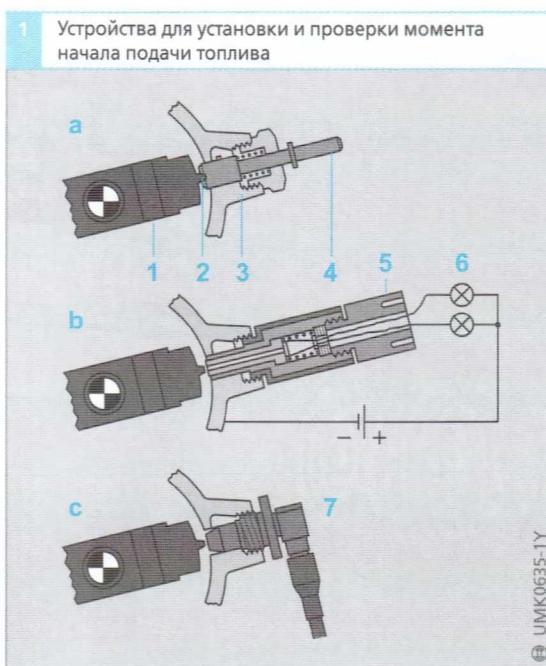
ТНВД поставляются с завода-изготовителя с зафиксированным кулачковым валом (рис. 1а) и устанавливаются на двигатель при определённом положении коленчатого вала, после чего фиксатор удаляется. Этот проверенный метод отличается надёжностью и экономичностью, и поэтому широко применяется.

Установочная метка начала подачи топлива

Синхронизация ТНВД с двигателем выполняется с помощью установочных меток начала подачи топлива, которые должны быть совмещены. Эти метки имеются как на двигателе, так и на ТНВД (рис. 2). Существует несколько методов определения момента начала подачи в зависимости от типа ТНВД.

Обычно регулировки проводятся при положении поршня первого цилиндра на такте сжатия, однако могут быть приняты и другие методы, определяемые особенностями конструкции двигателя. Следовательно, всегда нужно обращаться к инструкции завода-изготовителя. На большинстве дизелей установочная метка начала подачи находится на маховике, шкиве коленчатого вала или на демпфере крутильных колебаний, который обычно устанавливается на носке коленчатого вала на месте шкива клиноременной передачи, а шкив закрепляется на демпфере болтами. Вся эта сборочная единица выглядит как толстый клиновидный шкив с небольшим «маховиком».

Рис. 1 Показаны устройства в регуляторе RSF; другие типы регуляторов имеют поворотные фланцы



Проверка статического положения начала подачи топлива**Проверка оптическим датчиком с сигнальными лампами**

Зубчатая установочная метка может быть определена оптическим датчиком (датчиком с сигнальными лампами, рис. 1b), который заворачивается в резьбовое отверстие в корпусе регулятора. При появлении метки напротив датчика обе сигнальные лампы загораются. Начало подачи топлива в градусах поворота коленчатого вала теперь может быть определено, например, по шкале на маховике.

Метод перелива в линии высокого давления

Испытательный прибор подсоединяется к трубке линии высокого давления проверяемой секции (рис. 3). Выходные штуцеры других секций ТНВД заглушаются. Топливо под высоким давлением выходит из данной секции в трубку и затем вытекает в прозрачную ёмкость 3. Как только плунжер при подходе к ВМТ достигает положения начала геометрической подачи топлива (перекрывает впускное отверстие во втулке плунжерной пары), струя топлива вытекает в прозрачную ёмкость и распадается на капли. Момент начала подачи в градусах поворота коленчатого вала определяется по установочным меткам.

Динамическое определение начала подачи топлива (угла опережения впрыска)**Проверка индуктивным датчиком**

Индуктивный датчик, завёртываемый в резьбовое отверстие в корпусе регулятора (рис. 1c), посылает электрический сигнал каждый раз, когда при работающем двигателе мимо него проходит установочная метка в регуляторе. Второй индуктивный датчик посылает сигнал, когда поршень первого цилиндра проходит ВМТ (рис. 4). Электронный анализатор, с которым соединены оба индуктивных датчика, обрабатывает эти сигналы, выводя на дисплей значения угла опережения впрыска и частоты вращения двигателя.

Проверка угла опережения впрыска топлива пьезометрическим датчиком и стробоскопической лампой

Пьезометрический датчик устанавливается и фиксируется на трубке линии высокого давления проверяемой секции ТНВД. Как только происходит впрыск топлива в цилиндр двигателя, трубка линии высокого давления немного расширяется, и пьезометрический датчик генерирует электрический сигнал. Этот сигнал получает электронный анализатор двигателя, который использует его для контроля показаний стробоскопической лампы, свет от которой

2 Установочные метки на двигателе, используемые для регулировки ТНВД

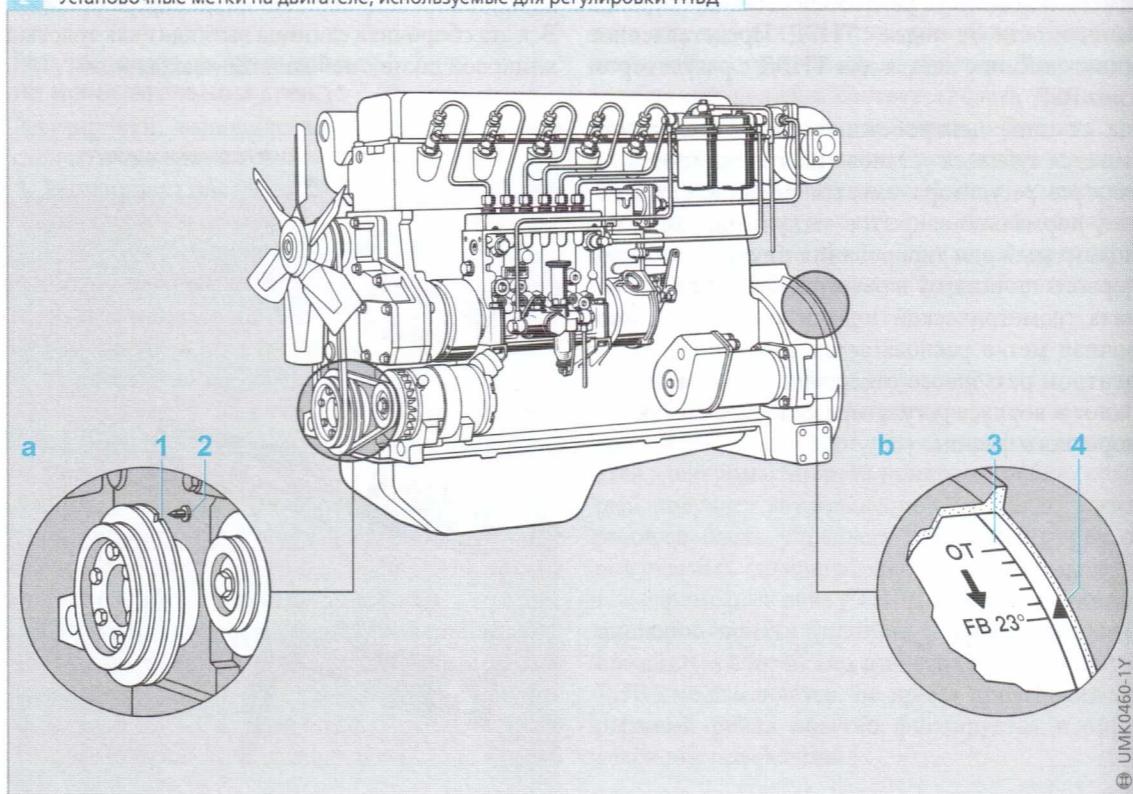


Рис. 2

- а Установочные метки шкива клинового ремня
 б Установочные метки на маховике

- 1 Выемка на шкиве клинового ремня
 2 Маркировочная метка на блоке цилиндров
 3 Градуированная шкала на маховике
 4 Установочная метка на картере двигателя

направлен на градусную шкалу поворота коленчатого вала. При освещении шкалы световыми вспышками стробоскопической лампы метка угла опережения впрыска появляется в стационарном положении.

Удаление воздуха из топливной системы (прокачка)

Наличие пузырьков воздуха в топливе нарушает нормальную работу ТНВД или полностью её блокирует. Следовательно, если топливная система временно оказывается неработоспособной, то её следует тщательно «прокачать», то есть полностью удалить из системы воздух. Для этого на ТНВД и/или на топливном фильтре имеется специальный выпускной винт.

Смазка

ТНВД и регуляторы частоты вращения обычно подсоединяются к системе смазки двигателя, поэтому ТНВД практически не нуждаются в техническом обслуживании.

Перед первым пуском в эксплуатацию корпуса ТНВД и регулятора частоты вращения должны быть заполнены моторным маслом такого же типа, который используется в двигателе. Если ТНВД не подключён к контуру системы смазки двигателя, то его корпус должен быть заполнен маслом через заливное отверстие после снятия вентиляционного клапана или фильтра. Уровень масла в ТНВД и регуляторе проверяется одновременно с проверкой уровня масла в двигателе путём удаления пробки контрольного отверстия

в корпусе регулятора. При повышенном уровне (из-за утечек топлива) избыточное масло сливается, а при понижении уровня доливается. Каждый раз при снятии ТНВД или при капитальном ремонте двигателя масло следует заменить. ТНВД и регуляторы с отдельной системой смазки для проверки уровня масла имеют свой собственный щуп.

4. Динамическая проверка момента начала подачи топлива (угла опережения впрыска)

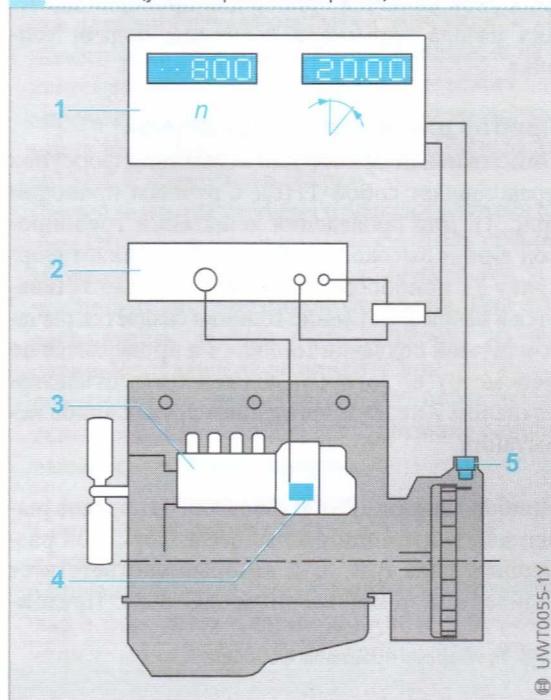


Рис. 4
Принципиальная схема ТНВД и регулятора с использованием системы индуктивных датчиков

- 1 Анализатор
- 2 Адаптер
- 3 Рядный многоплунжерный ТНВД с регулятором
- 4 Индуктивный датчик частоты вращения двигателя
- 5 Индуктивный датчик положения ВМТ

3. Принципиальная схема установки для проверки момента начала подачи топлива методом перелива в линии высокого давления

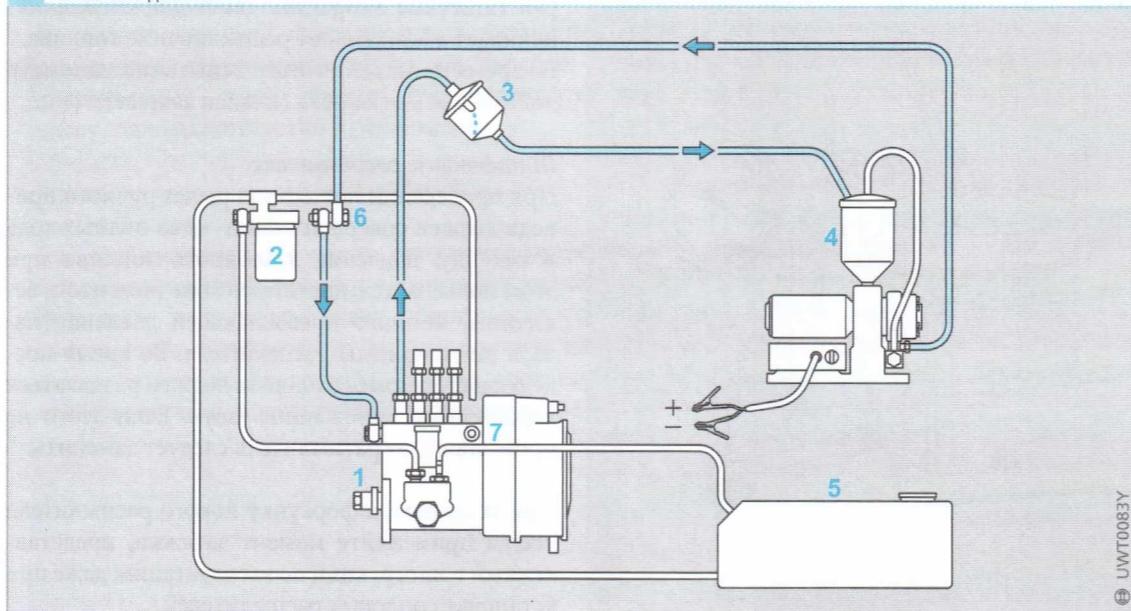


Рис. 3
1 ТНВД
2 Топливный фильтр
3 Прозрачная ёмкость
4 Калибровочное устройство для измерения момента начала подачи
5 Топливный бак
6 Перепускной болт с гайкой
7 Резьбовая заглушка

Испытание форсунок

Топливная форсунка включает в себя распылитель и корпус, в котором установлены все необходимые фильтры, пружины и соединения. Конструкция форсунки непосредственно влияет на мощность двигателя, топливную экономичность, состав ОГ. Поэтому испытание форсунок является таким важным.

Стандартным приспособлением для испытания форсунок является прибор для проверки давления начала впрыска и величины подачи топлива.

Прибор для испытания форсунок

Описываемый прибор для испытания форсунок представляет собой ТНВД с ручным приводом (рис. 1). Для проведения испытаний трубопровод линии высокого давления 4 соединяет форсунку 3 с прибором. Эталонное топливо заливается в бачок 5. Давление топлива создаётся рычагом ручной подкачки топлива 8 и проверяется по манометру 6, который должен быть отключён клапаном 7 перед проведением других видов испытаний.

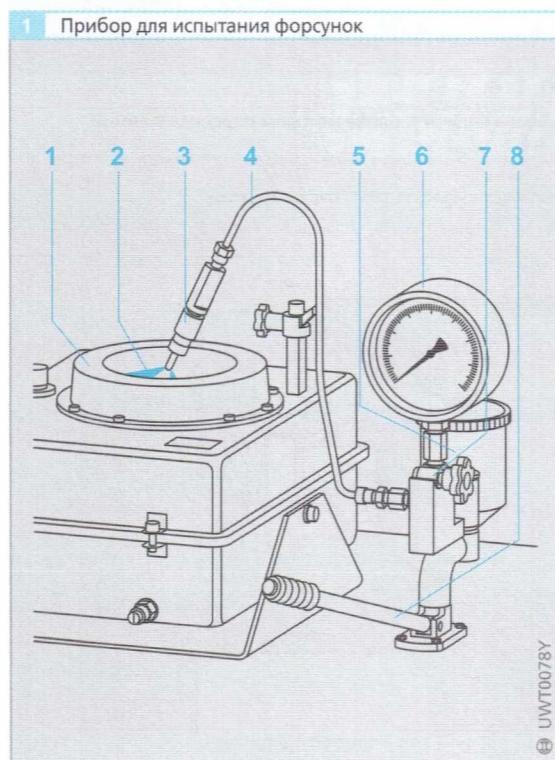
Прибор модели EPS100 (0684200704) предназначен для испытаний распылителя форсунок различного ряда P, R, S, T, который соответствует стандартам, установленным ISO 8984. Препри-

Соблюдайте меры предосторожности при испытании форсунок!

Держите руки подальше от струй топлива. Факел распыленного топлива может проникнуть под кожу и стать причиной заражения крови!

Всегда надевайте защитные очки!

- Рис. 1
- 1 Вакуумная ёмкость
 - 2 Струя топлива
 - 3 Форсунка в сборе
 - 4 Линия высокого давления прибора
 - 5 Бачок эталонного топлива с фильтром
 - 6 Манометр
 - 7 Клапан
 - 8 Рычаг ручной накачки



санное эталонное топливо установлено стандартом ISO 4113. В инструментальном ящике содержатся основные компоненты, необходимые при тарировке прибора для испытания форсунок. Это оборудование обеспечивает основные условия для получения воспроизводимых, взаимно сопоставимых результатов.

Методы испытаний

После снятия форсунки в сборе с двигателя рекомендуется её ультразвуковая очистка, которая является обязательной для распылителей в случае гарантийных рекламаций.

Важно: распылители форсунок являются прецизионными компонентами форсунок, поэтому особое внимание к очистке является жизненно важным для обеспечения правильной их работы.

Следующим шагом является проверка всех элементов распылителя и форсунки в целом на предмет наличия признаков механического или термического износа. Если признаки износа имеют место, то необходимо заменить распылитель или форсунку в сборе.

Оценка технического состояния форсунки осуществляется в четыре приёма с вариантами, зависящими от конструкции распылителя, то есть является он штифтовым или сопловым.

Испытание на вибрации

Это испытание позволяет получить информацию о плавности работы иглы распылителя форсунки. В течение процесса впрыска топлива игла распылителя колеблется «вверх/вниз», генерируя типичные вибрации. Такое движение обеспечивает эффективное распыливание топлива. Во время проведения этого испытания манометр должен быть отключён (клапан закрыт).

Штифтовые распылители

При проведении испытания рычаг ручного привода должен совершать один — два полных хода в секунду, давление эталонного топлива при этом повышается, достигая в конечном итоге величины, немного превышающей давление начала подъёма иглы распылителя. Во время последнего впрыска топлива должен раздаваться характерный «дрожащий» звук. Если этого не происходит, то распылитель следует заменить.

При установке в форсунку нового распылителя всегда применяйте момент затяжки, представленный в инструкции по эксплуатации, даже при установке сопловых распылителей.

Сопловые распылители

Рычагом ручной подкачки следует оперировать с более высокой скоростью. Во время впрыска топлива издаётся жужжащий или свистящий звук, в зависимости от типа распылителя. На некоторых расстояниях вообще не слышно дрожащего звука. Оценка характера впрыска топлива сопловыми распылителями по дрожащему звуку оказывается достаточно трудной. Поэтому испытания на вибрации как оценочный показатель состояния сопловых распылителей больше не применяется.

Испытания по проверке формы факела распыливания топлива

При проведении этого испытания создаётся высокое давление топлива. Всегда надевайте защитные очки.

В этом испытании при медленном оперировании рычагом ручной накачки происходит плавное повышение давления с последующим впрыском топливного факела и оценкой его формы. Это позволяет оценить состояние сопловых отверстий распылителя форсунки. При неправильной форме факела распыливания предписывается заменить распылитель или форсунку в сборе. Манометр в этом испытании должен быть отключён.

Штифтовой распылитель

Струя топлива должна выходить из сопла в виде равномерного факела конической формы по всей его периферии. Не должно быть концентрации топлива на одной стороне (за исключением штифтов с лыской).

Сопловой распылитель

Из каждого соплового отверстия должна выходить равномерная струя конической формы. Число индивидуальных струй должно соответствовать числу сопловых отверстий в распылителе.

Проверка давления начала подъёма иглы распылителя форсунки

Как только давление в линии становится выше предустановленной величины начала открытия форсунки, игла распылителя поднимается со своего седла, и происходит впрыск топлива из сопла (сопловых отверстий). Точное соответствие заданному в технических условиях давлению

начала подъёма иглы распылителя исключительно важно для правильной работы всей топливной системы.

Манометр в этом испытании после каждого раунда должен возвращаться в исходное положение (клапан открыт).

Штифтовой и сопловой распылители форсунки с одной пружиной

Оператор медленно нажимает на рычаг до тех пор, пока стрелка манометра не покажет значение давления начала открытия форсунки. В этот момент игла распылителя поднимается, и начинается впрыск топлива. Технические условия для определения давления начала впрыска топлива могут быть найдены в каталоге «детали распылителей и форсунок в сборе».

Давление начала подъёма иглы распылителя (начала открытия форсунки) может быть скорректировано заменой регулировочных шайб, установленных под пружиной форсунки. Для этого распылитель должен быть вывернут из форсунки. Если давление открытия форсунки слишком низкое, то следует установить более толстую регулировочную шайбу, если давление слишком высокое — то более тонкую.

Сопловой распылитель форсунки с двумя пружинами

Описанный выше способ может быть использован в форсунках с двумя пружинами только для определения величины давления начала впрыска топлива.

В этом случае регулировка давления заменой регулировочных шайб не предусматривается. Единственная мера, если давление начала впрыска не соответствует техническим условиям, заключается в замене распылителя или форсунки в сборе.

Испытание на герметичность

На испытательном приборе устанавливается давление на 20 бар выше давления начала открытия форсунки. По истечении десяти секунд допускается появление капель топлива из сопла, при условии, что это не поток капель.

Если тест на герметичность распылителя оказывается неудачным, то следует заменить распылитель или форсунку в сборе.

Аббревиатуры

A

- A pump** (In-line fuel-injection pump size A): рядный многоплунжерный ТНВД Тип А
- ADA** (Altitude-pressure compensator): Компенсатор атмосферного давления
- ALDA** (Absolute manifold-pressure compensator): Компенсатор абсолютного давления во впускном коллекторе
- APC** (Altitude-pressure compensator): Высотный компенсатор
- ARD** (Surge damping): Активное демпфирование колебаний частоты вращения
- ASIC** (Application-specific Integrated Circuit): Специализированная интегральная схема
- ATDC** (After Top Dead Center — piston/crankshaft): после BMT
- AWN** (Bosch workshop network): сеть ремонтных/сервисных мастерских фирмы Bosch

B

- BDC** (Bottom Dead Center - piston/crankshaft): HMT
- BTDC** (Before Top Dead Center — piston/crankshaft): до BMT

C

- CAN** (Controller Area network): Система шин передачи данных
- CL** (Ignition lag): Задержка воспламенения в двигателе
- CO** (Carbon monoxide): Оксид углерода
- CP** (Start of combustion): Начало воспламенения
- CR system** (Common Rail System): Аккумуляторная топливная система Common Rail
- CW pump** (In-line fuel-injection pump size CW): рядный многоплунжерный ТНВД Тип CW

D

- DI (1) Direct Injection**: Непосредственный впрыск топлива
- DI (2) Diesel Engine**: Дизель
- DIN** (Deutsche Industrie-Norm — German Standard): DIN — немецкий стандарт
- DP** (Start of delivery): Начало подачи топлива

E

- ESM** (Electrochemical Machining → hole-type nozzles): Электрохимическая обработка (сопловые распылители форсунок)
- ECU** (Electronic Control Unit): Электронный блок управления
- EDC** (Electronic Diesel Control): Электронное управление дизелем
- EDR** (Maximum rpm — rotations per minute control): Регулирование максимальной частоты вращения

- EGS** (Electronic transmission control): Электронное управление автоматической трансмиссией
- EHAB** (Electrohydraulic shutoff device): Электрогидравлическое устройство остановки двигателя
- ELAB** (Electrical shutoff device): Электромагнитный клапан выключения подачи топлива
- ELR** (Electronic idle speed control system): Электронная система регулирования минимальной частоты вращения холостого хода
- EMC** (Electromagnetic compatibility): Электромагнитная совместимость
- EOBD** (European On-Board Diagnosis): Европейская система бортовой диагностики
- ESI** (→ Electronic Service Information): Электронная информационная система технического обслуживания
- ESP** (Electronic Stability Program): Система курсовой устойчивости
- EU** (European Union): Европейский Союз
- EURO I, II, III, IV** (exhaust gas emission standards in EU): Европейские стандарты на эмиссию вредных веществ с ОГ

F

- FAME** (Fatty Acid Methyl Ester → Alternative fuels): Альтернативное спиртовое топливо
- FGR** (Cruise control): Управление скоростью автомобиля (Круиз-контроль)
- FP** (Presupply pump): Топливоподкачивающий насос

G

- GDV** (Constant-pressure valve): Нагнетательный клапан постоянного давления
- GRV** (Constant-volume valve): Нагнетательный клапан постоянного объема
- GSK** (Glow plug): Свеча накаливания
- GZS** (Glow plug control unit): Блок управления свечами накаливания

H

- H pump** (In-line control-sleeve injection pump): Рядный многоплунжерный ТНВД с управляющей муфтой
- HC** (Hydrocarbon): Углеводороды
- HE** (Hydroerosion → hole-type nozzles): Гидроэрозионная обработка (→ сопловые распылители форсунок)
- HGB** (Maximum speed limiter): Ограничитель максимальной частоты вращения
- HSV** (Hydraulic start-quantity locking device): Гидравлический ограничитель пусковой подачи

I
IDI (Indirect Injection): Впрыск топлива в предкамеру/вихревую камеру сгорания дизеля
IL (Injection Lag): Период задержки впрыска топлива
IP (Start of injection): Начало впрыска топлива
ISO (International Organization for Standardization): Международная организация по стандартизации
IT system (Information technology system): Система информационных технологий

K
KMA (Electronic flow measurement system): Электронная система измерения расхода (топлива и воздуха)
KMW (Quantity test system → Fuel injection pump test benches): Топливные стенды для испытаний ТНВД
KTS card (Plugin card → ESI): модуль памяти для переносных тестеров

L
LDA (Manifold pressure compensator): Компенсатор давления во впускном коллекторе
LED (Light-Emitting Diode): Светодиод

M
M pump (In-line fuel-injection pump size M): рядный многоплунжерный ТНВД Тип М
MGT (Glass gauge method): Метод измерения цикловой подачи топлива стеклянными мензурками
MPC (Manifold pressure compensator): Компенсатор давления во впускном коллекторе
MW (In-line fuel-injection pump size MW): Рядный многоплунжерный ТНВД Тип MW

N
NOx (Nitrogen oxides): Оксид азота

O
OBD (On-board Diagnosis): Бортовая диагностика
OEM part (Original equipment manufacturer part): Детали от изготовителя комплектного оборудования

P
P pump (In-line fuel-injection pump size P): рядный многоплунжерный ТНВД Тип P
PE pump (In-line fuel-injection pump size PE): Рядный многоплунжерный ТНВД Тип PE
PF pump (Discrete fuel injection pump): Индивидуальный ТНВД
PI (Pre-injection): Предварительный впрыск топлива

PLA (Pneumatic idle speed increase): Пневматический регулятор минимальной частоты вращения холостого хода
PNAB (Pneumatic shutoff device): Пневматическое устройство выключения подачи топлива
PO (Post-Injection): Дополнительный (после основного) впрыск топлива
PTO drive (Power take-off system): Система с валом отбора мощности
PWM (→ Pulse-Width modulation signal): Сигнал широтно-импульсной модуляции

R
R (In-line fuel-injection pump size R): Рядный многоплунжерный ТНВД Тип R
RDV (Return flow restriction): Дросселирование потока возврата топлива
RE (Electronic controller → Electric actuator mechanism): Механизм электрического привода
RME (Rape-oil Methyl Ester): Спиртовое топливо — рапсовое масло
RQ, RQU (Minimum/maximum speed governor or maximum speed governor): Двухрежимный или предельный регулятор частоты вращения
RQUV, RQV..K (Variable speed governor): Всережимный регулятор частоты вращения
RQV (Variable speed governor or combination governor): Всережимный или комбинированный регулятор частоты вращения
RS, RSF (Minimum/maximum speed governor): Двухрежимный регулятор частоты вращения
RSD (Return flow restriction): Дросселирование потока возврата топлива
RSUV, RSV (Variable speed governor): Всережимный регулятор частоты вращения

S
SIS (Service Information System): Информационная система технического обслуживания
SMD (Surface Mounted Devices): Устройства поверхностного монтажа (печатной платы)
STA (Subject to agreement): Предмет для согласования

T
TAS (Temperature-compensating start-quantity stop): Температурный ограничитель пусковой подачи топлива
TCS (Traction Control System): Противобуксовочная система
TDC (Top Dead Center): BMT

U

UIS (Unit Injector System): Топливная система с насос-форсунками

UPS (Unit Pump System): Топливная система с индивидуальными ТНВД

V

vco nozzle (Valve covering orifice — sacless — nozzle): Распылитель с уменьшенным подигольным объёмом (VCO)

VE pump (Axial-piston pump): ТНВД распределительного типа с аксиальным плунжером

VR pump (Radial-piston pump): Радиальный ТНВД распределительного типа

W

WOT (Wide-open throttle → Full-load operation): «Полностью открытая дроссельная заслонка» → работа при полной нагрузке

Z

ZDR (Intermediate speed control): Регулирование промежуточных скоростных режимов

ZW (In-line fuel-injection pump size ZW): Рядный многоплунжерный ТНВД Тип ZW

ZW(M) (In-line fuel-injection pump size ZW(M)): рядный многоплунжерный ТНВД Тип ZW для многотопливных двигателей

7 Регулирование величины подачи топлива

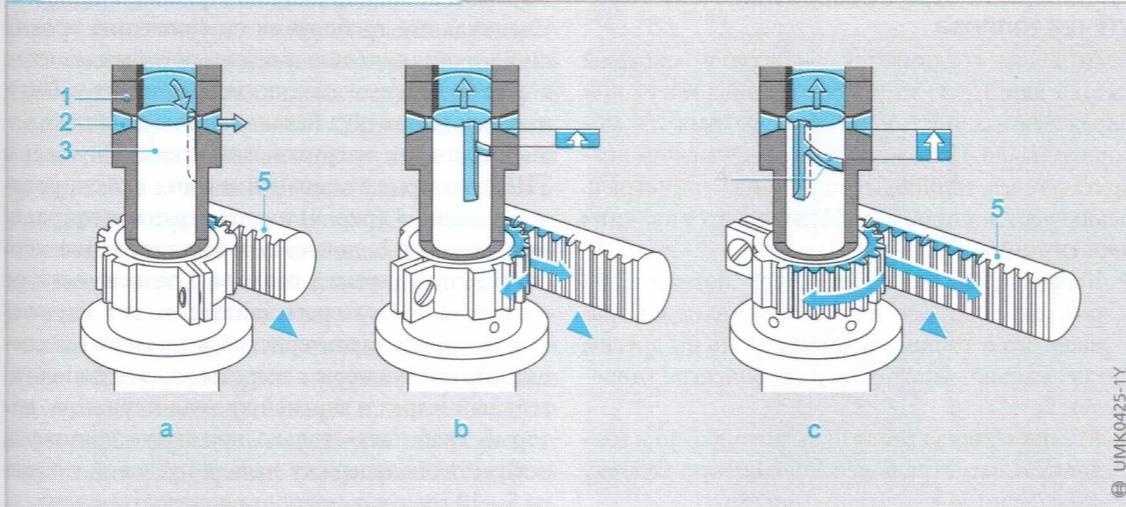


Рис. 7
 а Нулевая подача
 б Частичная подача
 в Максимальная подача
 1 Втулка плунжерной пары
 2 Впускное окно
 3 Плунжер ТНВД
 4 Спиральная отсечная кромка
 5 Зубчатая рейка

По мере продолжения рабочего хода плунжера давление топлива возрастает, и нагнетательный клапан в верхней части плунжерной пары начинает открываться. Если в ТНВД используется нагнетательный клапан с разгрузочным пояском (нагнетательный клапан «постоянного объёма», см. параграф «Нагнетательные клапаны»), то активный ход плунжера включает в себя также фазу разгрузки при посадке нагнетательного клапана на седло. Как только нагнетательный клапан открывается, топливо в течение всего активного хода плунжера по линии высокого давления поступает к форсунке. В конечном итоге форсунка впрыскивает точно дозированное количество топлива в камеру сгорания двигателя.

Как только отсечная кромка плунжера снова открывает впускное окно, активный ход плунжера завершается. Начиная с этого момента, во время заключительного хода плунжера к ВМТ, топливо больше не поступает к форсунке и может вытекать через вертикальную канавку из топливной камеры плунжерной пары обратно в топливную магистраль, в результате чего давление в камере падает.

Как только плунжер достигнет ВМТ и начнёт своё движение в обратном направлении, топливо по вертикальной канавке поступает из топливной магистрали в топливную камеру плунжерной пары до тех пор, пока спиральная кромка плунжера не перекроет впускное окно (окна). При дальнейшем возвратном движении плунжера в топливной камере плунжерной пары возникает разрежение, и как только впускное окно снова открывается, топливо немедленно в неё поступает. В этот момент цикл впрыска топлива снова начинается.

Регулирование цикловой подачи топлива

Регулирование величины цикловой подачи осуществляется путём изменения активного хода плунжера (рис. 7). Это достигается посредством рейки 5, которая поворачивает плунжер ТНВД 3, в результате чего спиральная отсечная кромка 4 изменяет момент (точку), при котором заканчивается активный ход плунжера, и, следовательно, прекращается подача топлива.

В крайнем положении нулевой подачи (а на рис. 7) вертикальная канавка оказывается на одной линии с впускным окном. В этом положении плунжера камера давления плунжерной пары соединяется с топливной магистралью через плунжер в течение всего его хода и, соответственно, подачи топлива не происходит. Плунжеры ТНВД находятся в этом положении при неработающем двигателе.

На частичных режимах (б) подача топлива прекращается в зависимости от положения плунжера. При максимальной подаче топлива (в) отсечки подачи не происходит до окончания активного хода плунжера, то есть до достижения максимально возможного количества впрыскиваемого топлива.

Передача вращающего момента от рейки к плунжеру (рис. 7) осуществляется посредством зубчатого зацепления (ТНВД РЕ..А и РF) или через шарнирное соединение с подвешенным рычагом и поворотной втулкой (ТНВД Тип РЕ..М, MW, P, R, ZW(M), CW).

воздуха. При этом возможен весь диапазон частоты вращения двигателя, от минимальной холостого хода до номинальной. Если имеет место увеличение частоты вращения выше номинальной (breakaway), то регулятор/система автоматического регулирования автоматически уменьшает подачу топлива и, следовательно, крутящий момент двигателя.

Частичная нагрузка

Частичная нагрузка двигателя охватывает диапазон от работы без нагрузки до полной нагрузки. На частичных режимах двигатель создаёт соответствующий крутящий момент.

Частичная нагрузка на режиме холостого хода

На этом особом режиме регулятор поддерживает работу двигателя на регуляторной характеристике минимального режима холостого хода, при этом двигатель создаёт крутящий момент. Это может простираться до режима полной нагрузки.

Превышение максимальной частоты вращения холостого хода

Такой режим работы двигателя возможен при воздействии на него внешних сил через трансмиссию (например, при движении под уклон с включённой передачей).

Установившийся режим работы

На установившемся режиме крутящий момент двигателя равен моменту сопротивления. Двигатель работает на постоянной частоте вращения.

Неустановившийся режим работы

Крутящий момент, создаваемый двигателем, не равен моменту сопротивления (требуемому моменту). Частота вращения двигателя не является постоянной.

Индексы, используемые на графиках и в уравнениях в дальнейшем в этой главе, имеют следующий смысл:

- I Минимальный холостой ход
- η Нет нагрузки
- v Полная нагрузка
- и Минимальное значение
- о Максимальное значение

Некоторые примеры:

- $n_{\text{иI}}$ Минимальная частота вращения холостого хода («idle» n_I)
- n_{η} Любая частота вращения холостого хода
- $n_{\text{иo}}$ Максимальная частота вращения холостого хода
- n_v Любая частота вращения при полной нагрузке
- $n_{\text{иo}}$ Номинальная частота вращения (максимальная частота вращения при полной нагрузке)

Формирование регуляторных характеристик

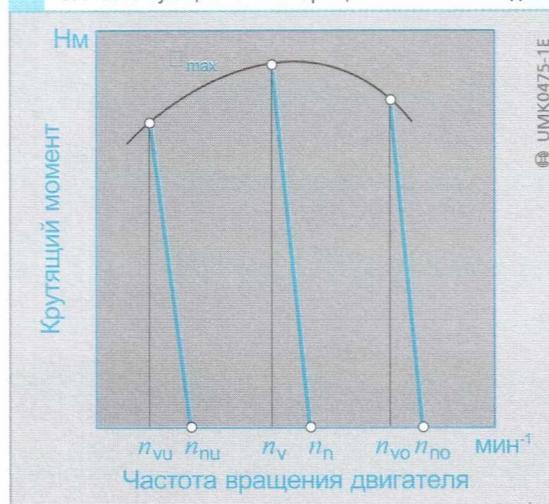
Каждый двигатель имеет свою внешнюю характеристику крутящего момента, соответствующую полной нагрузке. Каждому значению частоты вращения соответствует свой максимальный крутящий момент двигателя.

Если имеет место уменьшение нагрузки двигателя без изменения положения рычага управления, то система автоматического регулирования не допускает увеличения частоты вращения больше допустимой величины, установленной изготовителем двигателя (например, от частоты вращения при полной нагрузке n_v до частоты вращения без нагрузки, то есть холостого хода на данном режиме, n_{η} , график рис. 2). Увеличение частоты вращения происходит пропорционально изменению нагрузки двигателя, то есть чем больше величина уменьшения нагрузки, тем больше повышается частота вращения двигателя. Следовательно, факторы пропорционального реагирования и формирования регуляторных характеристик связаны с работой автоматических регуляторов частоты вращения. Действие регулятора может относиться не только к максимальной частоте вращения двигателя при полной нагрузке, то есть к номинальной частоте вращения (номинальному режиму работы двигателя).

Наклон регуляторной характеристики определяется степенью неравномерности регулятора δ , которая рассчитывается следующим образом:

$$\delta = \frac{n_{\eta} - n_{v0}}{n_{v0}}$$

2 Частоты вращения двигателя при полной нагрузке (по внешней скоростной характеристике) и соответствующие частоты вращения холостого хода



Механические регуляторы частоты вращения

Механические центробежные регуляторы частоты вращения фирмы Bosch устанавливаются на корпусе ТНВД. Рейка ТНВД через внутренний рычажный механизм соединяется с муфтой регулятора, а рычаг управления на корпусе регулятора посредством соединительного звена с педалью акселератора.

Имеются два основных механизма передачи усилия от центробежных грузов регулятора:

- В регуляторах типов RQ и RQV рабочие пружины установлены внутри центробежных грузов. Каждый из двух центробежных грузов действует непосредственно на комплект пружин, размеры которых соответствующим образом подобраны для регулирования номинальной частоты вращения и протекания регуляторной характеристики (-к) с заданной степенью неравномерности.
- В регуляторах типов RSV, RS и RSF центробежные силы через систему рычагов действуют на рабочую пружину регулятора, расположенную снаружи центробежных грузов. Два центробежных груза через муфту регулятора действуют на силовой рычаг, к которому подсоединена рабочая пружина регулятора, сила затяжки которой действует в противоположном направлении.

В двигателях с всережимными регуляторами частоты вращения типа RSV водитель устанавливает требуемый регулируемый скоростной режим путём изменения предварительной затяжки рабочей пружины регулятора при воздействии на неё через рычаг управления. В двухрежимных регуляторах типов RS/RSF рабочие пружины максимального и минимального скоростных режимов имеют постоянную затяжку, которая не может быть изменена посредством педали акселератора. Рабочие пружины регуляторов подобраны таким образом, что создаваемая ими сила затяжки находится в равновесии с центробежной силой грузов на каждом из указанных скоростном режиме. При увеличении частоты вращения центробежная сила грузов увеличивается, и через рычажный механизм перемещает рейку ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива.

Двухрежимный регулятор частоты вращения Тип RQ

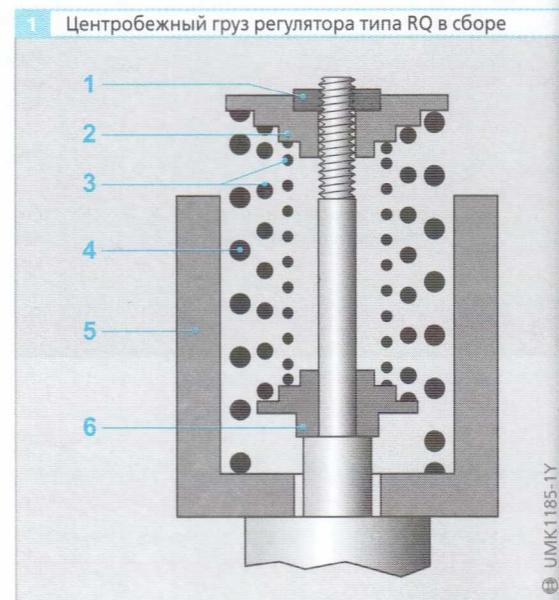
Конструкция регулятора

Ступица (держатель) с центробежными грузами регулятора приводится через демпфер колебаний от кулачкового вала ТНВД (рис. 3, позиции 14 и 18). В ступице установлены два центробежных груза 17 вместе с их серьгами 13, а внутри каждого

груза установлен набор пружин 16. Серьги ступицы преобразуют радиальное перемещение грузов регулятора в осевое перемещение скользящего направляющего болта 12, которое затем передаётся ползуну 10. Ползун, который может перемещаться только по направляющему штифту 11, соединён с шарнирным рычагом 5, обеспечивая связь между чувствительным элементом (центробежными грузами) регулятора и рейкой ТНВД 7. Нижний конец шарнирного рычага соединён с ползуном, а в самом шарнирном рычаге имеется скользящая направляющая кулисы, к которой крепится соединительный рычаг, находящийся на одной оси с рычагом управления 2. Рычаг управления может находиться под ручным управлением или через систему тяг соединяется с педалью акселератора. При перемещении рычага управления направляющая кулисы сдвигается, и шарнирный рычаг поворачивается относительно точки опоры в ползуне. Когда регулятор начинает работать (при увеличении частоты вращения), точкой оси поворота шарнирного рычага становится направляющая кулисы, а перемещение ползуна приводит к изменению передаточного отношения шарнирного рычага. В результате создаётся усилие, достаточное для перемещения рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи, даже при работе двигателя на минимальной частоте вращения холостого хода, когда центробежная сила грузов относительно небольшая. Набор пружин внутри центробежных грузов регулятора (рис. 1) обычно состоит из трёх концентрически установленных спиральных пружин, а именно, пружины 4 минимальной частоты вращения холостого хода и двух пружин 3 для регулирования максимальной частоты вращения.

Рис. 1

- 1 Регулировочная гайка
- 2 Наружное седло пружин
- 3 Пружины регулирования максимальной частоты вращения
- 4 Пружина регулирования минимальной частоты вращения холостого хода
- 5 Центробежный груз
- 6 Внутреннее седло пружин



expert22 для <http://rutracker.org>

7 График скоростных и регуляторных характеристик топливоподачи двигателя с двухрежимным регулятором частоты вращения типа RQ

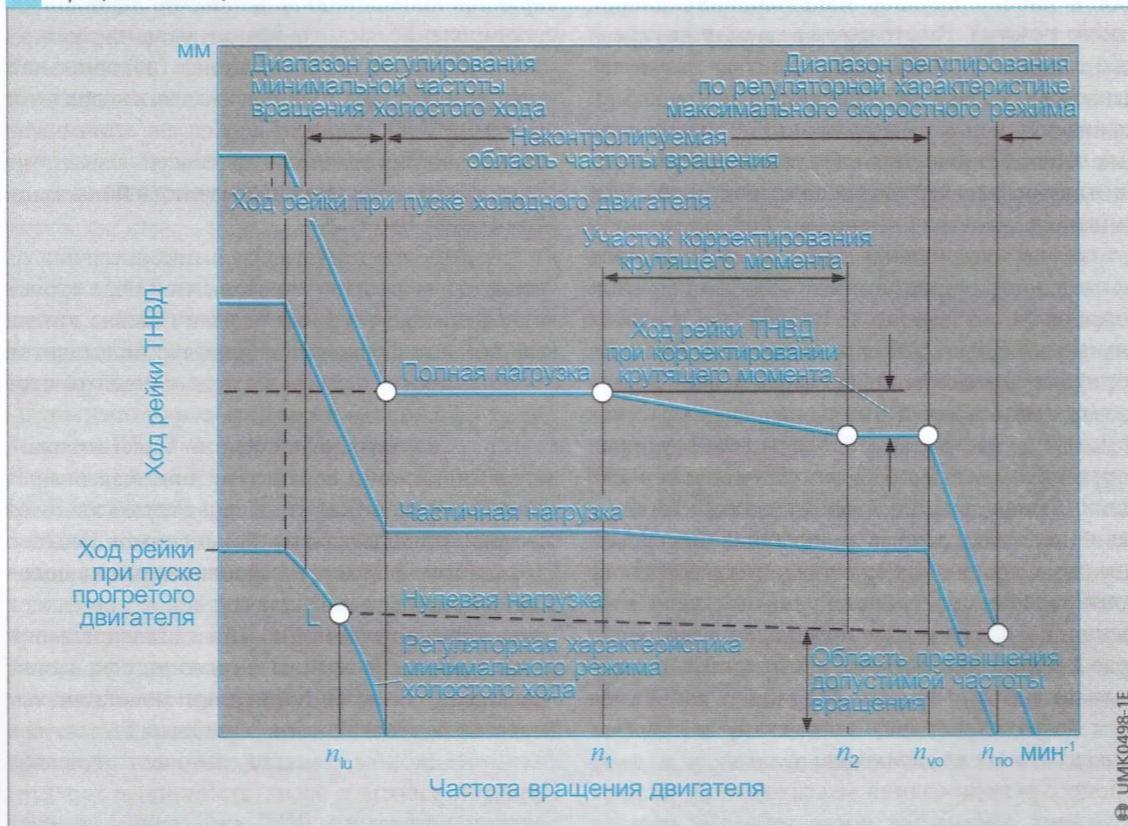


Рис. 7

- $n_{\text{н}}$ Минимальная частота вращения холостого хода
- $n_{\text{во}}$ Максимальная частота вращения холостого хода (номинального режима)
- n_1 Начало участка корректирования крутящего момента
- n_2 Конец участка корректирования крутящего момента
- $n_{\text{но}}$ Максимальная частота вращения холостого хода

Однако как только частота вращения становится немного больше минимальной частоты вращения холостого хода, центробежные грузы входят в контакт с седлами рабочих пружин регулятора, воспринимают усилие со стороны пружин максимального скоростного режима, и остаются в этом положении до тех пор, пока не будет достигнута номинальная частота вращения двигателя. Это происходит потому, что центробежная сила грузов не может преодолеть силу затяжки рабочих пружин максимального скоростного режима, пока частота вращения двигателя не станет выше номинальной. Следовательно, в скоростном диапазоне между минимальной частотой вращения холостого хода и номинальной частотой вращения регулятор не работает. В этом диапазоне положение рейки ТНВД и, следовательно, величина крутящего момента двигателя определяются только водителем. Процесс корректирования величины крутящего момента в этом диапазоне частоты вращения описывается ниже.

Корректирование крутящего момента

В двухрежимном регуляторе частоты вращения типа RQ механизм корректирования крутящего момента (корректор топливоподачи) находится внутри центробежных грузов, точнее, между

8 Механизм корректирования крутящего момента в двухрежимном регуляторе типа RQ

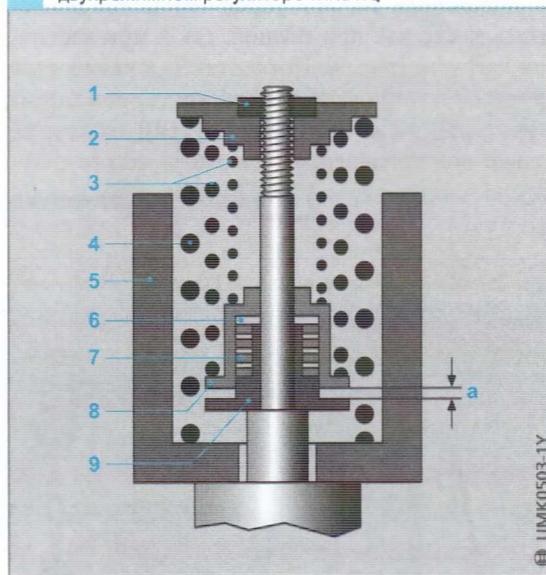


Рис. 8

- 1 Регулировочная гайка
 - 2 Наружное седло пружин
 - 3 Пружины максимального скоростного режима
 - 4 Пружина минимального холостого хода
 - 5 Центробежный груз регулятора
 - 6 Регулировочная шайба
 - 7 Пружина корректора топливоподачи
 - 8 Корпус пружины корректора
 - 9 Внутреннее седло пружин
- а Ход пружины корректора

внутренним седлом пружин (рис. 8, позиция 9) и пружинами максимального скоростного режима 3. Пружина корректора 7 расположена внутри корпуса корректора 8, на который опираются обе пружины максимального скоростного режима.