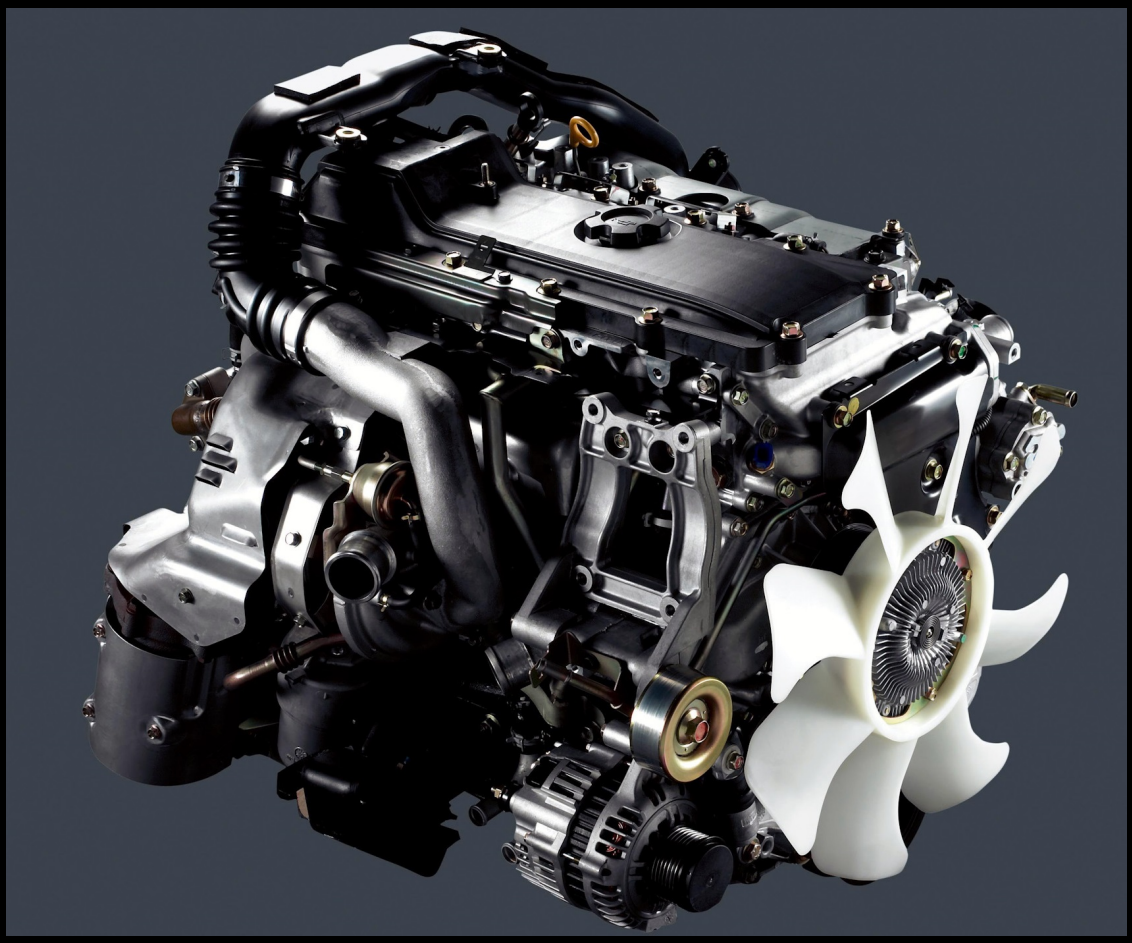
NISSAN EUROPE N.V. DIDR



Устройство и принцип работы двигателей NISSAN ZD30 и YD22

СОДЕРЖАНИЕ

1. История вопроса

2. Новые черты

3. Конструкция двигателя

4. Обслуживание двигателя

5. Снижение шума и вибраций

6. Системы управления двигателем (СУ)

7. Глоссарий автомобильных терминов

Введение

Сотрудники компании Nissan хотят, чтобы ее клиенты в полной мере почувствовали преимущества, которые приносит "Опыт тотального качества" (ОТК). Компания стремится достичь этого, оказывая "Высококачественные услуги клиентам" (ВУК), путем производства автомобилей высокого качества на основе философии "Прочность, качество и надежность" (ПКН).

Философия ПКН свойственна всей продукции компании, пока нашим поребителям требуются "Высококачественные услуги клиентам". Если сложить "Прочность, качество и надежность" и "Высококачественные услуги клиентам", то получится "Опыт тотального качества".

Компания непрерывно улучшает качество своей продукции, чтобы поддерживать высокую репутацию торговой марки (ПКН + ВУК = ОТК). Необходимо доносить информацию об этом в ходе обучения, организованного компанией на последовательной и постоянной основе. Для Nissan это означает разработку программы технического обучения, предназначенного для технического персонала, которая позволит им достичь квалификационной стадии F1 (правильно выполнить работу с первого раза).

Инженеры-проектировщики компании Nissan решили поставленную перед ними задачу, разработав два новых двигателя. Теперь мы ставим эту задачу перед нашим техническим персоналом. Данная задача должна решаться в два этапа. Первый – в ходе обучения, второй – в ходе соревновательной программы для механиков (NISTEC).

Программа соревнований NISTEC дает техническому персоналу возможность продемонстрировать полученные опыт и знания на местном, национальном, европейском и всемирном уровне и получить заслуженное признание своего упорного труда, а также самим получить удовольствие от этой работы.

Каким же образом это затрагивает курс обучения, относящийся к дизельным двигателям с непосредственным впрыском топлива моделей ZD30 и YD22?

Эти два двигателя отражают новый этап в развитии техники, который требует дополнительных знаний и опыта. Сегодняшний технический сотрудник должен быть способен правильно обслуживать и ремонтировать новые двигатели, что необходимо для сохранения и увеличения числа клиентов, довольных продукцией компании. Для этого требуется удовлетворять их ожидания по надлежащему выполнению работ с первого раза (квалификационная стадия F1).

Учебные пособия NDiD предназначены для помощи техническим сотрудникам, изучающим новые особенности дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива компании Nissan – NDiD (Nissan Direct Injection Diesel). Они ни коим образом не заменяют Руководство по технической эксплуатации и обслуживанию, которым всегда следует пользоваться для получения самой точной информации.

Все права защищены. Запрещается перепечатывать, воспроизводить с помощью аудио или видео техники, переводить, записывать или передавать в любой другой форме или любым другим способом весь документ или его какую-либо часть без предварительного получения письменного разрешения от авторов. Это относится к ксерокопированию, передаче в электронных средствах массовой информации или в любой другой форме всего материала или его части.

1. История вопроса

Почему компания Nissan устанавливает дизельные двигатели на легковые автомобили?

Как известно, дизельный двигатель имеет бóльший КПД, чем бензиновый, что обеспечивает меньший расход топлива. До недавних времен недостатками дизельных двигателей были меньшая удельная мощность, повышенные уровни шума и выбросов продуктов сгорания. В результате последних усовершенствований удалось значительно улучшить акустические и экологические показатели дизельных двигателей.

Дизельные двигатели можно разделить на две категории:

1) двигатель с непосредственным впрыском топлива (Di), который также называют двигателем с неразделенной камерой сгорания;

2) двигатель с разделенной камерой сгорания (IDi), в котором часть камеры сгорания расположена в головке цилиндров (предварительная), а другая часть – в поршне (основная).

До недавних пор на легковых автомобилях применялись в основном дизельные двигатели с разделенной камерой сгорания, поскольку они имеют меньший уровень шума и вибраций, а также меньшую токсичность отработавших газов по сравнению с дизельными двигателями с непосредственным впрыском топлива.

DID-NF-tb-3-a.tif

Современные дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива имеют гораздо лучшую топливную экономичность, чем дизельные двигатели с разделенной камерой сгорания.

Топливная экономичность дизельного двигателя с непосредственным впрыском примерно на 32% выше, чем у бензинового двигателя, и примерно на 20% выше, чем у дизельного двигателя с разделенной камерой сгорания.

Различие в эффективности двух типов дизельных двигателей связано с более высоким термическим КПД дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива. В дизельном двигателе с разделенной камерой сгорания больше энергии теряется в виде теплоты, передаваемой в стенки камеры сгорания, которая имеет большую площадь (площадь стенок цилиндра, плюс площадь стенок предварительной камеры сгорания, расположенной в головке цилиндров).

Компания Nissan, также как и большинство ведущих автомобилестроительных компаний мира, стремится создать дизельный двигатель, совмещающий в себе лучшие черты обоих типов двигателей.

Ниже в приоритетном порядке перечислены требования, предъявляемые к дизельному двигателю для легкового автомобиля:

1) высокая топливная экономичность;

2) низкая токсичность отработавших газов;

3) низкий уровень шума и вибраций.

Оба новых дизельных двигателя компании Nissan работают по принципу непосредственного впрыска топлива и удовлетворяют всем названным выше требованиям. Низкий уровень токсичности, шума и вибраций наряду с высокой топливной экономичностью обеспечивается за счет применения рабочего процесса "M-Fire", который включает в себя высокую степень рециркуляции отработавших газов (EGR), электронное управление двигателем, а также использование топливного насоса высокого давления и форсунок с двухстадийным процессом впрыскивания топлива.

"M-Fire" – это новый вид рабочего процесса, применяемый в дизельных двигателях компании Nissan.
Его отличие от рабочего процесса обычного дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива заключается в том, что сгорание начинается после того, как все топливо и воздух будут хорошо перемешаны друг с другом при сравнительно низкой температуре воздуха в цилиндре. Этот рабочий процесс называется "Сгорание с предварительным перемешиванием", и он подробно описывается в главе "Новые черты" данного документа.

DID-NF-tb-4-a.tif

Все дизельные двигатели работают при очень больших давлениях сгорания, что создает высокие уровни механических нагрузок на детали. Поэтому обычно уровень шума и вибраций дизельных двигателей значительно выше, чем у бензиновых двигателей.

Конструкторы компании Nissan решили все поставленные выше задачи при создании двух новых типов дизельных двигателей (серий ZD и YD), и теперь компания располагает семейством малошумных, экономичных и мощных дизельных двигателей. Это удалось достигнуть за счет применения большого числа новых решений, найденных специалистами компании, обеспечивающих снижение шума и вибраций двигателя. В тех случаях, когда эти новые решения не поясняются в главах "Новые черты" или "Системы управления двигателем", они рассматриваются в главе "Снижение шума и вибрации" данного документа.

2. Новые черты

Предупреждение

Данный раздел предназначен для помощи технически работникам, изучающим новые черты дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива Nissan – NDiD (Nissan Direct Injection Diesel). Он ни коим образом не заменяет Руководство по технической эксплуатации и обслуживанию, которым всегда следует пользоваться для получения самой точной информации.

Содержание

1. Введение НЧ-2
   1.1. Общее описание НЧ-2
   1.2. Особенности НЧ-2
2. Методы снижения токсичности НЧ-3
3. Сравнение дизельных двигателей с непосредственным впрыском топлива и разделенной камерой сгорания НЧ-3
4. Процесс сгорания "M-Fire" (модулированное сгорание) НЧ-4
   4.1. Оптимальный угол опережения впрыскивания топлива НЧ-4
   4.2. Большая степень EGR НЧ-5
   4.3. Большая скорость вихревого движения воздушного заряда НЧ-5
   4.4. Эффективность каждой отличительной черты рабочего процесса "M-Fire" НЧ-6
5. Основные технологии, применяемые в дизельных двигателях NDiD НЧ-7
6. Системы, устанавливаемые на дизельных двигателях с разделенной камерой сгорания (IDi) и новых дизельных двигателях NDiD НЧ-8
7. Технические характеристики двигателя НЧ-9

1. Введение

1.1. Общее описание

Компания Nissan в 2000 г. представила на рынок новый дизельный двигатель с непосредственным впрыском топлива (NDiD) Новый дизельный двигатель NDiD основан на использовании нового рабочего процесса. Этот двигатель имеет высокую топливную экономичность, как дизельный двигатель с непосредственным впрыском топлива, и одновременно – высокую удельную мощность, низкий уровень токсичных выбросов, шума и вибраций, как дизельный двигатель с разделенной камерой сгорания. Дизельный двигатель NDiD предназначен для установки на коммерческие автотранспортные средства, например, на легкие и средние грузовики, где он должен заменить дизельные двигатели малой и средней мощности с непосредственным впрыском топлива, поскольку последние имеют большие массу и уровень шума.

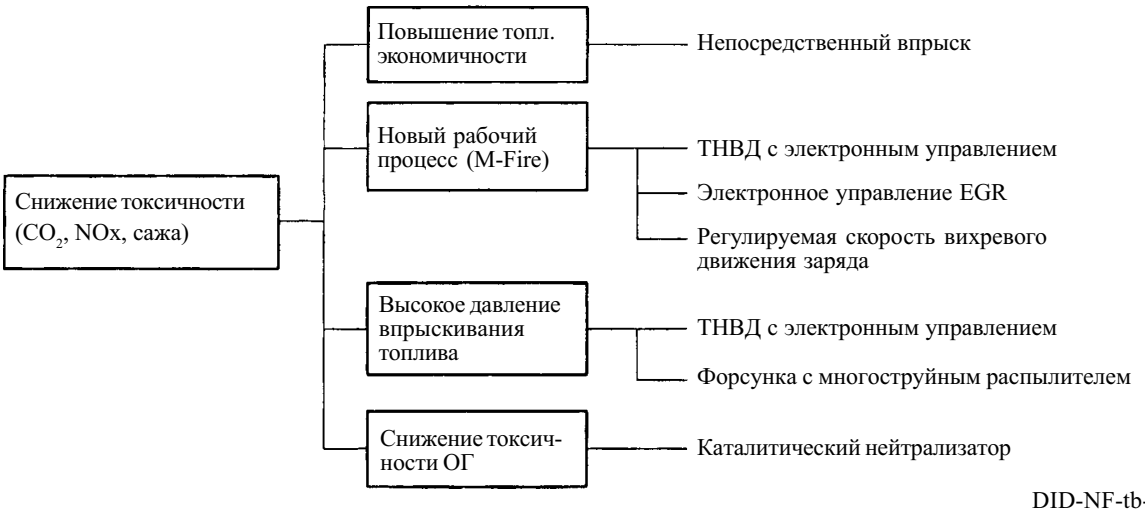
1.2. Особенности

В приводимой ниже таблице перечисляются новые черты дизельных двигателей NDiD и указывается их влияние на показатели работы.

Новая черта	**Влияние**
Непосредственный впрыск топлива	Значительное улучшение топливной экономичности
Новый рабочий процесс типа "M-Fire"	Снижение выбросов NOx, сажи и уровня шума
Топливный насос высокого давления с электронным управлением	Повышение мощности двигателя, снижение выбросов NOx и сажи
Форсунка с многоструйным распылителем (2-х стадийное впрыскивание топлива)	Повышение мощности двигателя, снижение выбросов NOx и сажи
Установка двух распределительных валов в головке блока цилиндров (DOHC) с 4 клапанами на цилиндр	Улучшение топливной экономичности, повышение стабильности сгорания
Регулируемая скорость вихревого движения заряда (двигатель ZD)	Повышение стабильности сгорания и снижение выбросов сажи
Камера сгорания с двойным вихрем	Повышение мощности двигателя, улучшение топливной экономичности
Турбокомпрессор с регулируемым лопаточным направляющим аппаратом (ЛНА) турбины (двигатель ZD)	Улучшение разгона автомобиля, повышение мощности и топливной экономичности
Электронное управление клапаном EGR	Снижение выбросов NOx
Окислительный каталитический нейтрализатор	Снижение выбросов HC, CO и сажи
Сменный элемент масляного фильтра	Снижение объема экологически вредных отходов
Облегченный поршень со смещенным поршневым пальцем	Снижение уровня вибраций двигателя
Промежуточная трехслойная шестерня с компенсацией зазора между зубьями (двигатель ZD)	Снижение уровня вибраций двигателя
Алюминиевый масляный поддон с встроенной косынкой	Снижение уровня вибраций двигателя
Звукоизолирующая верхняя крышка двигателя	Снижение уровня вибраций двигателя
Балансирные валы (двигатель ZD)	Снижение уровня вибраций двигателя
Маховик с внутренним демпфером крутильных колебаний (двигатель ZD)	Снижение уровня вибраций двигателя

2. Методы снижения токсичности

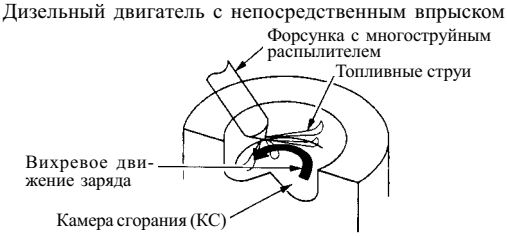
В приводимой ниже таблице показано, как новая технология удовлетворяет требования к снижению токсичности отработавших газов.



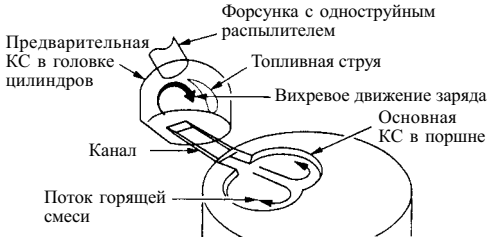
DID-NF-tb-2-a.tif

3. Сравнение дизельных двигателей с непосредственным впрыском топлива и разделенной камерой сгорания

Дизельный двигатель с непосредственным впрыском



Дизельный двигатель с разделенной КС



DID-NF-tb-3-a.tif

Тихоходные и среднескоростные дизельные двигатели большой мощности с непосредственным впрыском топлива традиционно использовались на коммерческих автотранспортных средствах, судах и для работы в стационарных условиях. Дизельный двигатель с непосредственным впрыском топлива работает при относительно высоких максимальных давлениях и температурах сгорания, и поэтому имеет высокий термический КПД и низкий расход топлива. Поскольку камера сгорания имеет относительно малую площадь поверхности, потери теплоты сведены к минимуму. Процесс сгорания в дизельном двигателе с непосредственным впрыском топлива происходит в камере сгорания, расположенной в верхней части поршня, что позволяет получить высокий крутящий момент на низких частотах вращения. Однако дизельный двигатель с непосредственным впрыском топлива характеризуется высоким уровнем шума, поскольку сгорание происходит за очень короткий период. Он также характеризуется относительно плохим качеством перемешивания топлива с воздухом, что приводит к менее плавной работе, чем у дизельного двигателя с разделенной камерой сгорания, а также к образованию большего объема выбросов сажи.

Разделенные камеры сгорания применяются в основном на маломощных быстроходных дизельных двигателях, устанавливаемых на легковых автомобилях, а также легких грузовиках и микроавтобусах. Основным отличием этого типа рабочего процесса является наличие предкамеры или вихревой камеры сгорания в головке цилиндров, которая соединяется с камерой сгорания в поршне относительно узким каналом. Форсунка впрыскивает топливо в камеру для предварительного сгорания, расположенную в головке цилиндров, то есть, топливо не выпрыскивается непосредственно в цилиндр.

Камера для предварительного сгорания имеет специальную форму, обеспечивающую образование мощного вихревого движения воздушного заряда. Рабочий процесс с использованием разделенной камеры сгорания отличается очень высоким качеством перемешивания топлива с воздухом, что обеспечивает относительно плавную и тихую работу двигателя. Однако дизельный двигатель с разделенной камерой сгорания уступает двигателю с непосредственным впрыском с точки зрения топливной экономичности и удельной мощности, поскольку значительное количество теплоты теряется в стенки через увеличенную поверхность камеры сгорания, расположенной в головке цилиндров, а часть энергии, полученной от сгорания топлива, теряется на дросселирование в узком соединительном канале.

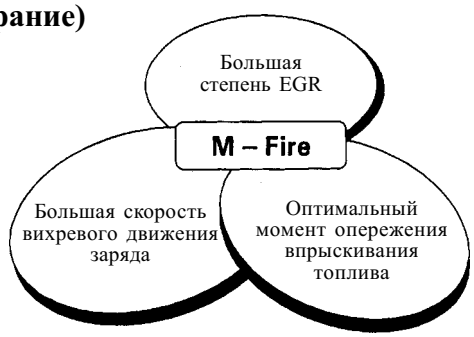
Новый дизельный двигатель NDiD сочетает в себе преимущества обоих типов двигателей, а именно: высокую топливную экономичность, высокую удельную мощность, низкий уровень шума (такой же, как в дизельных двигателях с разделенной камерой сгорания), низкий уровень или практически полное отсутствие выбросов сажи и NOx.

В представленной ниже таблице приводится сравнение трех типов дизельных двигателей: с непосредственным впрыском топлива (Di), с разделенной камерой сгорания (IDi) и нового двигателя NDiD.

Параметр	Двигатель Di	Двигатель IDi	Двигатель NDiD
Топливная экономичность	Л	Х	Л
Мощность/крутящий момент	Л	Х	Л
Шум	Х	Л	Л
Выбросы NOx	Х	Л	Л

Примечание: Л - лучше; Х - хуже.

4. Процесс сгорания "M-Fire" (модулированное сгорание)



DID-NF-tb-4-a.tif

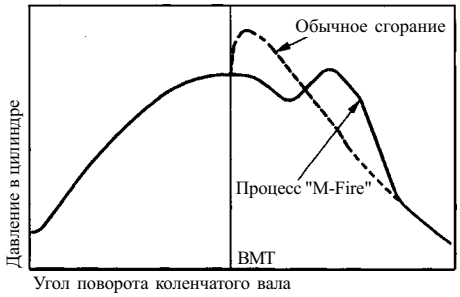
Рабочий процесс "M-Fire" – это новый способ организации смесеобразования и сгорания, используемый в дизельном двигателе NDiD.
Его отличие от рабочего процесса дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива заключается в том, что сгорание начинается после того, как все топливо и воздух будут хорошо перемешаны друг с другом, а также при сравнительно низкой температуре воздуха. Этот рабочий процесс называется "Сгорание с предварительным перемешиванием" *.

* См. примечание на следующей странице.

Более низкая температура сгорания позволяет двигателю уменьшить выбросы NOx, а хорошее перемешивание топлива с воздухом перед началом сгорания снижает выбросы сажи.
Рабочий процесс "M-Fire" также обеспечивает снижение уровня шума, поскольку скорость сгорания меньше, чем в дизельном двигателе с непосредственным впрыском топлива.
Процесс "M-Fire" имеет три характерные особенности:
а) оптимальный момент впрыскивания топлива;
б) высокую степень EGR;
в) высокую скорость вихревого движения воздушного заряда.

4.1. Оптимальный угол опережения впрыскивания топлива

В обычных дизельных двигателях топливо впрыскивается до ВМТ (верхней мертвой точки). В двигателе NDiD топливо впрыскивается после ВМТ (позже, чем в обычном дизельном двигателе). В связи с поздним моментом начала впрыскивания топлива сгорание начинается, когда давление воздуха в цилиндре уже снижается, поскольку происходит такт расширения. Это приводит к получению меньшего давления в цилиндре в начале сгорания. В связи с поздним моментом начала впрыскивания не происходит мгновенного сгорания топлива. Поэтому остается достаточно времени для испарения топлива в камере сгорания, что обеспечивает практически идеальное перемешивание топлива с воздухом, необходимое для эффективного сгорания (сгорание с предварительным смешиванием).



Сравнение давления при сгорании

DID-NF-tb-4-1-a.tif

*** Примечание**

Сгорание с предварительным смешиванием представляет собой такой вид рабочего процесса, при котором сгорание производится после того, как все топливо будет хорошо перемешано с воздухом. Похожий способ применяется в бензиновых двигателях, в которых топливо смешивается с воздухом во впускном коллекторе.

Если применять рабочий процесс с предварительным смешиванием в дизельном двигателе NDiD, это приведет к возрастанию выбросов NOx и уровня шума в связи с очень быстрым сгоранием. Поэтому в двигателе NDiD также может применяться традиционный способ сгорания, при котором сгорание начинается еще в ходе впрыскивания топлива. Это приводит к снижению выбросов NOx и уровня шума, что достигается за счет более мягкого и длительного сгорания. Однако при таком способе сгорания увеличиваются выбросы сажи, поскольку часть неиспарившегося топлива не успевает сгореть в результате неполного сгорания.

Сгорание с предварительным смешиванием применяется на малых и средних нагрузках двигателя, которые составляют большую часть режимов его работы. Обычное же сгорание применяется при больших нагрузках двигателя, которые составляют небольшую часть режимов его работы.

4.2. Большая степень EGR

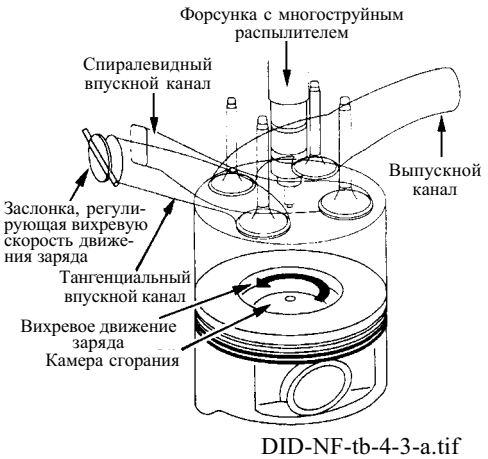
Недостатком сгорания с предварительным смешиванием является повышенный выброс NOx и увеличение уровня шума в связи с тем, что сгорание происходит за очень короткий период. Чтобы устранить этот недостаток, в камеру сгорания направляется большое количество рециркулируемых отработавших газов (применяется большая степень EGR), что замедляет скорость сгорания и обеспечивает мягкость процесса. В результате температура и давление в цилиндре не достигают высоких значений, что приводит к снижению выбросов NOx и уровня шума.

4.3. Большая скорость вихревого движения воздушного заряда

Для каждого цилиндра используются два впускных канала, один из которых является тангенциальным, а другой – спиралевидным. Заслонка, управляющая вихревым движением воздушного заряда, расположена в тангенциальном канале. Спиралевидный канал обеспечивает большую вихревую скорость движения заряда. Это способствует хорошему перемешиванию топлива с воздухом, что приводит к стабильному сгоранию. Благодаря стабильному сгоранию при использовании рабочего процесса с предварительным смешиванием топлива и воздуха достигаются следующие преимущества:

1) снижение выбросов сажи;
2) повышение топливной экономичности;
3) снижение выбросов CH.

Форсунка с многоструйным распылителем



DID-NF-tb-4-3-a.tif

При малых и средних нагрузках двигателя заслонка, регулирующая вихревую скорость движения заряда, остается закрытой. Весь воздух, поступающий в двигатель, проходит через спиралевидный канал, и это обеспечивает высокую вихревую скорость движения заряда в камере сгорания.

При больших нагрузках двигателя заслонка, регулирующая вихревую скорость движения заряда, открывается, что обеспечивает поступление в цилиндр большего количества воздуха, который необходим для сгорания дополнительного количества топлива, впрыскиваемого на полной нагрузке. Это приводит к снижению выбросов сажи на больших и частичных нагрузках.

4.4. Эффективность каждой отличительной черты рабочего процесса "M-Fire"

В приводимой ниже таблице показана сравнительная эффективность каждой отличительной черты рабочего процесса "M-Fire".

Отличительная черта	Выбросы NOx	Выбросы сажи	Уровень шума	Термический КПД	Выбросы HC
Позднее начало впрыскивания топлива	Положительно	Нейтрально	Положительно	Отрицательно	Отрицательно
Большая степень EGR					
Большая скорость вихревого движения заряда	Нейтрально	Положительно	Нейтрально	Положительно	Положительно

Каждая отличительная черта рабочего процесса "M-Fire" имеет свои отрицательные последствия. Однако другая отличительная черта данного рабочего процесса компенсирует это отрицательное последствие. Таким образом, в целом, рабочий процесс "M-Fire" не имеет отрицательных последствий.

5. Основные технологии, применяемые в дизельных двигателях NDiD (YD22DDT и ZD30DDTi)

В приводимой ниже таблице показано влияние каждой конструктивной меры на улучшение показателей двигателя

Конструктивная мера	Двигатель		Положительный эффект			
	ZD	YD	Мощ-ность	Токсич-ность ОГ	Топл. эко-номичность	Шум и вибрации
Система непосредственного впрыска топлива	Да	Да	Да		Да	
Применение 4 клапанов на один цилиндр	Да	Да	Да	Да	Да	
Рабочий процесс типа "M-Fire"	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Турбокомпрессор с охладителем наддувочного воздуха	Да	Да	Да	Да	Да	
ТНВД с электронным управлением	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Многоструйный распылитель форсунки	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Форсунка с двухстадийным впрыскиванием	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Облегченный поршень	Да	Да	Да		Да	Да
Камера сгорания с двойным вихрем	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Центрально расположенная форсунка	Да	Да	Да	Да	Да	
Окислительный каталитический нейтрализатор	Да	Да		Да		
Клапан EGR с электронным управлением	Да	Да		Да		Да
Система регулирования скорости вихревого движения заряда	Да	Нет				
Звукоизолирующая крышка двигателя	Да	Нет				Да
Алюминиевый масляный поддон с встроенной косынкой	Нет	Да				Да
Упругая опора передней алюминиевой крышки	Нет	Да				Да
Упругая опора крышки коромысел	Нет	Да				Да
Клапан регулирования расхода впуска-емого воздуха	Да	Нет				Да
Балансирные валы	Да	Нет				Да
Блок цилиндров пониженной высоты с картером опор коренных подшипников	Да	Нет				Да
Шкив коленчатого вала с тороидальным демпфером	Да	Да				Да
Промежуточная трехслойная шестерня с системой устранения зазоров между зубьями	Да	Нет				Да
Маховик со встроенным инерционным демпфером	Да	Нет				Да

Примечание
Применение на двигателях: Да – применяется; Нет – не применяется
Положительный эффект: Да – присутствует

6. Системы, устанавливаемые на дизельных двигателях с разделенной камерой сгорания (IDi) и новых дизельных двигателях NDiD

В таблице представлены различия между дизельными двигателями NDiD и IDi (модели CD20ET).

Система	Двигатель IDi (с вихревой КС) CD20ET	Двигатели NDiD (с непосредственным впрыском) YD/ZD	Основание для применения или отказа от применения
Система EGR	Диафрагменного типа (2-х ступенчатого типа)	С шаговым эл. двигателем (плавное изменение)	С точным управлением количеством EGR. Рабочий процесс "M-Fire" снижает токсичность и шум двигателя
Система турбонаддува	Нерегулируемый ТК	ТК с регулируемым ЛНА турбины (двигатель ZD)	ТК с регулируемым лопаточным направляющим аппаратом (ЛНА) турбины обеспечивает повышение крутящего момента на малых частотах вращения и улучшает разгонные характеристики автомобиля
Каталитический нейтрализатор	Не применяется	Окислительный каталитический нейтрализатор (платиновый)	Удовлетворяются даже ожидаемые в перспективе нормы токсичности
ТНВД	С электронным управлением (типа VE0)	С электронным управлением и повышенным давлением впрыскивания (типа VP44)	Улучшение сгорания за счет более тонкого распыливания топлива (улучшаются мощностные и токсичные показатели)
Плунжерного типа	Аксиально движущийся плунжер (1)	Радиально движущиеся плунжеры (2)	
Управление величиной цикловой подачи топлива	Дозирующая муфта	Эл.магн. дозирующий клапан (управление временем открытия)	Повышение точности дозирования за счет управление временем открытия эл.магн. клапана
Управление опережением впрыскивания топлива	Механизм опережения впрыскивания	Механизм опережения впрыскивания	Разгон и стабильность работы улучшаются за счет использования сервоклапана
Обратная связь от механизма опережения впрыскивания	Датчик начала подъема иглы распылителя	Датчик положения кулачкой шайбы в ТНВД	
Компенсация температуры топлива	Датчик температуры топлива (в ТНВД)	Датчик температуры топлива (в ТНВД)	Также как в двигателе типа IDi
Форсунка	Штифтовая	Закрытого типа с многоструйным распылителем (2-х стадийное впрыскивание)	За счет оптимизации числа и диаметра отверстий распылителя обеспечивается наилучшее распыливание топлива. Благодаря 2-х стадийному впрыскиванию обеспечивается управление начальным количеством впрыскиваемого топлива, что приводит к снижению стука и выбросов NOx.
Система предпускового подогрева	Керамические свечи накаливания	Керамические свечи накаливания	Для улучшения пуска двигателя при низких температурах. Используется та же система, что и на двигателях IDi.
Система управления скоростью вихревого движения заряда (двигатель ZD)	Не используется	Исполнительный элемент управляется эл.магн. клапаном (типа ВКЛ./ВЫКЛ.)	Для рабочего процесса "M-Fire" требуется повышенная скорость вихревого движения заряда
Клапан, регулирующий расход ОГ (двигатель ZD)	Не используется	Исполнительный элемент управляется эл.магн. клапаном (типа ВКЛ./ВЫКЛ.)	
Заслонка в выпускной системе	Используется	Не используется	В случае регулируемого ТК (двигатель ZD) обеспечивается достаточное давление газов в выпускной системе, требуемое для получения большого расхода газов в системе EGR.
Датчик массового расхода воздуха	Обычного типа	Противоточного типа	Улучшается быстродействие и точность измерения (тот же тип, что A33/VQ30)

7. Технические характеристики двигателя

В таблице приводятся технические характеристики двигателей ZD30DDTi и YD22DDT.

Параметр	ZD30DDTi (Y61)	YD22DDT (N16)
Рабочий объем, $см^3$	2953	2184
Диаметр цилиндра x ход поршня, мм	96 x 102	86 x 94
Степень сжатия	17,9	18,0
Макс. мощность при частоте вращения	116 кВт при 3600 об/мин	81 кВт при 4000 об/мин
Макс. крутящий момент при частоте вращения	354 Нм при 2000 об/мин 323 Нм при 2000 об/мин (3-х дверный, мех. КП)	230 Нм при 2000 об/мин
Расход топлива, л/100 км	10,8 (смешанный цикл)	5,7 (смешанный цикл)
Время разгона от 0 до 100 км/ч, с	15,4 (мех. КП) 16,9 (авт. КП)	12,3
Макс. скорость, км/ч	160	185

3. Конструкция двигателя

Предупреждение

Данный раздел предназначен для помощи технически работникам, изучающим новые черты дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива Nissan – NDiD (Nissan Direct Injection Diesel). Он ни коим образом не заменяет Руководство по технической эксплуатации и обслуживанию, которым всегда следует пользоваться для получения самой точной информации.

Содержание

1. Разделенный блок цилиндров (двигатель ZD) КД-2
2. Балансирные валы (двигатель ZD) КД-2
3. Головка цилиндров КД-2
4. Поршень КД-3
5. Шкив коленчатого вала КД-3
6. Маховик КД-3
7. Распределительный вал КД-4
8. Крышка крепления распределительного вала КД-4
9. Промежуточная шестерня с механизмом компенсации зазора (двигатель ZD) КД-4
10. Окислительный каталитический нейтрализатор КД-4

1. Разделенный блок цилиндров (двигатель ZD)

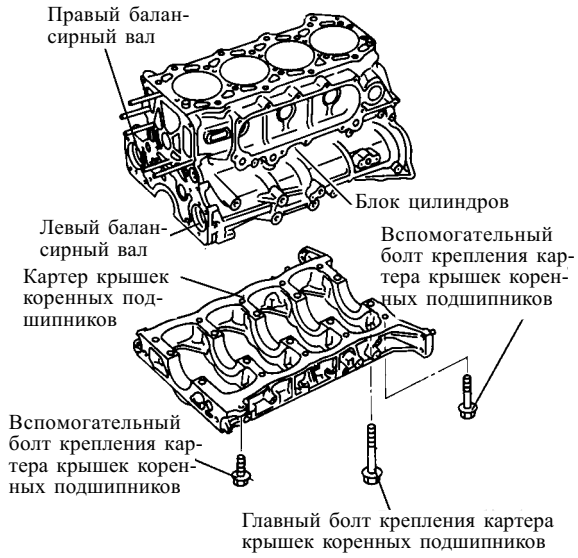
Блок цилиндров отлит из чугуна и состоит из двух частей:

а) блока цилиндров;

б) картера крышек коренных подшипников (нижней части блока цилиндров).

Для снижения шума двигателя используются два балансирных вала.

Картер крышек коренных подшипников повышает жесткость двигателя, что способствует снижению уровня шума.

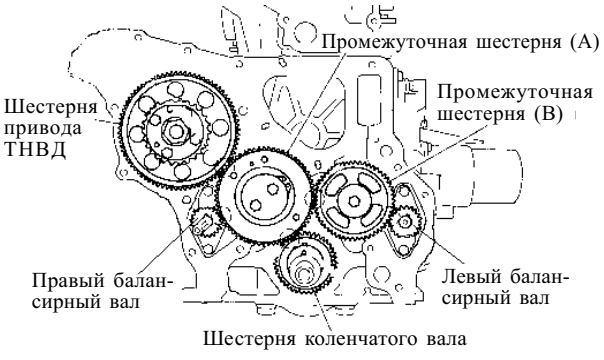


DID-EM-tb-1-a.tif

2. Балансирные валы (двигатель ZD)

Для снижения вибраций двигателя применяются два балансирных вала. Эти валы расположены в нижней части блока цилиндров и вращаются с частотой, вдвое превышающей частоту вращения коленчатого вала.

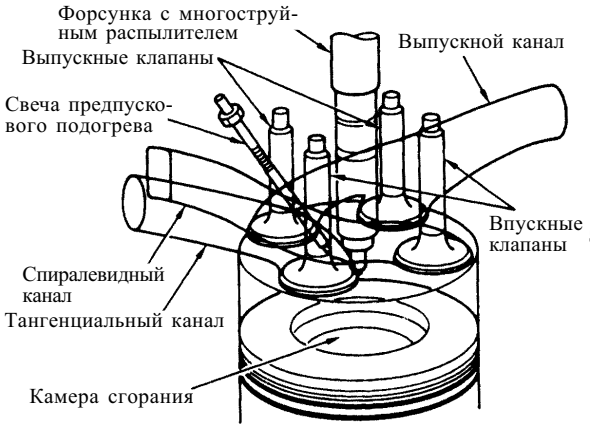
Балансирные валы приводятся с помощью промежуточных шестерен механизма привода газораспределения и вращаются в противоположные стороны по отношению друг к другу.



DID-EM-tb-2-b.tif

3. Головка цилиндров

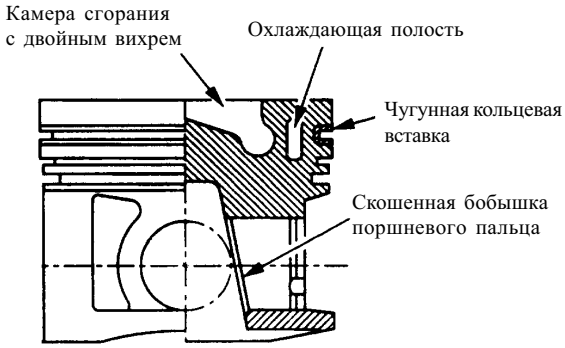
- Головка цилиндров с 4 клапанами на один цилиндр и расположенными в ней распределительными валами изменена с целью повышения коэффициента наполнения двигателя.
- Форсунка располагается по центру камеры сгорания, совпадающему с центром поршня, для улучшения процесса смесеобразования.
- Каждая трубка высокого давления, подводящая топливо к форсунке, проходит через отверстие в правой части головки цилиндров с целью повышения удобства установки крышки коромысел. Это обеспечивает уплотнение топливного контура и позволяет избежать попадания топлива в моторное масло.
- Свечи предпускового подогрева установлены в головке цилиндров и выступают из ее нижней плоскости. Поэтому при снятии головки цилиндров запрещается класть ее на твердую поверхность, поскольку это может привести к поломке свечей предпускового подогрева.
- Головка цилиндров имеет два впускных канала: тангенциальный и спиралевидный.



DID-EM-tb-3-a.tif

4. Поршень

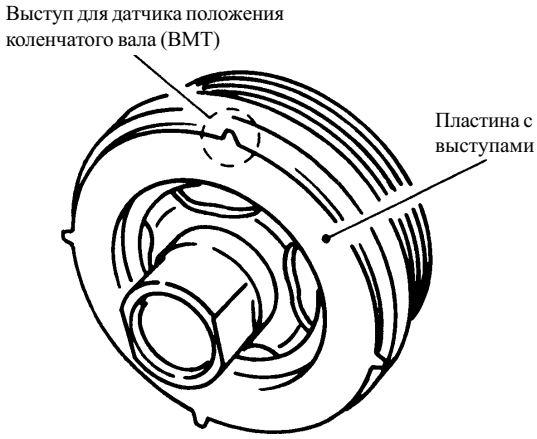
- В верхней части поршня расположена камера сгорания с двойным вихрем (горизонтальным и вертикальным), что способствует повышению завихривания воздушного заряда и обеспечивает оптимальное сгорание.
- В верхней части поршня имеется масляная полость, предназначенная для охлаждения поршня.
- Для повышения прочности поршня из алюминиевого сплава при отливке в него устанавливается чугунная кольцевая вставка.
- Применяется скошенная бобышка для установки поршневого пальца, позволяющая уменьшить длину поршневого пальца с целью уменьшения массы поршня в сборе, что способствует снижению уровня шума и повышению мощности двигателя.



DID-EM-tb-4-a.tif

5. Шкив коленчатого вала

На двигателе ZD пластина с выступами для датчика определения положения коленчатого вала (BMT) расположена на шкиве коленчатого вала. Датчик регистрирует магнитный сигнал. Необходимо осторожно обращаться с пластиной с выступами, чтобы не повредить и не намагнитить ее. На обоих двигателях в шкиве установлен демпфер крутильных колебаний.

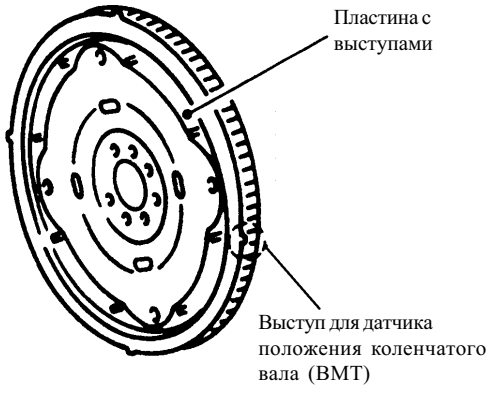


DID-EM-tb-5-a.tif

6. Маховик

На двигателе YD пластина с выступами крепится к маховику. Датчик положения коленчатого вала (BMT) регистрирует магнитный сигнал. Необходимо осторожно обращаться с пластиной с выступами, чтобы не повредить и не намагнитить ее.

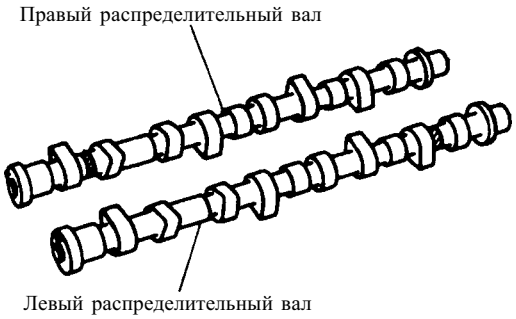
На двигателе ZD на маховике установлены массовые демпферы для снижения уровня вибраций двигателя. В связи с этим на диске сцепления демпферы отсутствуют.



DID-EM-tb-6-a.tif

7. Распределительный вал

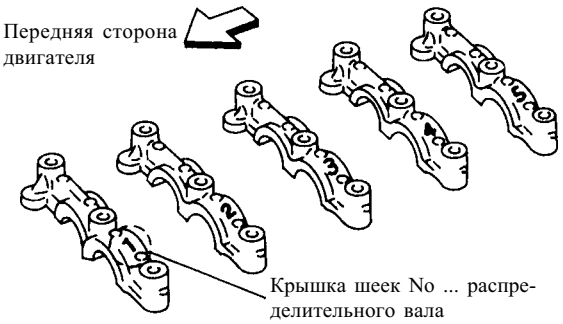
Моменты открытия-закрытия клапанов и высота подъема клапанов оптимизированы для получения максимальной мощности двигателя, стабильности частоты вращения на холостом ходу и топливной экономичности.
Впускные и выпускные кулачки расположены на распределительных валах поочередно.



DID-EM-tb-7-a.tif

8. Крышки шеек распределительных валов

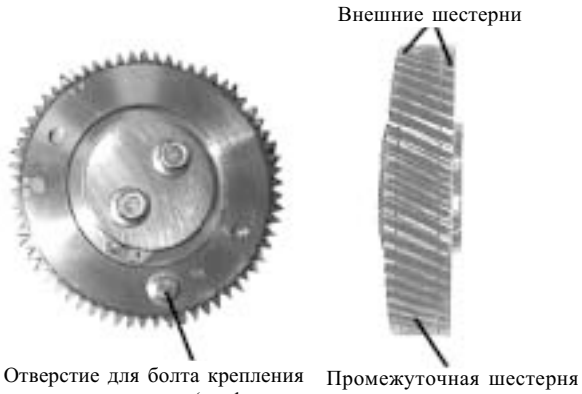
Каждый распределительный вал с целью повышения его жесткости крепится пятью крышками.
Для снижения общего веса каждая крышка крепит сразу оба распределительных вала



DID-EM-tb-8-a.tif

9. Промежуточная шестерня с механизмом компенсации зазора (двигатель ZD)

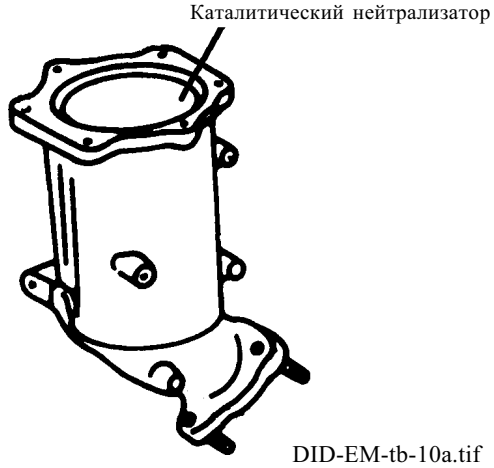
Применяются промежуточные трехслойные шестерни с механизмом компенсации зазора между зубьями, что позволяет снизить уровень шума. Промежуточная шестерня в сборе состоит из толстой внутренней шестерни, двух тонких внешних шестерен и расположенных внутри пружин. Внутренние пружины стремятся повернуть внутреннюю шестерню и внешние шестерни в направлении вращения. При определенном положении шестерен зубья всех трех шестерен совмещаются и образуют один общий зуб.
При снятии любых шестерен, находящихся в зацеплении с трехслойной промежуточной шестерней, необходимо заблокировать внешние шестерни, поскольку в противном случае они повернутся на свой полный ход под действием мощных внутренних пружин. Поскольку вращательный момент очень велик, совместить зубья всех трех шестерен будет невозможно.



DID-EM-tb-9-a.tif

10. Окислительный каталитический нейтрализатор

Окислительный каталитический нейтрализатор применяется на дизельном двигателе с целью снижения уровня выброса токсичных компонентов HC, CO и SOF (растворимой органической фракции) за счет окислительной реакции.
Каталитический нейтрализатор устанавливается на корпусе турбины турбокомпрессора.
Каталитический нейтрализатор работает также, как и на бензиновом двигателе.



DID-EM-tb-10a.tif

4. Обслуживание двигателя

Предупреждение

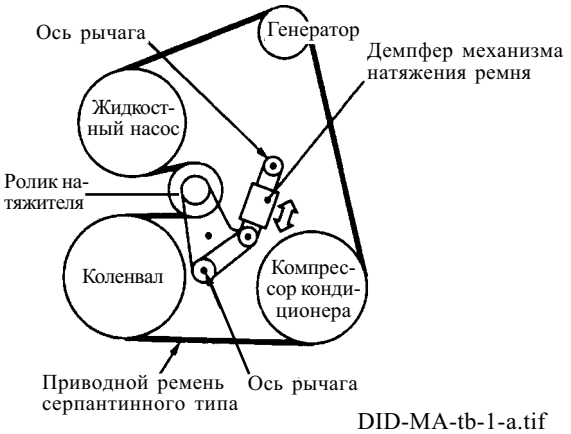
Данный раздел предназначен для помощи технически работникам, изучающим новые черты дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива Nissan – NDiD (Nissan Direct Injection Diesel). Он ни коим образом не заменяет Руководство по технической эксплуатации и обслуживанию, которым всегда следует пользоваться для получения самой точной информации.

Содержание

1. Приводной ремень серпантинного типа (двигатель ZD) ТО-2
2. Масляный фильтр ТО-2
3. Регулировка зазора в клапанах ТО-2

1. Приводной ремень серпантинного типа (двигатель ZD)

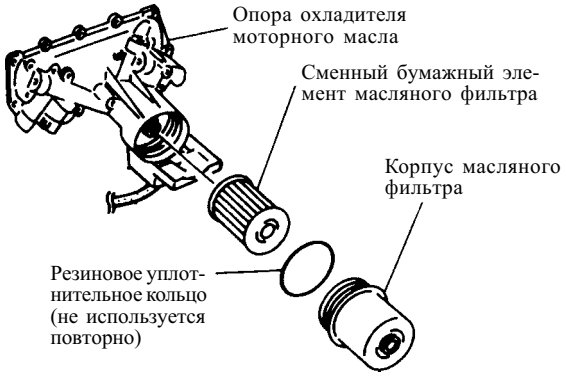
На двигателе используется приводной ремень серпантинного типа. Один ремень приводит все навесные агрегаты двигателя.
Проверка и регулировка натяжения этого ремня не требуются, поскольку правильное натяжение обеспечивается автоматическим натяжителем.



DID-MA-tb-1-a.tif

2. Масляный фильтр

Применяется масляный фильтр бумажного типа. Данный сменный тип масляного фильтра используется для уменьшения экологически вредных отходов.

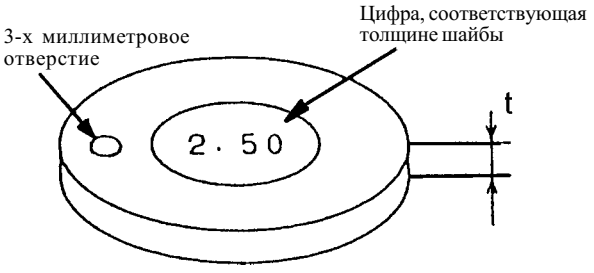


DID-MA-tb-2-a.tif

3. Регулировка зазора в клапанах

Регулировка зазора в клапанах осуществляется путем выбора правильной толщины регулировочной шайбы. Эта операция производится также, как на двигателях GA, CG, CD17, VQ и VJZ.

Регулировочные шайбы имеют отверстие диаметром 3 мм, которое служит для облегчения снятия шайбы.



DID-MA-tb-3-a.tif

5. Снижение шума и вибраций

Предупреждение

Данный раздел предназначен для помощи технически работникам, изучающим новые черты дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива Nissan – NDiD (Nissan Direct Injection Diesel). Он ни коим образом не заменяет Руководство по технической эксплуатации и обслуживанию, которым всегда следует пользоваться для получения самой точной информации.

Содержание

1. Рабочий процесс "M-Fire" ШВ-2
2. Форсунка ШВ-2
3. Облегченный поршень ШВ-3
4. Клапан EGR с электронным управлением ШВ-3
5. Система регулирования скорости вихревого движения заряда (двигатель ZD) ШВ-4
6. Звукоизолирующая верхняя крышка двигателя (двигатель ZD) ШВ-4
7. Алюминиевый масляный поддон с встроенной косынкой ШВ-4
8. Упругое крепление крышек (двигатель YD) ШВ-5
9. Балансирные валы (двигатель ZD) ШВ-5
10. Блок цилиндров уменьшенной высоты (двигатель ZD) ШВ-6
11. Шкив коленчатого вала с демпфером крутильных колебаний ШВ-6
12. Промежуточная шестерня с механизмом компенсации зазора между зубьями (двигатель ZD) ШВ-6
13. Клапан, регулирующий количество впускаемого воздуха (двигатель ZD) ШВ-7
14. Маховик со встроенным массовым демпфером (двигатель ZD) ШВ-8

1. Рабочий процесс "M-Fire"

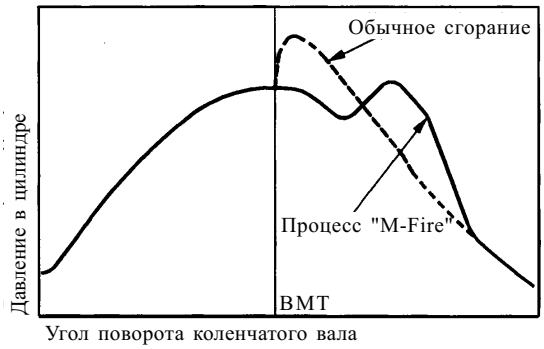
Дизельный двигатель с непосредственным впрыском топлива имеет высокий уровень шума, поскольку сгорание происходит за очень короткий период, и большую величину максимального давления сгорания, которая достигается сразу после ВМТ, что создает значительные механические нагрузки.

Рабочий процесс "M-Fire" способствует снижению шума при сгорании, поскольку скорость сгорания значительно меньше, чем в обычных дизельных двигателях с непосредственным впрыском топлива.

Это достигается путем добавки значительного количества рециркулируемых отработавших газов (высокая степень EGR) и запаздывания опережения впрыскивания топлива. Значительное количество рециркулируемых отработавших газов заменяет часть кислорода в камере сгорания (уменьшается плотность кислорода), что замедляет скорость сгорания. Для компенсации уменьшения количества кислорода и обеспечения полного сгорания впрыскиваемого дизельного топлива в камере сгорания создается высокая вихревая скорость движения заряда.

Кроме того, топливо впрыскивается после ВМТ. Такое запаздывание впрыскивания топлива приводит к снижению температуры в камере сгорания в связи с более низким давлением в начальный момент сгорания. Это также приводит к получению меньшей скорости сгорания. Уменьшенная скорость сгорания топлива препятствует резкому повышению давления сгорания и, таким образом, содействует снижению шума и вибраций до того же уровня, что и в двигателях с разделенной камерой сгорания.

did-nf-tb-4-a.tif



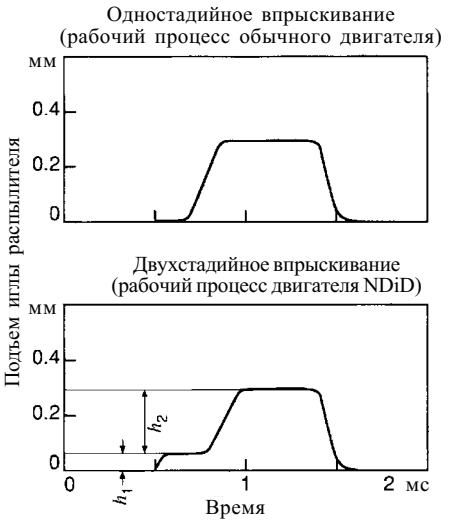
Сравнение давления при сгорани

DID-NF-tb-4-1-a.tif

2. Форсунка

Форсунка с многоструйным распылителем и двухстадийным впрыскиванием топлива (двухступенчатым законом подъема игла распылителя) имеет две пружины. На иллюстрации показано, как происходит двухстадийный процесс впрыскивания топлива.

Двухстадийный процесс впрыскивания топлива приводит к более "мягкому" начальному сгоранию при относительно высокой нагрузке двигателя (что соответствует обычному сгоранию), а также к снижению шума и вибраций.



DID-EC-tb-2-2-c.tif

3. Облегченный поршень

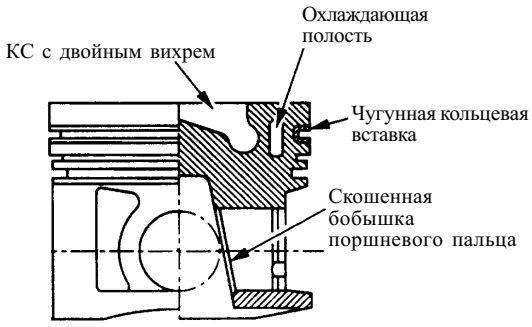
Облегченный поршень позволяет снизить механические нагрузки внутри двигателя. Это, в свою очередь, приводит к снижению уровней шума и вибраций.

За счет применения более легких поршней удалось существенно снизить шумы, вызываемые перекладкой поршней, коленчатым валом и шатунами.

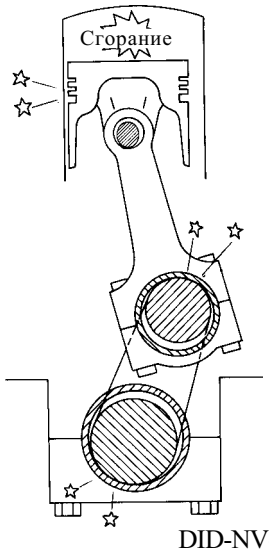
Масса поршня снижена за счет:

1) укорачивания поршневого пальца за счет применения скошенного среза бобышки поршневого пальца;

2) применения более тонкой юбки поршня.



DID-EM-tb-4-a.tif



DID-NV-tb-3-b.tif

4. Клапан EGR с электронным управлением

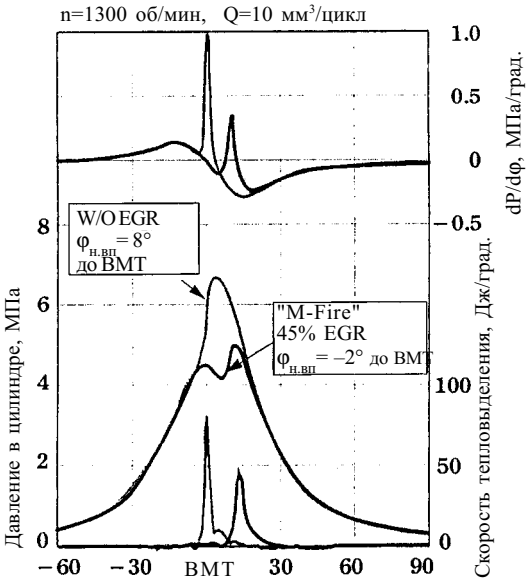
Применяется для обеспечения плавной работы двигателя при большом количестве рециркулируемых отработавших газов.

Клапан системы EGR приводится шаговым электродвигателем и имеет электронное управление. Максимальное число шагов работы, которое задает компьютер управления двигателем (ECM), следующее:

двигатель ZD: 44 шага;

двигатель YD: 61 шаг.

Большое количество рециркулируемых отработавших газов, поступающих в камеру сгорания, приводит к замедлению скорости сгорания. Более низкая скорость сгорания предотвращает резкое повышение давления сгорания, что способствует снижению уровней шума и вибрации.



DID-NV-tb-4-a.tif

5. Система регулирования скорости вихревого движения заряда (двигатель ZD)

Для обеспечения высокой скорости вихревого движения заряда при малых частотах вращения двигателя и высокого коэффициента наполнения при высоких частотах вращения и полной нагрузке используется заслонка управления скоростью вихревого движения заряда. Заслонка, изменяющая скорость вихревого движения заряда, поворачивается по команде компьютера управления двигателем, как показано в таблице справа.

Условие	Положение заслонки, регулирующей скорость вихревого движения заряда
В нейтральном положении	Открыта
При включенной передаче при малой нагрузке двигателя или частоте вращения холостого хода	Закрыта
При включенной передаче и высокой нагрузке двигателя	Открыта

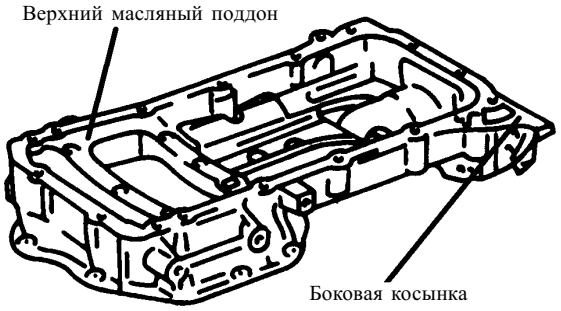
6. Верхняя звукоизолирующая крышка двигателя (двигатель ZD)

Верхняя крышка двигателя изготовлена из стекловолокна. Она поглощает шум, направленный вверх, что способствует снижению общего шума двигателя.

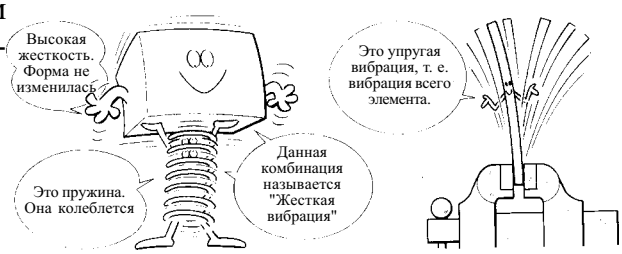
DID-NV-tb-6-b.tif

7. Алюминиевый масляный поддон с встроенной косынкой

Масляный поддон состоит из верхнего масляного поддона (алюминиевого) и нижнего масляного поддона (стального). Верхний масляный поддон и боковая косынка выполнены как единое целое, что повышает жесткость конструкции и исключает передачу колебаний на элементы трансмиссии. В результате шум и вибрации, вызываемые масляным поддоном, сведены к минимуму.



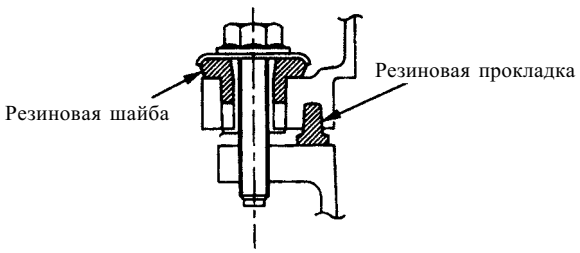
DID-NV-tb-7-a.tif



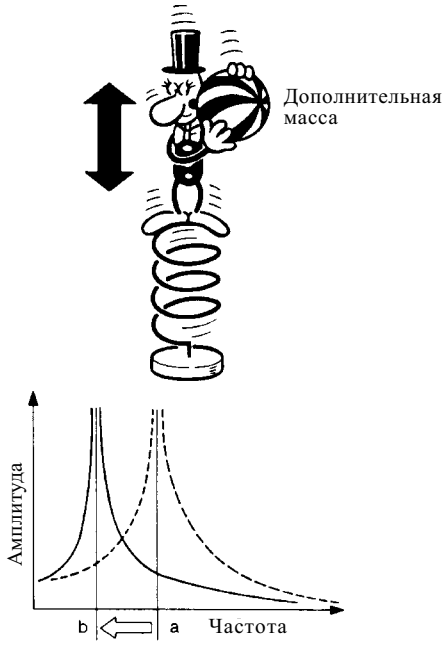
DID-NV-tb-7-b.tif

8. Упругое крепление крышек (двигатель YD)

Крышка головки блока цилиндров и крышка механизма привода распределительных валов устанавливаются на двигателе на упругой подвеске, состоящей из резиновой прокладки и крепежных болтов, вставленных в резиновые шайбы. В результате предотвращается металлический контакт между крышками и двигателем, и, таким образом, сводятся к минимуму шум и вибрации, передаваемые на крышки и излучаемые ими. Обе крышки также имеют прикрепленные к ним массовые демпферы, которые перемещают резонансную частоту в более низкую область, чтобы поглощать шум и вибрации от остальных деталей двигателя.



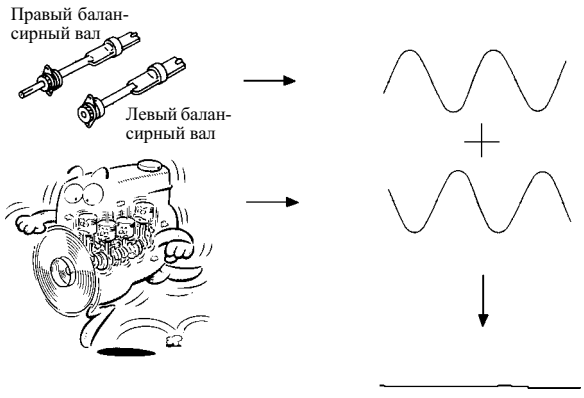
DID-NV-tb-8-c.tif



DID-NV-tb-8-b.tif

9. Балансирные валы (двигатель ZD)

На данном двигателе устанавливаются два балансирных вала. Балансирные валы располагаются по обе стороны от коленчатого вала и вращаются в противоположном направлении по отношению друг к другу с частотой, вдвое превышающей частоту вращения коленчатого вала. Балансирные валы вызывают колебания вибрационных сил, которые противоположны по направлению колебаниям, вызываемым двигателем. Эти обратные колебания поглощают вибрации, вызываемые двигателем, что приводит к резкому снижению общего шума и вибраций двигателя.

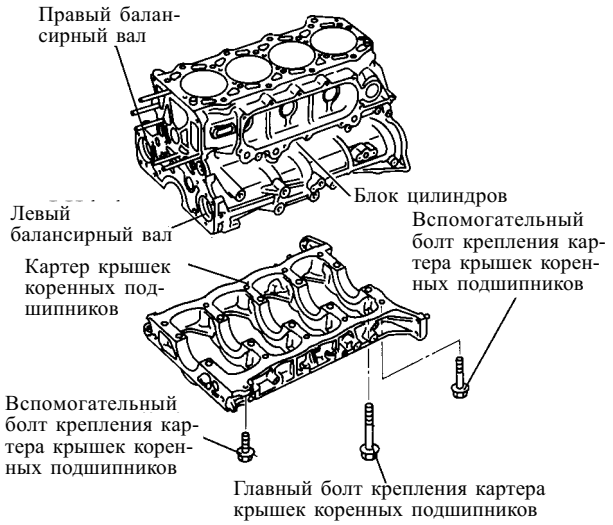


DID-NV-tb-9-a.tif

10. Блок цилиндров уменьшенной высоты (двигатель ZD)

Для повышения жесткости блока цилиндров двигателя с целью снижения уровня шума и вибраций при его работе блок цилиндров разделен на две части. Верхняя часть представляет собой непосредственно блок цилиндров, а нижняя часть – картер крышек коренных подшипников.

Такая прочная и жесткая конструкция приводит к снижению уровня шума и вибраций.

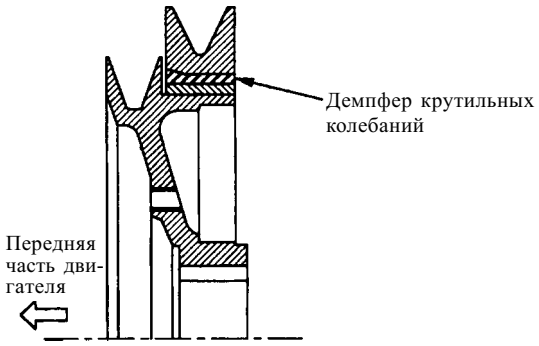


DID-EM-tb-1-a.tif

11. Шкив коленчатого вала с демпфером крутильных колебаний

Шкив коленчатого вала с демпфером крутильных колебаний состоит из двух металлических частей, которые соединены друг с другом через упругую (резиновую) втулку, расположенную между ними и привулканизированную к ним.

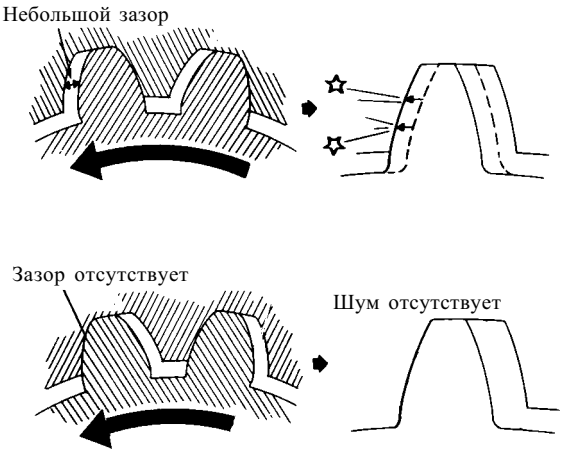
При этом крутильные колебания от коленчатого вала абсорбируются шкивом коленчатого вала, который выполняет роль массового демпфера.



DID-NV-tb-11-a.tif

12. Промежуточная шестерня с механизмом компенсации зазора между зубьями (двигатель ZD)

На промежуточных шестернях, входящих в зацепление с шестернями распределительных валов, применяется механизм, устраняющий зазор между зубьями за счет небольшого сдвига внешних шестерен по отношению к внутренней шестерне под действием внутренних пружин. Такая конструкция полностью устраняет зазор между зубьями шестерен. В обычном случае, когда между зубьями шестерен имеется зазор, это приводит к возникновению шума за счет ударов зубьев при разгонах и замедлениях. В данной конструкции обеспечивается нулевой зазор, значительно снижающий шум.



DID-NV-tb-12-a.tif

13. Клапан, регулирующий количество впускаемого воздуха (двигатель ZD)

При остановке дизельного двигателя происходят его значительные колебания на опорах, вызванные нестабильностью частоты вращения, связанной с несколькими явлениями, происходящими одновременно.

1. Сжатый воздух в цилиндрах стремится с ускорением переместить поршень вниз в процессе замедления вращения двигателя.

(Замедление и ускорение – это взаимно связанные процессы.)

2. Двигатель работает на достаточно низких частотах вращения (частота вращения проходит через резонансную частоту).

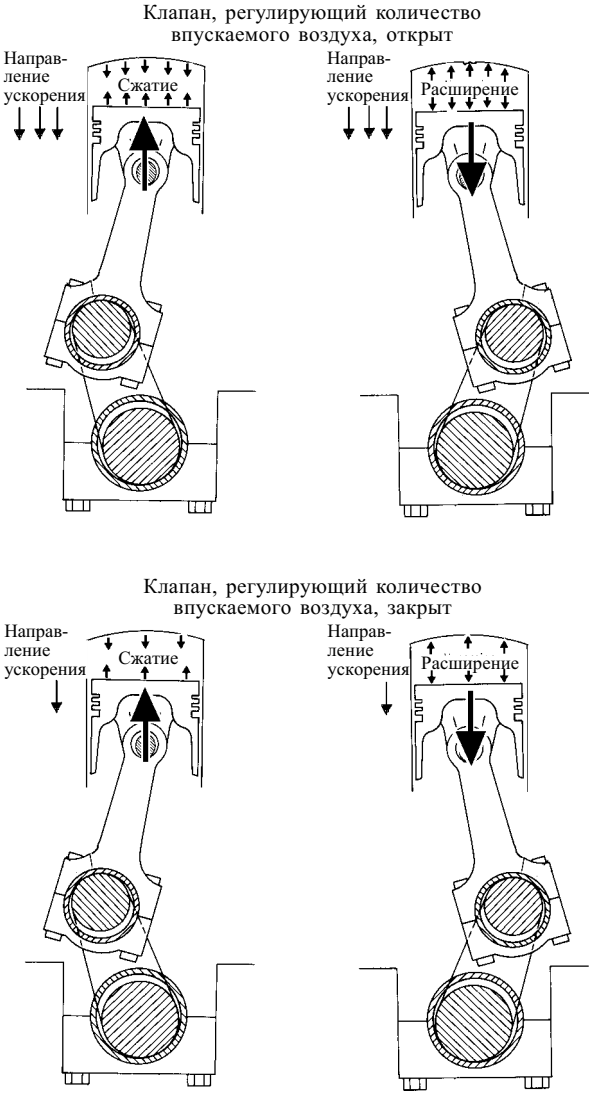
Клапан, регулирующий количество впускаемого воздуха, перекрывает поступление воздуха в цилиндры при остановке двигателя, чтобы ограничить явление, описанное выше в пункте 1. Таким образом, за счет предельного уменьшения количества воздуха, поступающего в цилиндры, создается значительное разрежение на такте впуска.

Следует иметь в виду, что бензиновый двигатель при остановке раскачивается меньше, чем дизельный, в связи с несколькими причинами.

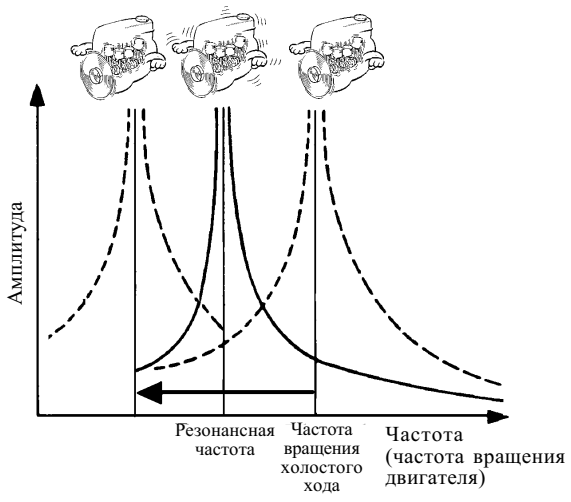
1. Количество поступающего в цилиндр воздуха ограничено, поскольку при остановке двигателя дроссельная заслонка закрыта.

2. Степень сжатия ниже, чем в дизельном двигателе.

3. Масса вращающихся деталей в бензиновом двигателе значительно ниже, чем в дизельном.



DID-NV-tb-13-a.tif

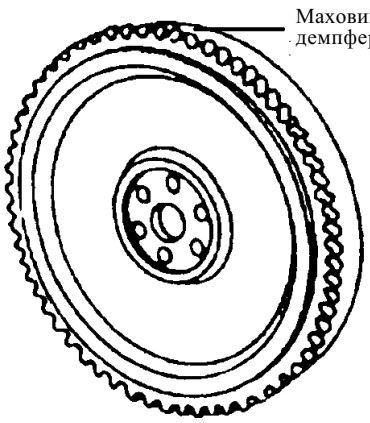


DID-NV-tb-13-b.tif

14. Маховик со встроенным массовым демпфером (двигатель ZD)

Для снижения вибраций двигателя на маховике имеется массовый демпфер. Этот механизм снижает следующие вибрации.

1. Вибрации двигателя, вызванные изменением частоты вращения.
2. Вибрации двигателя, возникающие в момент соединения вала двигателя с трансмиссией (по этой причине ведомый диск сцепления не оборудован демпфером крутильных колебаний).



DID-NV-tb-14-a.tif

6. Системы управления двигателем (СУ)

Предупреждение

Данный раздел предназначен для помощи технически работникам, изучающим новые черты дизельного двигателя с непосредственным впрыском топлива Nissan – NDiD (Nissan Direct Injection Diesel). Он ни коим образом не заменяет Руководство по технической эксплуатации и обслуживанию, которым всегда следует пользоваться для получения самой точной информации.

Содержание

1. Управление двигателем СУ-2
   - 1.1. Описание СУ-2
   - 1.2. Схема системы диагностики СУ-3
   - 1.3. Управление системой топливоподачи СУ-4
     - 1.3.1. Система управления СУ-4
     - 1.3.2. Сравнение систем управления подачей топлива СУ-5
   - 1.4. Электронное управление системой EGR СУ-5
   - 1.5. Управление давлением наддувочного воздуха (двигатель ZD) СУ-6
   - 1.6. Управление скоростью вихревого движения заряда (двигатель ZD) СУ-8
   - 1.7. Клапан регулирования количества впускаемого воздуха (двигатель ZD) СУ-8
   - 1.8. Управление ускоренным прогревом двигателя (двигатель ZD) СУ-9
   - 1.9. Управление расходом отработавших газов (двигатель ZD для эксплуатации в условиях холодного климата) СУ-9
2. Узлы и детали СУ-10
   - 2.1. Топливный насос высокого давления с электронным управлением СУ-10
     - 2.1.1. Описание СУ-10
     - 2.1.2. Сравнение технических характеристик СУ-11
     - 2.1.3. Устройство СУ-12
     - 2.1.4. Принцип работы СУ-13
       - 2.1.4.1. Топливный контур низкого давления СУ-13
       - 2.1.4.2. Топливный контур высокого давления СУ-15
       - 2.1.4.3. Управление опережением впрыскивания топлива СУ-20
       - 2.1.4.4. Датчик положения кулачковой шайбы СУ-23
       - 2.1.4.5. Компьютер управления топливным насосом высокого давления СУ-24
   - 2.2. Форсунка СУ-25
   - 2.3. Датчик положения коленчатого вала (датчик BMT) СУ-26
   - 2.4. Датчик давления наддувочного воздуха (двигатель ZD) СУ-26
3. Самодиагностика СУ-27

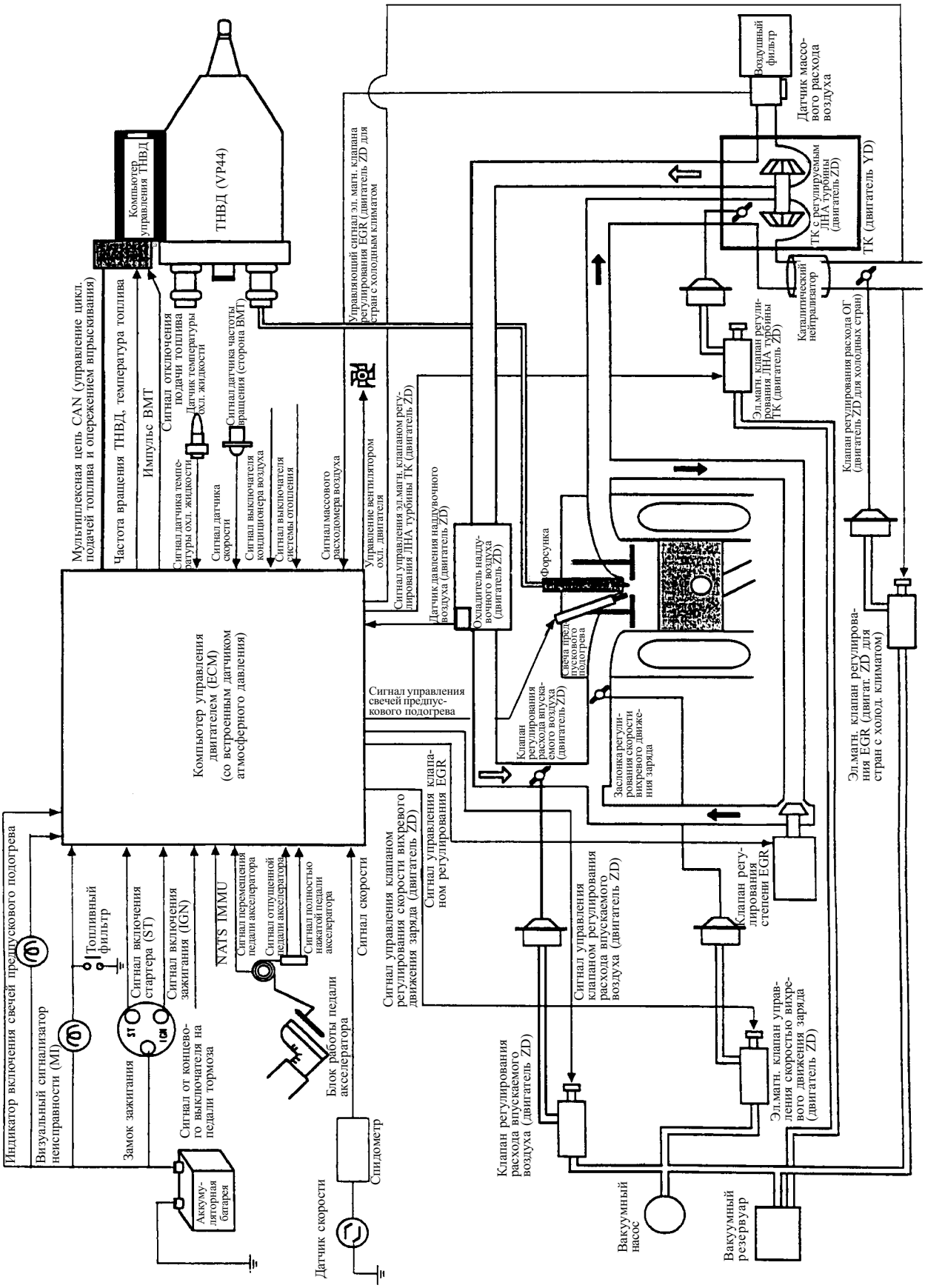
1. Управление двигателем

1.1. Описание

Управление двигателем осуществляется с помощью компьютера управления двигателем (ECM) и компьютера управления топливным насосом высокого давления (ТНВД). В таблице ниже приводятся основные функции управления и поясняется их назначение.

Функция	Описание
Управление количеством впрыскиваемого топлива	Обеспечивает оптимальную величину цикловой подачи топлива в зависимости от условий работы двигателя посредством соединения компьютера управления двигателем с компьютером управления ТНВД.
Управление опережением впрыскивания топлива	Обеспечивает оптимальную величину угла опережения впрыскивания топлива в зависимости от условий работы двигателя посредством соединения компьютера управления двигателем с компьютером управления ТНВД.
Управление работой свечей предпускового подогрева	Управляет продолжительностью включения свечей предпускового подогрева в зависимости от температуры охлаждающей жидкости двигателя.
Управление работой вентилятора системы охлаждения двигателя	Управляет высокой/низкой скоростью вентилятора системы охлаждения двигателя в зависимости от сигналов датчиков температуры охлаждающей жидкости, скорости автомобиля и состояния кондиционера воздуха.
Электронное управление системой EGR	Управляет работой шагового электродвигателя, приводящего клапан системы EGR, для регулирования расхода рециркулируемых газов.
Управление кондиционером воздуха	Отключает реле привода кондиционера воздуха при разгоне и максимальной скорости для снижения нагрузки на двигатель.
Управление процессом прогрева двигателя (двигатель ZD)	Когда включна система отопления, увеличивает частоту холостого хода для скорейшего повышения температуры охлаждающей жидкости двигателя и увеличения эффективности работы системы отопления.
Управление давлением наддувочного воздуха (двигатель ZD)	Управляет электромагнитным клапаном регулируемого ТК (с регулируемым ЛНА) в зависимости от условий работы двигателя.
Интегрированное управление двигателем-АКП (двигатель ZD)	При автоматическом переключении на высшую или низшую передачу уменьшает крутящий момент двигателя для снижения рывков в трансмиссии.
Управление скоростью вихревого движения заряда	Управляет положением "ВКЛ./ВЫКЛ." заслонки, регулирующей скорость вихревого движения заряда, в соответствии с условиями работы.
Управление количеством впускаемого воздуха (двигатель ZD)	При остановке двигателя уменьшает колебания двигателя, закрывая клапан во впускной системе двигателя.
Управление выпускными газами (двигатель ZD для холодного климата)	Когда выключатель системы отопления находится в положении "ВКЛ.", закрывает клапан регулирования расхода перепускаемых отработавших газов для повышения эффективности работы системы отопления.
Система диагностики	Система самодиагностики и прибор CONSULT-II используются для облегчения диагностики.

1.2. Схема системы диагностики

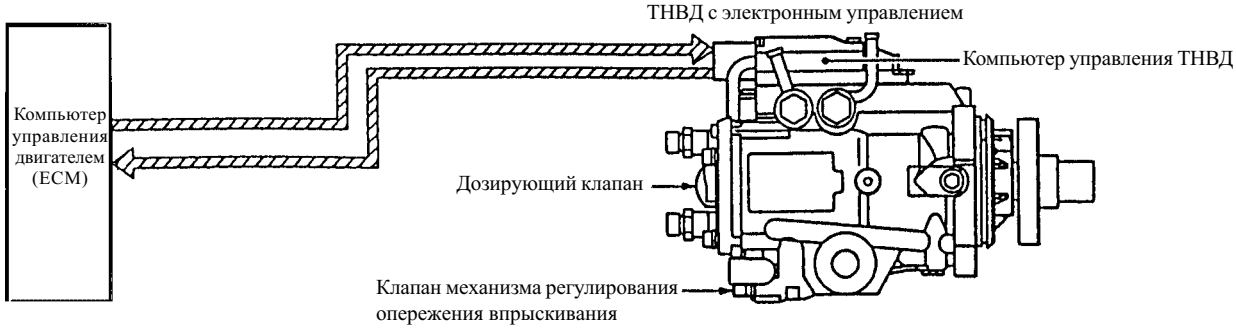


DID-EC-tb-1-2-a.tif

1.3. Управление системой топливоподачи

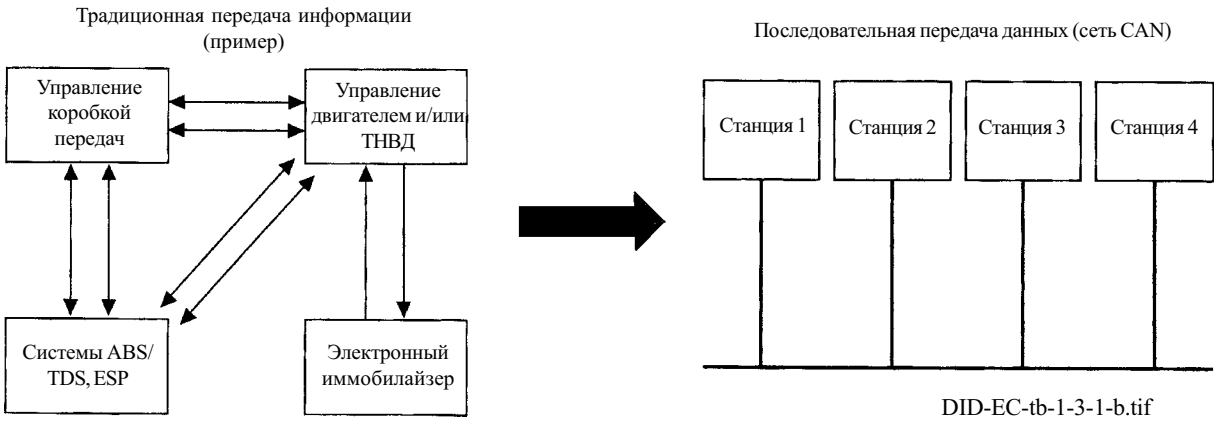
1.3.1. Система управления

Компьютер управления двигателем передает заданные величины цикловой подачи топлива, угла опережения впрыскивания, частоты вращения двигателя и т.д. в компьютер управления ТНВД и получает из этого компьютера сигнал о положении кулачковой шайбы и температуре топлива. На основе данной информации компьютер управления ТНВД посылает сигналы в дозирующий клапан и клапан, управляющий механизмом опережения впрыскивания, для получения оптимальных значений цикловой подачи топлива и угла опережения впрыскивания.



DID-EC-tb-1-3-1-a.tif

Каждый сигнал обмена информацией между компьютерами управления двигателем и ТНВД передается по шине мультиплексной сети CAN. Такой тип соединения снижает требуемое количество проводов по сравнению с традиционными схемами передачи сигналов благодаря его системе последовательной передачи данных.



DID-EC-tb-1-3-1-b.tif

Связь между двумя управляющими компьютерами осуществляется по двум проводам. Один идет от компьютера управления двигателем к компьютеру управления ТНВД, а другой – от компьютера управления ТНВД к компьютеру управления двигателем. Использование шины CAN позволяет последовательно посылать сигналы со скоростью передачи 500 кбит/с. Сигналы от датчиков кодируются таким образом, что компьютеры управления двигателем и ТНВД смогли их идентифицировать.

1.3.2. Сравнение систем управления подачей топлива

В таблице показаны различия между методами управления системами топливоподачи дизельных двигателей NDiD и двигателей с разделенной камерой сгорания (CD20ET).

Двигатель	NDiD	CD20ET (для сравнения)	Цель
Управление количеством впрыскиваемого топлива	Основываясь на заданной величине цикловой подачи топлива, посылаемой компьютером управления двигателем, компьютер управления ТНВД непосредственно управляет дозирующим клапаном в ТНВД и изменяет время закрытого состояния этого клапана для изменения величины цикловой подачи топлива (управление временем)	На основе входных сигналов, таких как частота вращения двигателя, степень нажатия на педаль акселератора, температура охлаждающей жидкости, количество воздуха, поступающего на впуск, и температура топлива осуществляется управление электронным регулятором и изменяется положение дозирующей муфты (управление положением)	Повышение точности регулирования величины цикловой подачи топлива за счет управления временем
Управление опережением впрыскивания топлива	Основываясь на заданном компьютером управления двигателем угле опережения впрыскивания, компьютер управления ТНВД управляет эл.магн. клапаном, изменяющим давление с одной стороны поршня механизма опережения впрыскивания. С другой стороны на поршень действует возвратная пружина.	На основе входных сигналов, таких как величина цикловой подачи топлива, частоты вращения двигателя, температуры охлаждающей жидкости и сигнала от датчика подъема иглы распылителя осуществляется управление клапаном механизма опережения впрыскивания. Регулируется давление, действующее на поршень механизма опережения впрыскивания, перемещая поршень в положение, при котором давление топлива уравновешивается силой возвратной пружины.	Повышение быстродействия и стабильности работы механизма опережения впрыскивания топлива за счет механизма регулирования с сервоклапаном

1.4. Электронное управление системой EGR

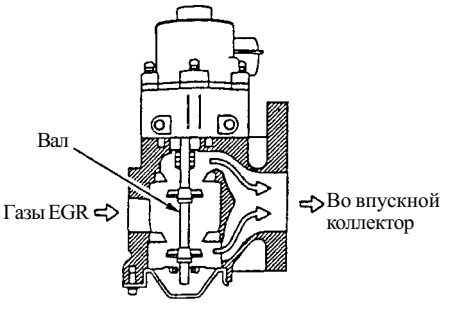
Описание

Для снижения токсичности отработавших газов (снижения выбросов NOx) и улучшения разгонных характеристик используется шаговый электродвигатель, перемещающий клапан системы EGR по сигналу компьютера управления двигателем, что обеспечивает получение оптимального расхода перепускаемых отработавших газов. Этот расход определяется в соответствии с частотой вращения двигателя, цикловой подачей топлива, величиной нажатия на педаль акселератора, расходом впускаемого воздуха и другими параметрами режима работы. Данная система уже применяется на других двигателях, например на двигателе QG18DE, устанавливаемом на модели P11.

Принцип работы

1. Управление шаговым электродвигателем, приводящим клапан системы EGR.

Когда сигнал от компьютера управления двигателем передается на клапан, регулирующий расход перепускаемых отработавших газов, шаговый электродвигатель, расположенный внутри клапана, поворачивается на число шагов, соответствующее сигналу, требующему переместить стержень клапана вверх или вниз, таким образом, открывая или закрывая сечение перепускного канала. Величина расхода рециркулируемых отработавших газов меняется в зависимости от числа шагов (поворот на большее число шагов приводит к увеличению расхода рециркулируемых отработавших газов).



DID-EC-tb-1-4-a.tif

2. Ограничения на использование системы EGR

Для улучшения ездовых качеств автомобиля подача рециркулируемых отработавших газов отключается при следующих условиях:

1) когда двигатель остановлен;

2) при нагрузке двигателя, близкой к максимальной;

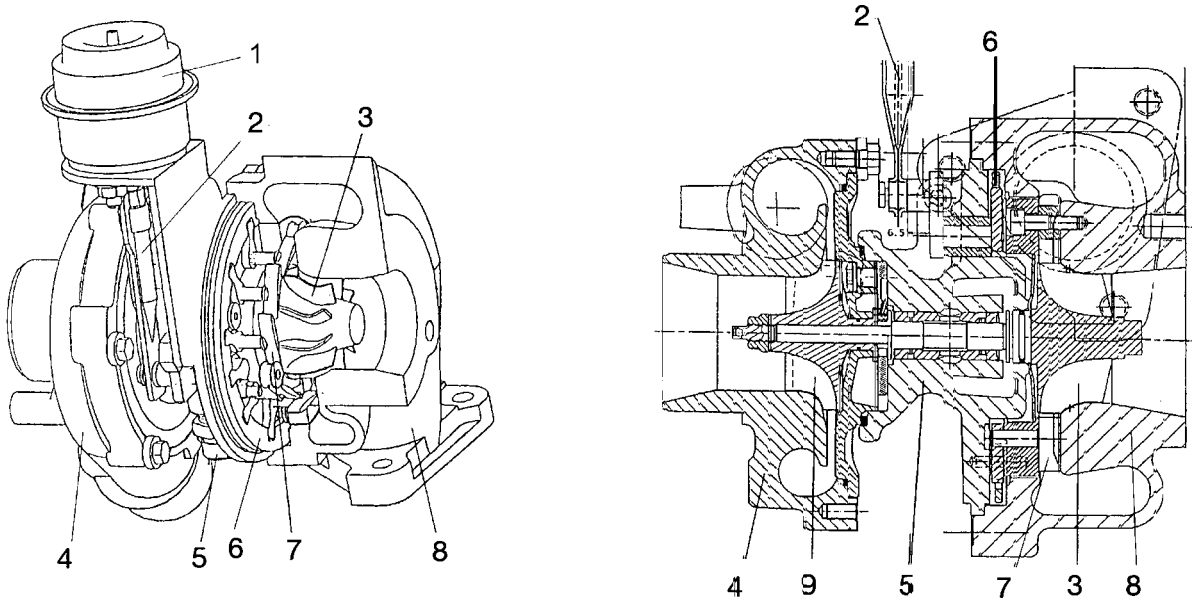
3) при низкой температуре охлаждающей жидкости.

1.5. Управление давлением наддувочного воздуха (двигатель ZD)

Описание

Электромагнитный клапан управления турбокомпрессором с регулируемым лопаточным направляющим аппаратом (ЛНА) турбины регулирует давление наддува, обеспечиваемого турбокомпрессором. Он изменяет угол поворота лопаток в ЛНА турбины, что позволяет получить оптимальную работу турбокомпрессора на больших и малых нагрузках двигателя.

Электромагнитный клапан получает сигнал от компьютера управления двигателем и с использованием разрежения изменяет на требуемую величину угол поворота лопаток, расположенных по окружности лопаточного направляющего аппарата на входе газа в колесо турбины. Данная система обеспечивает более быстрое повышение давления наддувочного воздуха и сокращение времени разгона автомобиля, а также улучшение топливной экономичности на всех режимах работы двигателя.



1. Исполнительный элемент управления ЛНА турбины
2. Шток
3. Колесо турбины
4. Корпус компрессора
5. Корпус подшипников
6. Регулирующее кольцо
7. Поворотные лопатки ЛНА турбины
8. Колесо турбины
9. Колесо компрессора

DID-EC-tb-1-5-c.tif

Принцип работы

Электромагнитный клапан управления ЛНА турбины работает по циклическому принципу "ВКЛЮЧЕН/ВЫКЛЮЧЕН" на основе сигнала, посылаемого компьютером управления двигателем. Увеличение периода "ВКЛЮЧЕН" приводит к повышению давления наддува.

Сигнал, подаваемый на клапан управления ЛНА турбины, имеет обратную связь. Поэтому количество поступающего в двигатель воздуха подбирается равным величине, рассчитываемой компьютером на основе частоты вращения двигателя и цикловой подачи топлива, для получения оптимального давления наддува. При нормальных условиях работы двигателя это управление по замкнутому циклу выполняется компьютером управления двигателем в зависимости от расхода впускаемого воздуха, измеряемого массовым датчиком-расходомером воздуха.

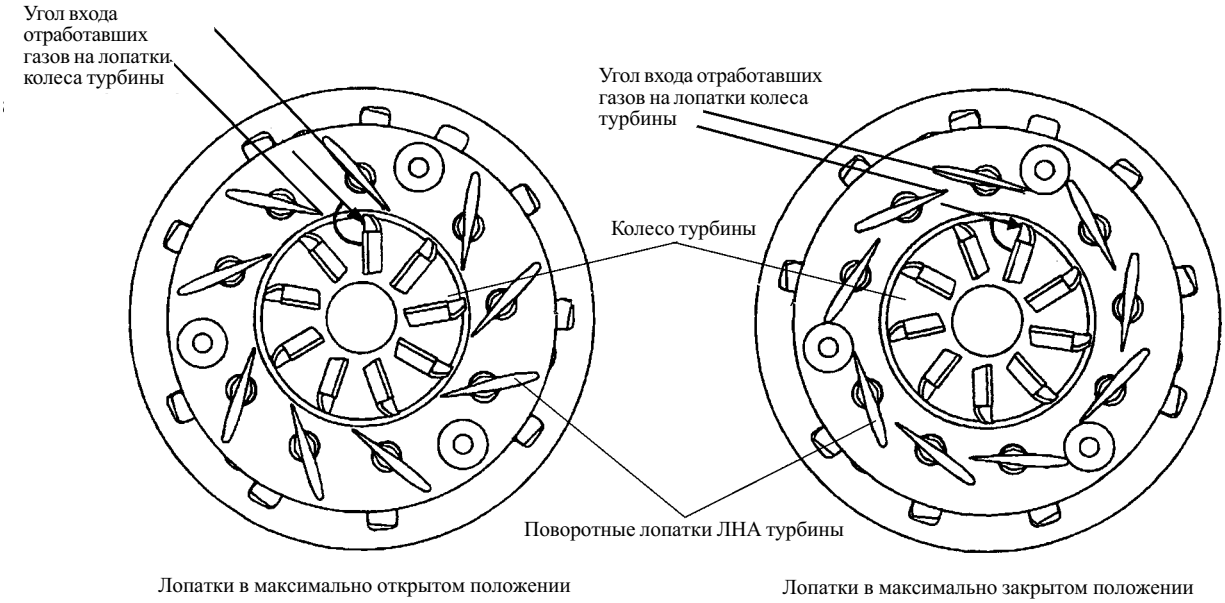
Для повышения давления наддува период "ВКЛЮЧЕН" клапана управления ЛНА турбины увеличивается по сигналу от компьютера управления двигателем, что приводит к повороту лопаток ЛНА турбины в максимально закрытое положение. В этом случае отработавшие газы попадают на лопатки колеса турбины практически под прямым углом, что наиболее эффективно трансформирует энергию отработавших газов во вращательное движение. В результате сила, вращающая колесо турбины, максимальна.

Для снижения давления наддува период "ВКЛЮЧЕН" клапана управления ЛНА турбины уменьшается по сигналу от компьютера управления двигателем, что приводит к повороту лопаток ЛНА турбины в максимально открытое положение. В этом случае отработавшие газы попадают на лопатки колеса турбины под острым углом, что в меньшей степени трансформирует энергию отработавших газов во вращательное движение. В результате на лопатки передается меньшая вращательная сила.

См. рисунок, приводимый ниже.

Когда давление наддува превышает определенное заданное значение, компьютер управления двигателем передает электромагнитному клапану сигнал уменьшить период "ВКЛЮЧЕН" для снижения давления наддува. Величина этого давления определяется датчиком давления наддува, установленным в охладителе наддувочного воздуха.

Регулируемый ЛНА турбины также выполняет функцию перепускного клапана перед турбиной, который устанавливался на обычных турбокомпрессорах (перепускной клапан перед турбиной не устанавливается на турбокомпрессорах с регулируемым ЛНА турбины).

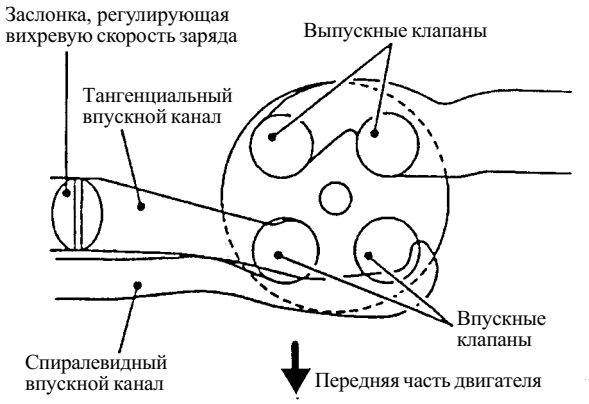


DID-EC-tb-1-5-d.tif

1.6. Управление скоростью вихревого движения заряда (двигатель ZD)

Описание

Для получения оптимальной скорости вихревого движения заряда и максимального коэффициента наполнения на двигателе устанавливается заслонка регулирования скорости вихревого движения заряда. Эта заслонка управляется электромагнитным клапаном, работающим по принципу "ВКЛЮЧЕН/ВЫКЛЮЧЕН" в зависимости от режима работы двигателя. Когда двигатель работает на низких нагрузках, заслонка управления скоростью вихревого движения заряда закрыта, и воздух поступает в камеру сгорания только через спиралевидный канал. При этом в камере сгорания получается высокая скорость вихревого движения заряда и улучшается перемешивания топлива с воздухом, что обеспечивает наилучшее сгорание.



DID-EC-tb-1-6-a.tif

При высоких частотах вращения или работе с большой нагрузкой, когда требуется подавать на впуск большее количество воздуха, заслонка открывается, и воздух поступает через оба впускных канала: тангенциальный и спиралевидный, обеспечивая увеличение количества воздуха в камере сгорания, что необходимо для сгорания дополнительного топлива, впрыскиваемого на полной нагрузке.

Принцип работы

Электромагнит системы регулирования скорости вихревого движения заряда переключается из положения "ВКЛЮЧЕН" в положение "ВЫКЛЮЧЕН" и управляет разрежением, которое подводится к исполнительному элементу, открывающему или закрывающему заслонку регулирования скорости вихревого движения заряда. Алгоритм управления типа "ВКЛЮЧЕН/ВЫКЛЮЧЕН" определяется температурой охлаждающей жидкости двигателя, частотой вращения и цикловой подачей топлива. В диапазоне частот вращения от холостого хода до 1500 об/мин заслонка полностью закрыта для обеспечения высокой скорости вихревого движения заряда в цилиндре.

DID-EC-tb-1-7-a.tif

1.7. Клапан регулирования количества впускаемого воздуха (двигатель ZD)

Описание

Клапан регулирования количества впускаемого воздуха применяется для максимального уменьшения вибраций двигателя при его глушении.

Таким образом, при остановке в цилиндрах двигателя не сжимается максимальное количество воздуха.

Принцип работы

Электромагнитный клапан регулирования количества впускаемого воздуха работает в режимах "ВКЛЮЧЕН/ВЫКЛЮЧЕН" и управляет величиной разрежения, подводимого к исполнительному элементу, который открывает или закрывает заслонку регулирования количества воздуха на впуске. Алгоритм управления по принципу "ВКЛЮЧЕН/ВЫКЛЮЧЕН" определяется частотой вращения двигателя и положением ключа в замке зажигания. Сигнал "ВКЛЮЧЕН" посылается в электромагнитный клапан регулирования количества воздуха на впуске, когда ключ в замке зажигания находится в положении "выключено", а двигатель все еще работает. В состоянии "ВКЛЮЧЕН" заслонка управления количеством впускаемого воздуха закрывается. После полной остановки двигателя эта заслонка возвращается в открытое положение.

1.8. Управление ускоренным прогревом двигателя (двигатель ZD)

Когда выключатель системы отопления находится в положении "ВКЛЮЧЕН", коробка передач находится в нейтральном положении или положении "P" и температура охлаждающей жидкости ниже нормального рабочего значения, частота холостого хода двигателя увеличивается. Одновременно клапан регулирования расхода отработавших газов закрывается, чтобы обеспечить более быстрое повышение температуры охлаждающей жидкости двигателя. Это ускоряет начало эффективной работы системы отопления салона (двигатель ZD для эксплуатации в условиях холодного климата).

1.9. Управление расходом отработавших газов (двигатель ZD для эксплуатации в условиях холодного климата)

Описание

Когда выключатель системы отопления находится в положении "ВКЛЮЧЕН", клапан управления расходом отработавших газов закрыт. При этом давление отработавших газов перед клапаном возрастает, что приводит к снижению частоты вращения двигателя (двигатель стремится заглохнуть). Чтобы это не произошло, цикловая подача топлива увеличивается, и частота вращения двигателя повышается (нагрузка двигателя становится больше, чем на холостом ходу). В результате температура охлаждающей жидкости повышается быстрее.

Принцип работы

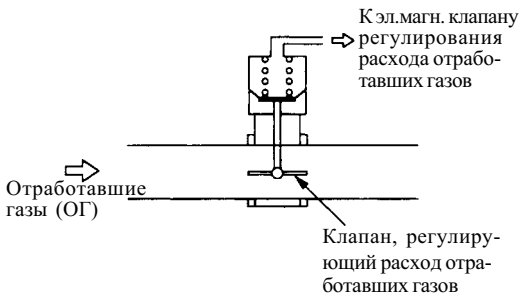
Когда выключатель системы отопления находится в положении "ВКЛЮЧЕН", сигнал "ВКЛЮЧЕН" посылается в электромагнитный клапан управления расходом отработавших газов, чтобы подвести разрежение к исполнительному элементу при следующих условиях:

1) частота вращения двигателя мала;

2) температура охлаждающей жидкости двигателя меньше рабочей;

3) коробка передач находится в нейтральном положении или в положении парковки ("P").

При закрытом клапане управления расходом отработавших газов можно слышать слабый шум отработавших газов, что является нормальным явлением.



DID-EC-tb-1-9-a.tif

2. Узлы и детали

2.1. Топливный насос высокого давления с электронным управлением

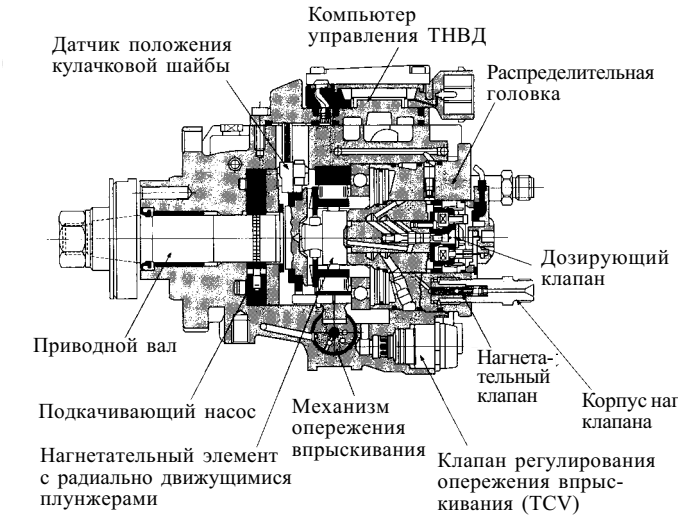
2.1.1. Описание

Топливный насос высокого давления (ТНВД) с электронным управлением имеет встроенный компьютер и осуществляет управление величиной цикловой подачи топлива в реальном времени за счет установления связи (последовательной передачи данных) между компьютером управления двигателем и компьютером управления ТНВД.

Назначение	Основные конструктивные изменения	Основное улучшение показателей работы двигателя
Повышение давления впрыскивания	Два радиально движущихся плунжера	Снижение выбросов сажи Повышение мощности
Оптимальное управление опережением впрыскивания	Более быстрая связь с количеством впрыскиваемого топлива Электронное управление цикловой подачей топлива с помощью сервоклапана	Снижение токсичности Улучшение ездовых качеств автомобиля
Уменьшение разброса величины цикловой подачи топлива	Алгоритм коррекции величины цикловой подачи топлива в зависимости от различных факторов	Повышение стабильности работы двигателя

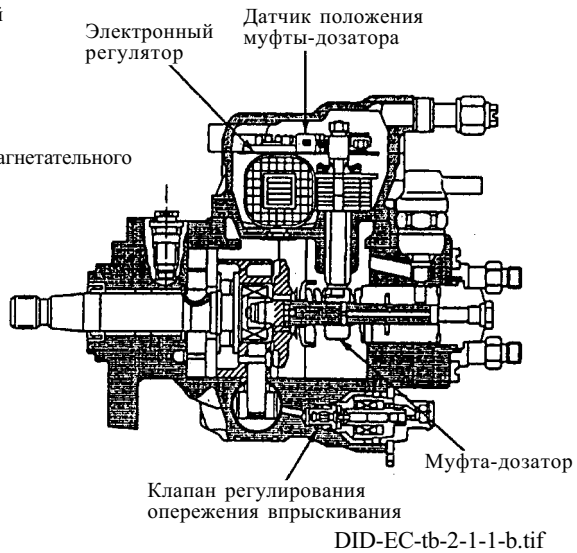
Конструкция

ТНВД двигателя NDiD



DID-EC-tb-2-1-1-a.tif

ТНВД двигателя CD20ET (для сравнения)



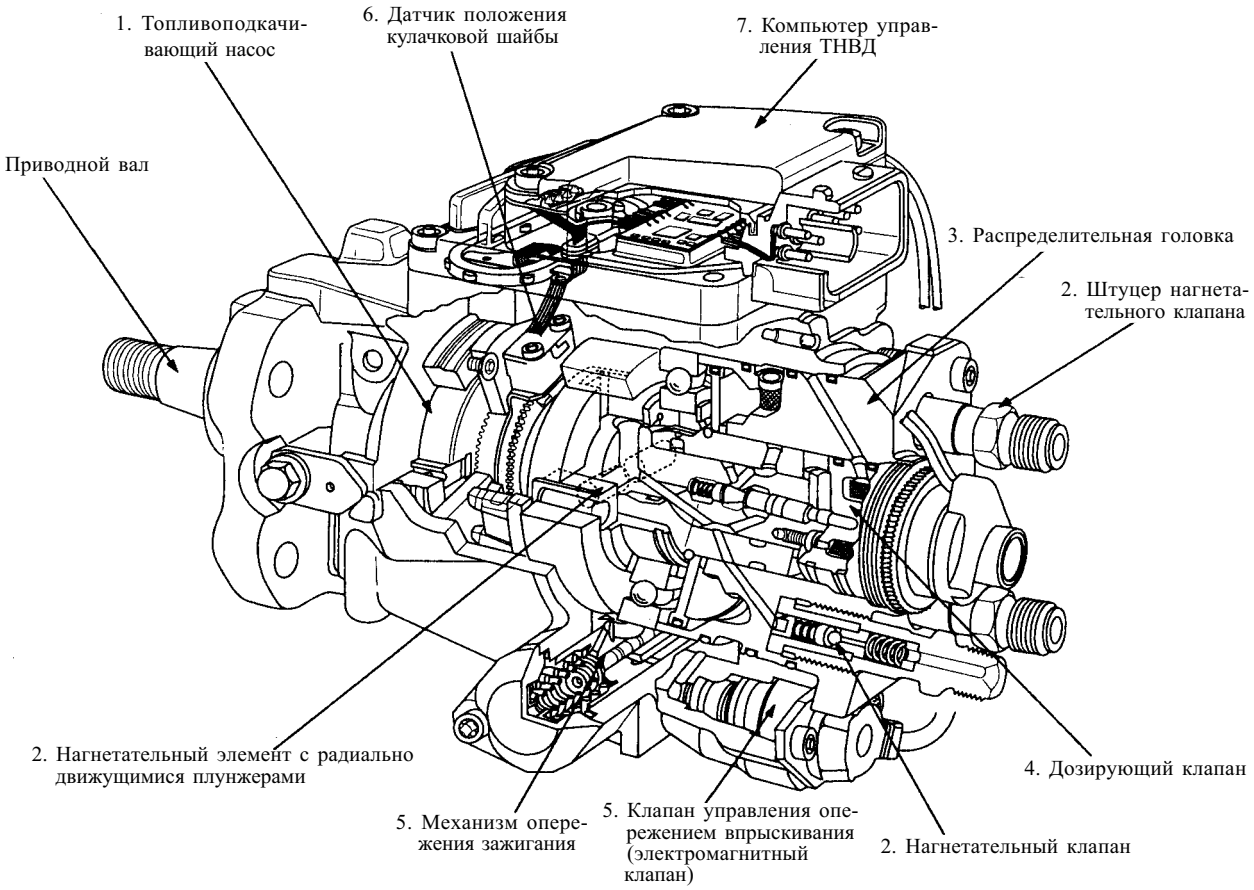
DID-EC-tb-2-1-1-b.tif

2.1.2. Сравнение технических характеристик

В таблице приводятся различия характеристик дизельного двигателя NDiD и дизельного двигателя с разделенной камерой сгорания (CD20ET)

Модель двигателя	NDiD	CD20ET (для сравнения)
Тип ТНВД	VP	VE
Порядок работы цилиндров	1 - 3 - 4 - 2	
Тип плунжера	Радиальные плунжеры	Аксиальный плунжер
Диаметр плунжера (мм) x число	7,0 x 2 (YD) 7,5 x 2 (ZD)	10,0 x 1
Предварительный ход	Нет	Есть
Опережение впрыскивания, град	1 после ВМТ	
Подъем кулачка, мм	3,5	2,7
Механизм опережения впрыскивания	Электронный (клапан регулирования угла опережения впрыскивания)	
Тип обратной связи системы опережения впрыскивания	Датчик положения кулачковой шайбы (в корпусе ТНВД)	Датчик подъема иглы (в форсунке)
Механизм регулирования цикловой подачи топлива	Электронный (электромагнитный клапан)	Электронный (электронный регулятор)
Механизм отключения подачи топлива	Электромагнитного типа	
Макс. давление впрыскивания (в форсунке)	Около 140 МПа (1400 кгс/см^2)	Около 80 МПа (800 кгс/см^2)

2.1.3. Устройство



DID-EC-tb-2-1-3-a.tif

Следующие узлы и детали расположены либо внутри корпуса топливного насоса, либо компактно установлены на корпусе снаружи.

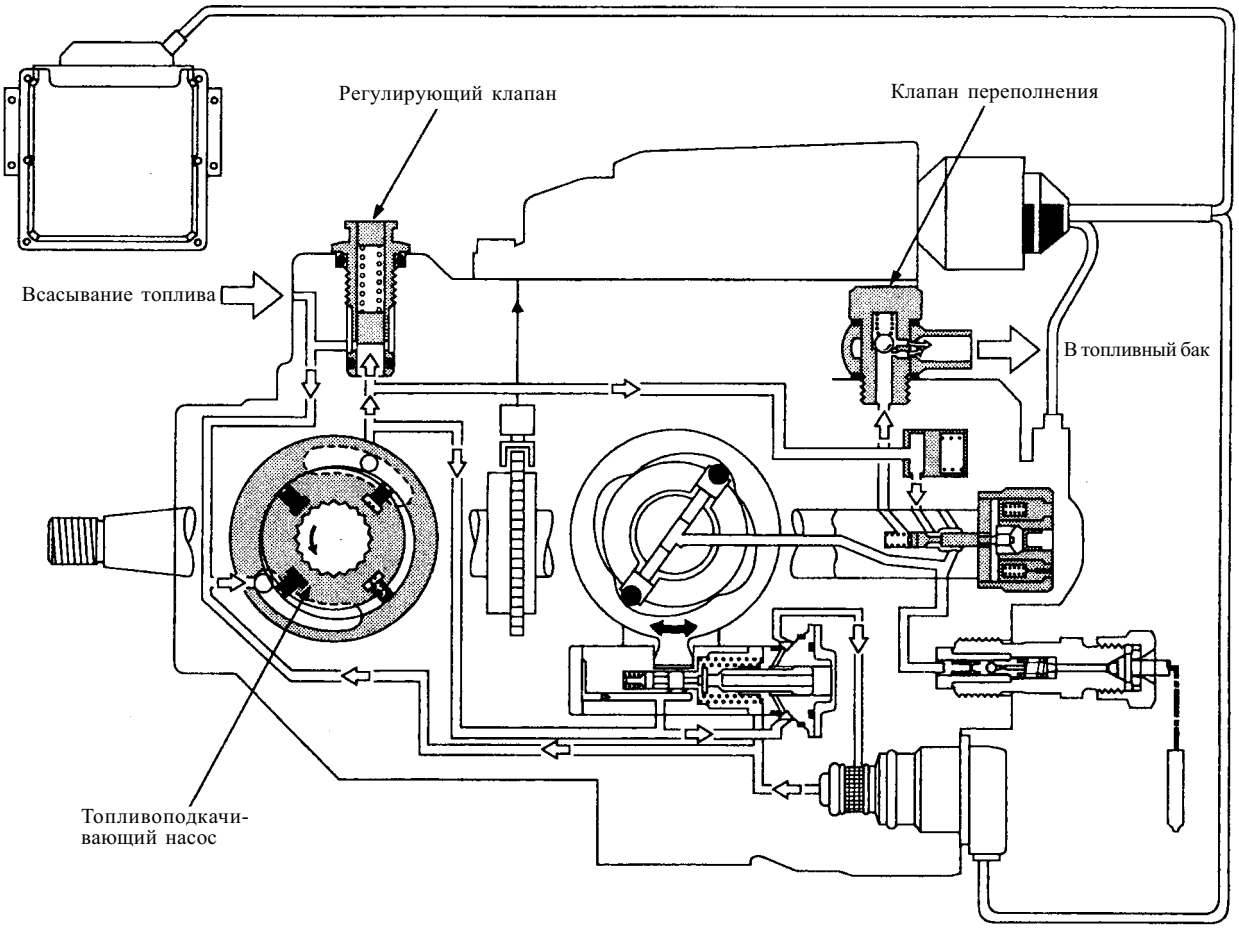
1. Топливоподкачивающий насос (лопастного типа) и регулировочный клапан
2. Нагнетательный элемент и нагнетательный клапан
3. Распределительная головка
4. Дозирующий клапан
5. Клапан управления опережением впрыскивания (электромагнитный клапан)
6. Датчик положения кулачковой шайбы
7. Компьютер управления ТНВД

За счет сочетания работы всех элементов обеспечиваются заданные величины цикловой подачи топлива и угла опережения впрыскивания и, таким образом, обеспечиваются оптимальные показатели работы двигателя.

Топливный насос крепится непосредственно к двигателю за фланец и приводится цепью (двигатель YD) или шестернями (двигатель ZD). Чтобы исключить неправильную установку топливных трубок высокого давления, на распределительной головке нанесены буквы (A, B, C, D) со стороны штуцера нагнетательного клапана, что дает возможность соединить каждую трубку с форсункой требуемого цилиндра двигателя.

2.1.4. Принцип работы

2.1.4.1. Топливный контур низкого давления

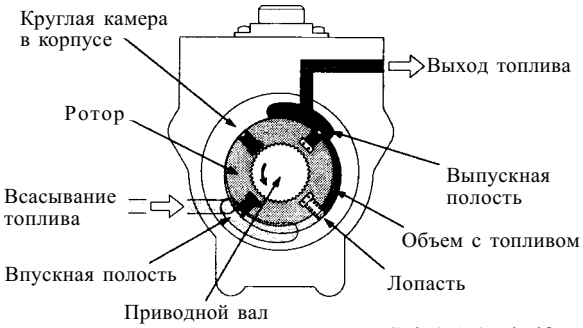


DID-EC-tb-2-1-4-1-a.tif

Топливный контур низкого давления должен поставлять достаточное количество топлива в контур высокого давления. Основными его элементами являются топливоподкачивающий насос, регулировочный клапан и клапан переполнения. Они в основном такие же, на обычных дизельных двигателях.

1. Топливоподкачивающий насос

Топливоподкачивающий насос, приводимый коленчатым валом, осуществляет всасывание топлива и подачу его под избыточным давлением. Лопасти, входящие в прорези ротора, прижимаются к внутренней поверхности круглой камеры в корпусе насоса за счет действия сил пружин и центробежной силы, возникающей при вращении. Между выступающими из ротора частями лопастей и стенками образуются объемы, которые могут увеличиваться или уменьшаться по мере вращения ротора.



DID-EC-tb-2-1-4-1-b.tif

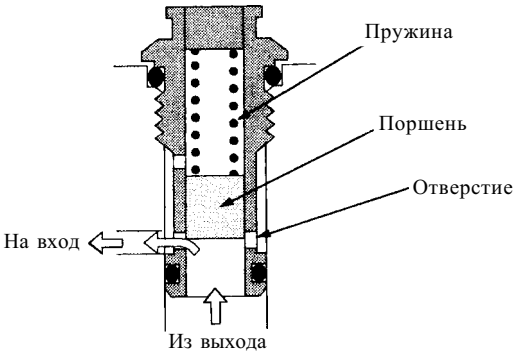
При вращении ротора эти объемы увеличиваются, когда они приближаются к полости в корпусе, соединенной с впускным отверстием. При этом давление снижается, и топливо заполняет объемы. После того, как объемы между лопатками и стенками проходят впускные отверстия и полости, они уменьшаются, и топливо сжимается. Давление топлива повышается до тех пор, пока объемы между лопатками и стенками не приблизятся к выпускному отверстию. Вытекая из выпускного отверстия, топливо попадает в контур высокого давления, проходя через регулировочный клапан.

2. Регулировочный клапан

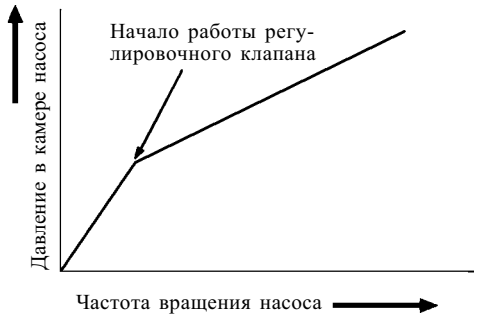
Когда частота вращения топливоподкачивающего насоса увеличивается настолько, что давление топлива превышает давление, создаваемое пружиной регулировочного клапана, поршень клапана перемещается вверх.

Избыточное топливо перепускается через отверстия и возвращается на вход в топливоподкачивающий насос. В результате давление подачи топлива поддерживается в пределах заданного диапазона.

Когда частота вращения топливоподкачивающего насоса уменьшается, поршень регулировочного клапана под действием пружины возвращается на место и перекрывает перепускное отверстие.



DID-EC-tb-2-1-4-1-c.tif

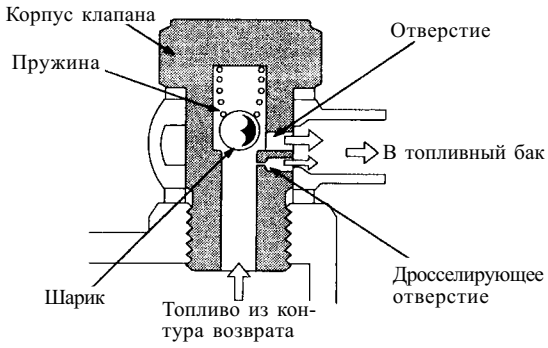


DID-EC-tb-2-1-4-1-d.tif

3. Клапан переполнения

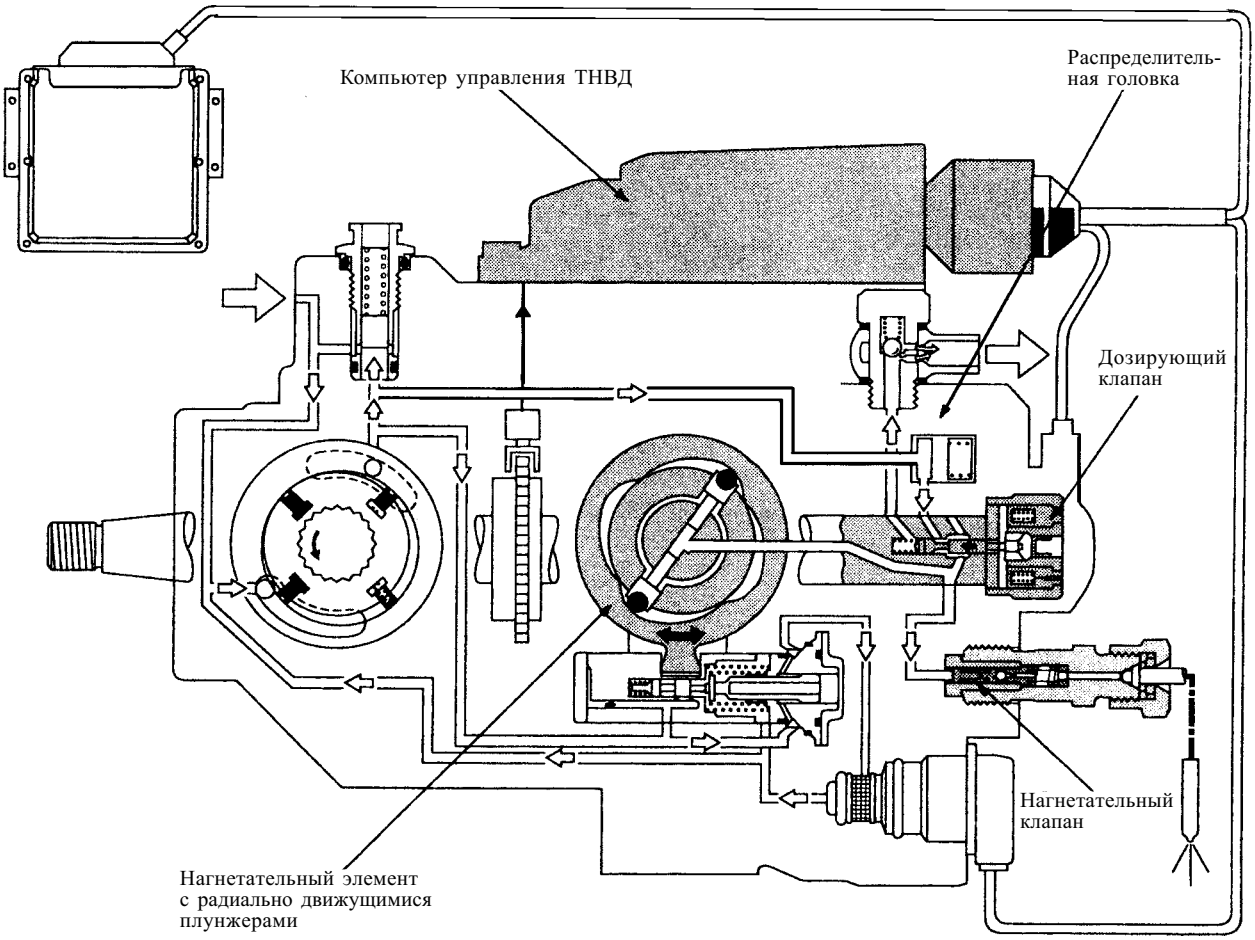
Когда давление топлива, возвращающегося из распределительной головки, превышает давление, создаваемое пружиной, шарик клапана переполнения поднимается вверх. Избыточное топливо проходит через отверстие и возвращается в топливный бак. Давление топлива в нагнетательном элементе не превышает заданной величины. Клапан переполнения также служит для охлаждения топливного насоса и обеспечивает удаление пузырьков воздуха.

Дросселирующее отверстие малого диаметра используется для автоматического удаления воздуха.



DID-EC-tb-2-1-4-1-e.tif

2.1.4.2. Топливный контур высокого давления

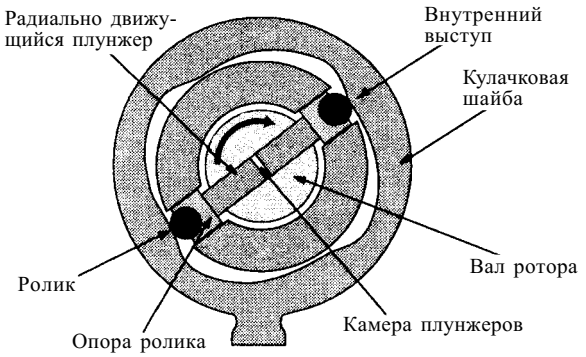


DID-EC-tb-2-1-4-2-a.tif

Помимо нагнетательного элемента, создающего высокое давление топлива, контур высокого давления также включает топливные трубки и системы для регулирования момента начала впрыскивани топлива и величины цикловой подачи топлива. Ниже перечисляются основные элементы контура высокого давления.

Название	Назначение
Нагнетательный элемент с радиально движущимися плунжерами	Создание высокого давления топлива
Распределительная головка	Распределение топлива
Механизм опережения впрыскивания	Регулирование момента начала впрыскивания
Нагнетательный клапан	Предотвращение вторичного впрыскивания

1. Нагнетательный элемент с радиально движущимися плунжерами



DID-EC-tb-2-1-4-2-b.tif

При вращении ротора, в котором расположены радиально движущиеся плунжеры, плунжеры прижимаются к внутренней поверхности кулачковой шайбы (через опоры роликов и ролики) за счет давления топлива, поступающего от топливоподкачивающего насоса, и центробежной силы.

Одновременно с вращательным движением плунжеры также совершают возвратно-поступательное движение, когда ролики накатываются на внутренние выступы кулачковой шайбы. При этом топливо в камере плунжеров сжимается.

Всасывание топлива

Когда при повороте ротора радиально перемещающиеся плунжеры отходят от верхней мертвой точки, объем плунжерной камеры увеличивается. Топливо всасывается до тех пор, пока плунжеры не дойдут до нижней мертвой точки. При всасывании топлива запорная игла дозирующего клапана открыта (также открыт канал, по которому топливо поступает из топливоподкачивающего насоса).

Сжатие топлива

Когда при дальнейшем вращении ротора ролики набегают на внутренние выступы кулачковой шайбы, радиально расположенные плунжеры перемещаются к центру, что уменьшает объем камеры плунжеров, и топливо сжимается до тех пор, пока плунжеры не достигнут верхней мертвой точки.

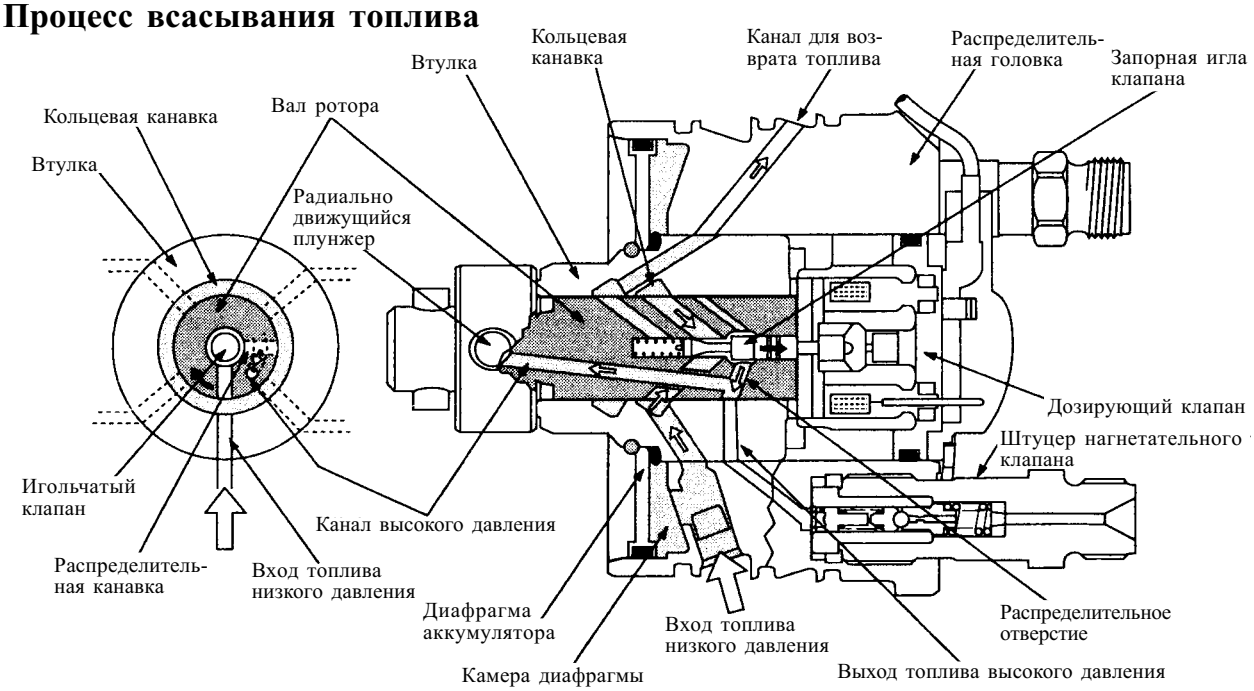
При нагнетании топлива игла дозирующего клапана прижимается к седлу (и канал подачи топлива от топливоподкачивающего насоса перекрывается).

2. Распределительная головка

Распределительная головка распределяет топливо, имеющее высокое давление, которое подается через распределительные отверстия ротора и каналы высокого давления (для 4-х цилиндрового двигателя, например YD или ZD, имеются 4 отверстия и 4 канала) в цилиндры двигателя через нагнетательный клапан и форсунки.

Запорная игла дозирующего клапана изменяет сечение канала, идущего к радиально движущимся плунжерам нагнетательного элемента (открывает в процессе всасывания топлива и закрывает в процессе сжатия топлива).

Процесс всасывания топлива

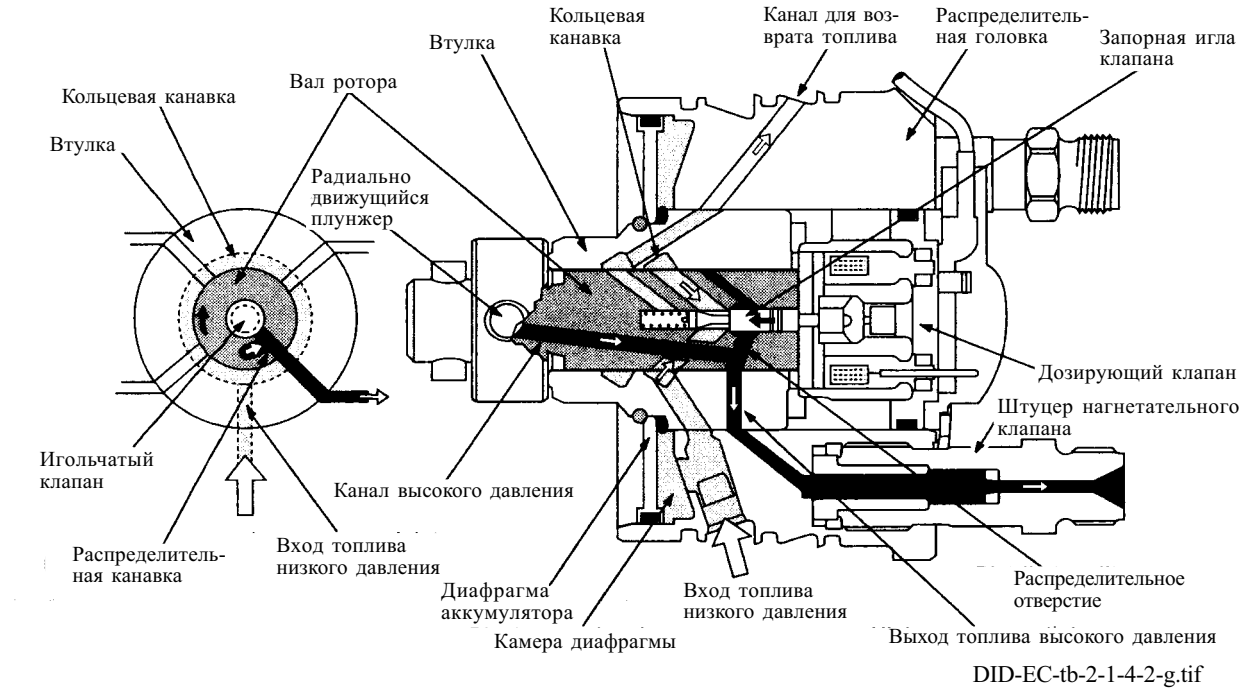


DID-EC-tb-2-1-4-2-f.tif

Когда плунжеры движутся по направлению к нижней мертвой точке от верхней мертвой точки, топливо, поступающее от топливоподкачивающего насоса, поступает из входа низкого давления через кольцевую канавку и игольчатый клапан в распределительной головке и подается в канал высокого давления.

Радиально движущиеся плунжеры прижимаются к внутренним выступам кулачковой шайбы давлением поступающего топлива. Объем плунжерной камеры увеличивается и происходит всасывание топлива. В это время распределительные отверстия в валу ротора не соединяются в каналами высокого давления во втулке насоса.

Процесс нагнетания топлива



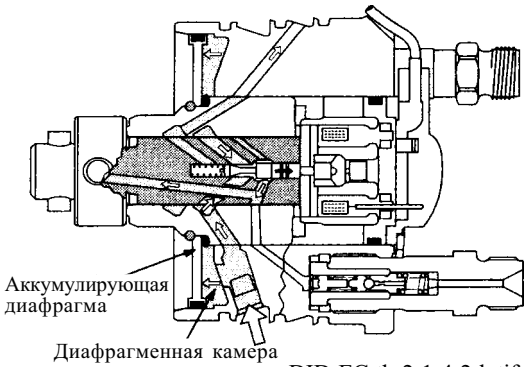
DID-EC-tb-2-1-4-2-g.tif

Радиально движущиеся плунжеры перемещаются под воздействием внутренних выступов кулачковой шайбы, объем плунжерной камеры уменьшается, и топливо сжимается. В это время при вращении вала ротора распределительные отверстия соединяются с выходами высокого давления втулки топливного насоса.

Топливо под высоким давлением подается через канал высокого давления, распределительные отверстия и выходы высокого давления, а затем через нагнетательный клапан в форсунку.

Окончание процесса нагнетания топлива

Регулирование величины цикловой подачи топлива осуществляется с момента начала нагнетания топлива, когда начинает перемещаться плунжер, до момента открытия дозирующего клапана в конце процесса нагнетания. Этот период называется длительностью процесса нагнетания. Соответственно, период, когда дозирующий клапан закрыт, определяет величину цикловой подачи топлива (нагнетание топлива заканчивается, когда дозирующий клапан открывается).



DID-EC-tb-2-1-4-2-h.tif

После завершения процесса нагнетания топлива (когда дозирующий клапан открывается) радиально движущиеся плунжеры продолжают сжимать топливо, пока они не достигнут верхней мертвой точки. Избыточное топливо вытекает через канал в диафрагменную камеру. При этом высокое давление топлива, вытекающего из камеры плунжеров обратно через контур низкого давления, уменьшается благодаря действию аккумулирующей диафрагмы и, соответственно, аккумулируется для следующих циклов нагнетания.

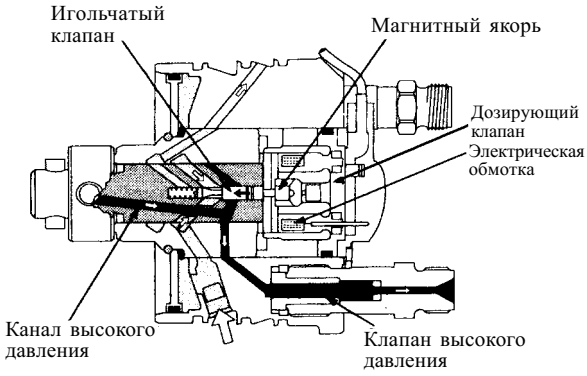
3. Дозирующий клапан

Дозирующий клапан имеет запорную иглу. Запорная игла открывается и закрывается, когда на ее управляющий электромагнит подается напряжение от компьютера управления ТНВД.

Это позволяет закрывать и открывать в нужный момент выпускной канал, что дает возможность регулировать величину цикловой подачи топлива.

Начало впрыскивания топлива

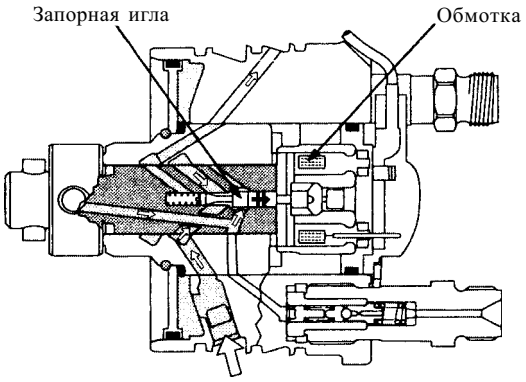
Когда управляющий ток от компьютера управления ТНВД попадает на обмотку дозирующего клапана, магнитный якорь (подвижный магнитный сердечник) выдвигается вместе с запорной иглой и прижимает ее к седлу клапана. Когда запорная игла полностью садится на седло, перетекание топлива из канала высокого давления в канал низкого давления полностью прекращается. Давление в контуре высокого давления быстро возрастает за счет подъема радиально движущихся плунжеров. Топливо под высоким давлением направляется через нагнетательный клапан в форсунку и впрыскивается в камеру сгорания.



DID-EC-tb-2-1-4-2-j.tif

Окончание процесса впрыскивания

После того, как в цилиндр впрыскивается требуемое количество топлива, подача электрического тока в обмотку дозирующего клапана прерывается, и запорная игла клапана поднимается от своего седла. При этом открывается проход для перетекания топлива из канала высокого давления в канал низкого давления, и давление снижается. В результате снижения давления в контуре форсунка закрывается, и впрыскивание топлива прекращается. Для точного управления этим процессом компьютер управления ТНВД определяет действительный момент закрытия дозирующего клапана.



DID-EC-tb-2-1-4-2-k.tif

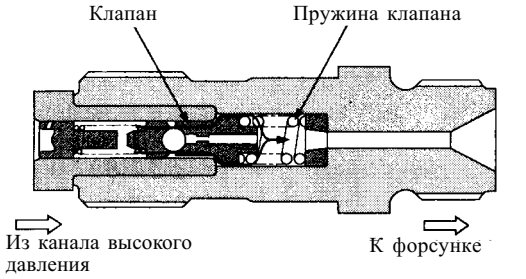
4. Нагнетательный клапан

Нагнетательный клапан гасит обратную волну давления (т.е. отраженную волну), образующуюся при закрытии запорной иглы распылителя форсунки, чтобы предотвратить ее повторное открытие (т.е. подвпрыск).

Нагнетательный клапан также препятствует возникновению кавитации в топливной трубке высокого давления, которая приводит к эрозии трубки, а также поддерживает постоянное давление в топливной трубке высокого давления (остаточное давление) для обеспечения стабильности момента начала последующих циклов впрыскивания топлива.

Начало впрыскивания топлива

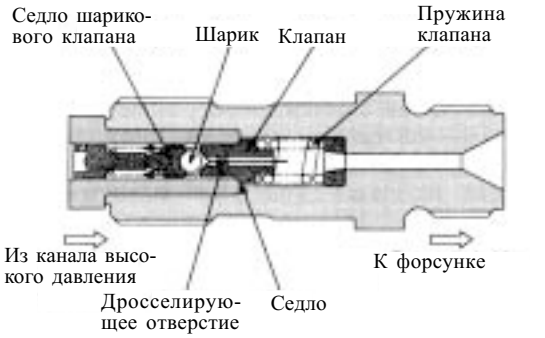
Радиально движущиеся плунжеры сжимают топливо в камере плунжеров. Когда давление топлива, поступающего в нагнетательный клапан, превышает остаточное давление в топливной трубке высокого давления, а также давление, создаваемое силой предварительной затяжки пружины клапана, клапан перемещается, и топливо подается к форсунке (начало впрыскивания топлива).



DID-EC-tb-2-1-4-2-m.tif

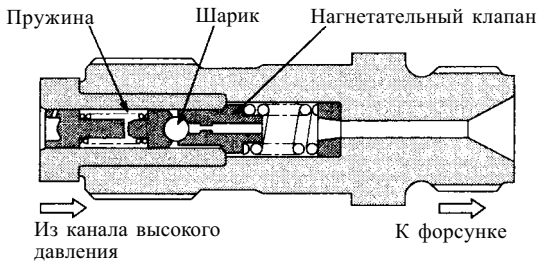
Окончание впрыскивания топлива

Когда давление топлива в канале высокого давления резко снижается за счет открытия дозирующего клапана, нагнетательный клапан быстро садится в свое седло под действием пружины и перекрывает течение топлива. В этот момент обратная волна давления (т.е. отраженная волна), которая образуется при закрытии распылителя форсунки, проходит через отверстие, смещает шариковый клапан с его седла и, таким образом, гасится.



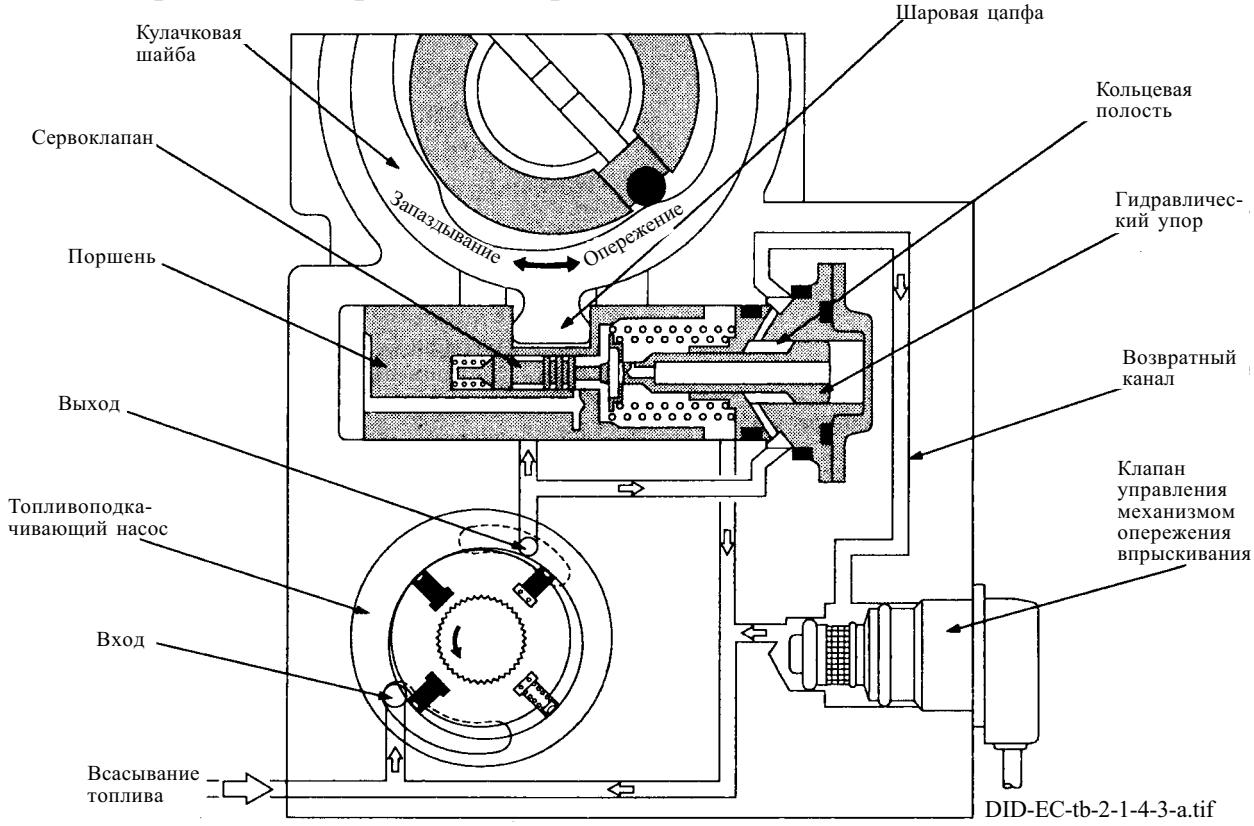
DID-EC-tb-2-1-4-2-n.tif

Когда давление топлива в топливной трубке высокого давления падает ниже заданного значения, шарик садится на свое седло в клапане, чтобы предотвратить обратное течение топлива из топливной трубки высокого давления. В результате в топливной трубке высокого давления поддерживается постоянное давление (остаточное давление) для следующего цикла подачи топлива.



DID-EC-tb-2-1-4-2-o.tif

2.1.4.3. Управление опережением впрыскивания топлива



DID-EC-tb-2-1-4-3-a.tif

Механизм управления опережением впрыскивания определяет оптимальный угол опережения впрыскивания топлива в зависимости от частоты вращения двигателя. Давление топлива, подаваемого топливоподкачивающим насосом, зависит от частоты вращения вала топливного насоса. Это давление топлива действует в кольцевой полости гидравлического упора в качестве управляющего давления. Действительное давление в кольцевой полости задается клапаном управления механизмом опережения впрыскивания.

Поршень механизма опережения впрыскивания соединен с кулачковой шайбой нагнетательного элемента с помощью шаровой цапфы. Кулачковая шайба может поворачиваться на некоторый угол при движении поршня механизма опережения впрыскивания.

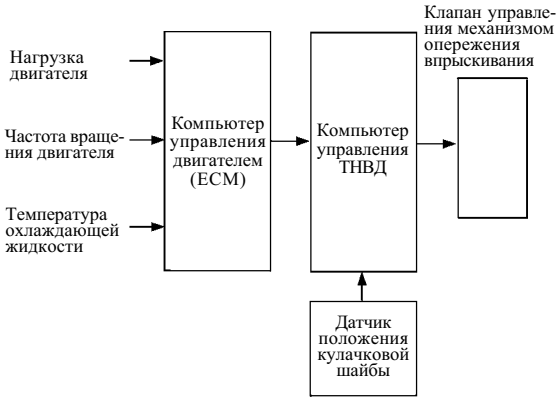
Когда поршень механизма опережения впрыскивания движется вправо (в сторону пружины), угол опережения впрыскивания топлива увеличивается, поскольку в результате поворота кулачковой шайбы против направления вращения приводного вала топливного насоса ролики начинают накатываться на внутренние выступы кулачковой шайбы раньше и впрыскивание топлива начинается раньше.

Основными элементами системы являются поршень механизма опережения впрыскивания, клапан управления механизмом опережения впрыскивания и датчик положения кулачковой шайбы.

Начальная установка угла опережения впрыскивания

В компьютер управления двигателем заложена картографическая зависимость "задаваемой величины угла начала впрыскивания", в зависимости от условий работы двигателя (нагрузки и частоты вращения двигателя, температуры охлаждающей жидкости).

Компьютер управления ТНВД постоянно сравнивает заданный угол начала впрыскивания топлива с действительным углом. Если обнаруживается различие, работа клапана управления механизмом опережения впрыскивания корректируется с помощью необходимого коэффициента. (Действительное начало впрыскивания определяется по сигналу датчика положения кулачковой шайбы).



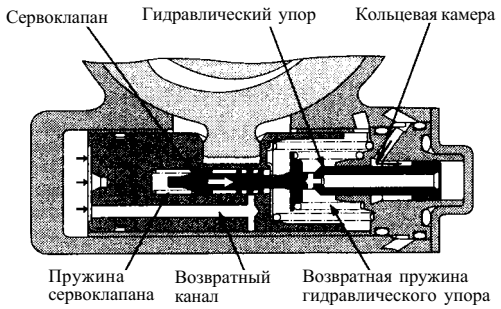
DID-EC-tb-2-1-4-3-b.tif

Увеличение угла опережения впрыскивания

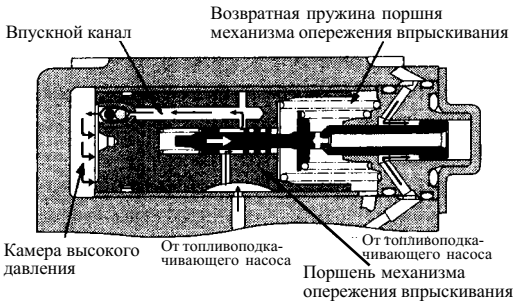
Поршень механизма опережения впрыскивания находится в нейтральном положении (соответствующем "начальной установке с запаздыванием") под действием возвратной пружины механизма. Клапан управления механизмом опережения впрыскивания по сигналу компьютера управления ТНВД уменьшает время закрытия возвратного канала (между кольцевой камерой и отверстием для подвода топлива) для повышения давления в кольцевой камере. Когда давление в кольцевой камере возрастает и превышает давление, создаваемой возвратной пружиной гидравлического упора, гидравлический упор перемещается вправо (т.е. в направлении опережения впрыскивания).

Соответственно, сервоклапан также перемещается вправо пружиной сервоклапана, и впускной канал со стороны камеры высокого давления механизма опережения впрыскивания открывается.

Топливо от топливоподкачивающего насоса втекает через впускной канал в камеру высокого давления механизма опережения впрыскивания. Когда давление поступающего топлива превышает силу затяжки возвратной пружины поршня механизма опережения впрыскивания, поршень перемещается вправо (т.е. в направлении увеличения угла опережения впрыскивания), и кулачковая шайба поворачивается в направлении увеличения угла опережения впрыскивания. Соответственно, внутренние выступы кулачковой шайбы начинают раньше воздействовать на радиально движущиеся плунжеры, что вызывает сжатие топлива и приводит к более раннему началу впрыскивания топлива.



Вид механизма опережения впрыскивания сбоку



Вид механизма опережения впрыскивания сверху

DID-EC-tb-2-1-4-3-d.tif

Возвратный канал	Закрыт
Впускной канал	Открыт

Уменьшение угла опережения впрыскивания

По мере увеличения клапаном управления механизмом опережения впрыскивания времени открытия возвратного канала (между кольцевой камерой и входом топливоподкачивающего насоса) для снижения давления в кольцевой камере, давление в кольцевой камере уменьшается, и когда оно становится меньше давления, создаваемого силой предварительной затяжки возвратной пружины гидравлического упора, гидравлический упор и сервоклапан перемещаются влево (т.е. в положение запаздывания впрыскивания) до тех пор, пока сила затяжки возвратной пружины гидравлического упора не уравновесит давление в кольцевой камере.

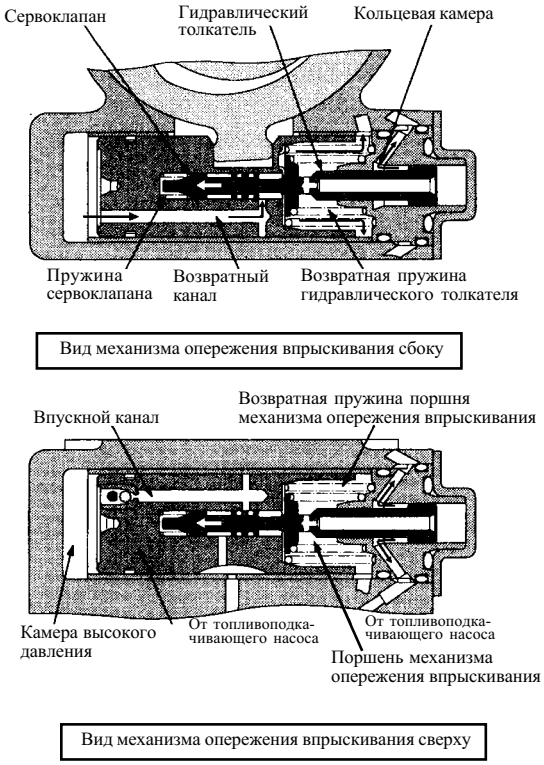
В результате возвратный канал, соединяющий камеру высокого давления механизма опережения впрыскивания с камерой низкого давления, открывается.

Топливо из камеры высокого давления механизма опережения впрыскивания перетекает через возвратный канал, чтобы вернуться в камеру низкого давления.

В связи с уменьшением давления топлива в камере высокого давления поршень механизма опережения впрыскивания перемещается своей возвратной пружиной влево (т.е. в направлении уменьшения угла опережения впрыскивания), и кулачковая шайба также поворачивается в направлении уменьшения угла опережения впрыскивания (запаздывания).

Соответственно, внутренние выступы кулачковой шайбы начинают позже воздействовать на радиально движущиеся плунжеры, что ведет к запаздыванию начала впрыскивания.

Возвратный канал	Открыт
Впускной канал	Закрыт



DID-EC-tb-2-1-4-3-g.tif

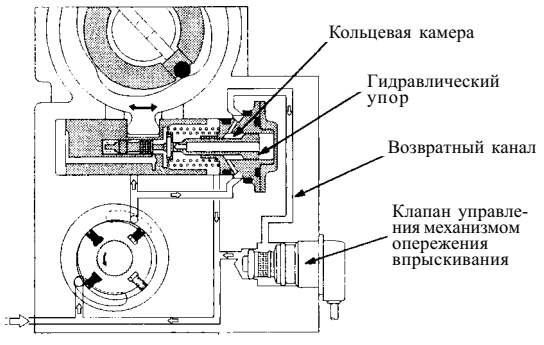
Принцип работы клапана управления механизмом опережения впрыскивания

Клапан управления механизмом опережения впрыскивания работает по принципу переменного дросселя, используя быстрое (циклическое) открытие-закрытие запорной иглы в клапане.

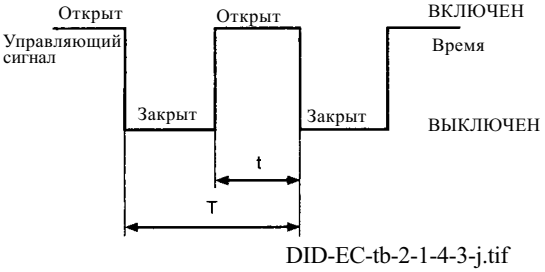
При нормальной работе клапан управления механизмом опережения впрыскивания регулирует давление, действующее в кольцевой камере, таким образом, чтобы гидравлический упор мог свободно устанавливаться в любом положении от положения запаздывания до положения опережения. Необходимая величина относительного открытия клапана определяется компьютером управления ТНВД.

Величина относительного открытия – это отношение времени открытого состояния клапана управления механизмом опережения впрыскивания к общему времени цикла (изменение величины относительного открытия от 100% до 0% приводит к увеличению опережения впрыскивания топлива).

Относительное время открытия = t/T x 100%



DID-EC-tb-2-1-4-3-i.tif



DID-EC-tb-2-1-4-3-j.tif

2.1.4.4. Датчик положения кулачковой шайбы

При вращении приводного вала топливного насоса расположенное на валу кольцо с выступом проходит мимо датчика положения кулачковой шайбы. Получаемый электрический импульс посылается по электрическим проводам, расположенным в гибкой удерживающей пластине, в компьютер управления ТНВД.

На основе этих сигналов компьютер управления ТНВД может определять среднюю и мгновенную частоту вращения вала топливного насоса.

Датчик положения кулачковой шайбы установлен на гибкой пластине, которая позволяет ему поворачиваться вместе с кулачковой шайбой. Таким образом, интервалы между внутренними выступами кулачковой шайбы и сигналами датчика положения кулачковой шайбы остаются постоянными.

Сигнал датчика положения кулачковой шайбы используется в следующих целях.

1. Для определения текущего углового положения кулачковой шайбы.

2. Для расчета действительной частоты вращения вала топливного насоса.

3. Для определения действительного положения механизма опережения впрыскивания.

1. Текущее угловое положение кулачковой шайбы

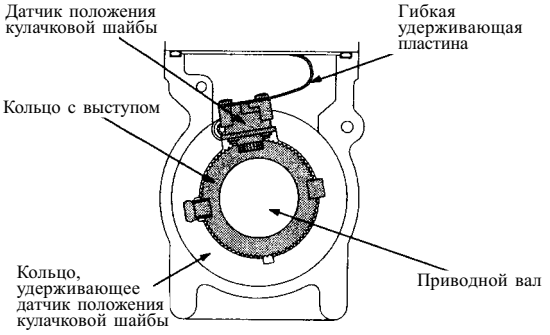
Текущее угловое положение кулачковой шайбы рассчитывается компьютером управления ТНВД на основе сравнения сигнала датчика угла поворота коленчатого вала с сигналом датчика положения кулачковой шайбы. Эта информация используется для управления дозирующим клапаном. На основе сигнала о текущем угловом положении кулачковой шайбы и изменений параметров режима работы двигателя могут быть точно определены интервалы открытия и закрытия дозирующего клапана, соответствующие величине подъема кулачкового выступа кулачковой шайбы.

2. Действительная частота вращения приводного вала топливного насоса

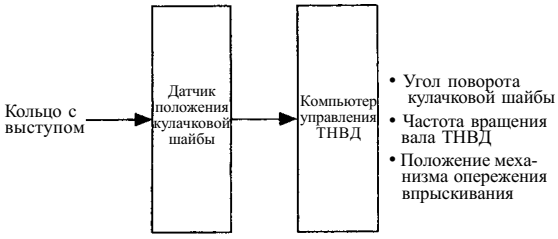
В случае возникновения неисправности датчика положения коленчатого вала сигнал от датчика положения кулачковой шайбы используется в качестве резервного для определения частоты вращения коленчатого вала, используемой компьютером управления двигателем.

3. Действительное положение механизма опережения впрыскивания

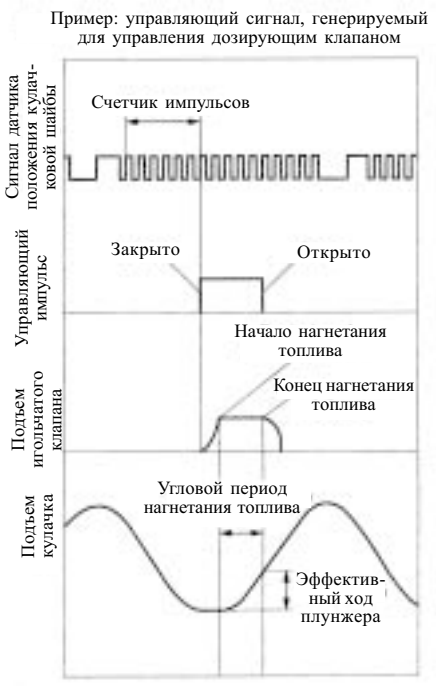
Действительное положение механизма опережения впрыскивания может быть определено по действительному положению кулачковой шайбы. Действительное положение механизма опережения впрыскивания может использоваться в качестве основного сигнала для управления углом опережения впрыскивания топлива.



DID-EC-tb-2-1-4-4-a.tif

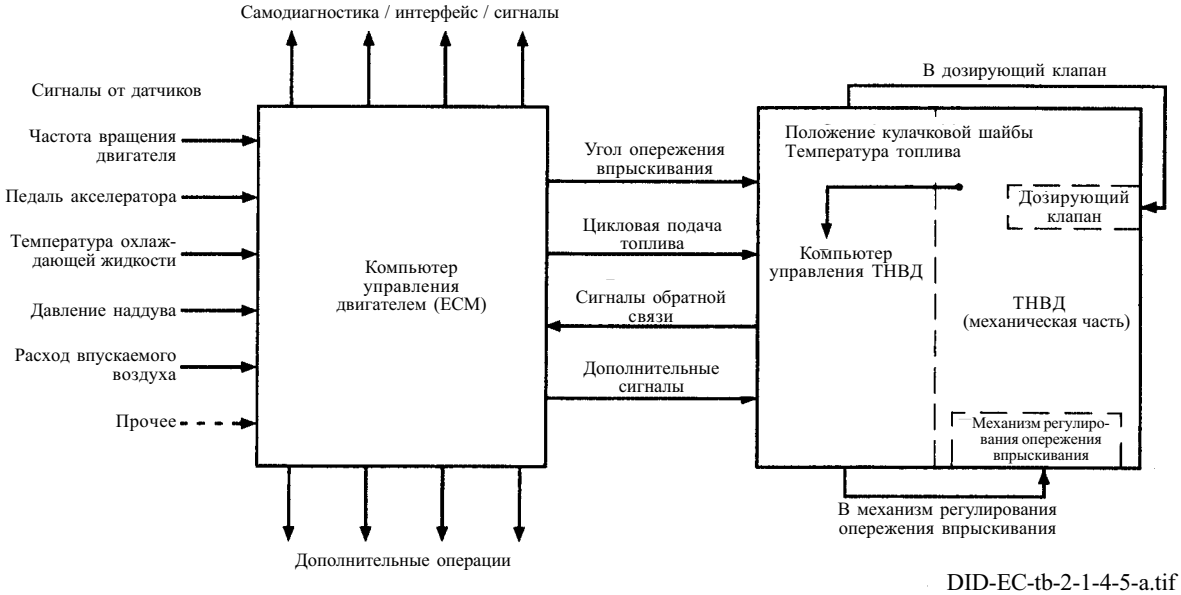


DID-EC-tb-2-1-4-4-b.tif



DID-EC-tb-2-1-4-4-c.tif

2.1.4.5. Компьютер управления топливным насосом высокого давления



DID-EC-tb-2-1-4-5-a.tif

Топливным насосом высокого давления управляют два компьютера: компьютер управления топливным насосом (ТНВД) и компьютер управления двигателем. Компьютер управления ТНВД получает от датчиков, расположенных внутри корпуса насоса, сигналы о положения кулачковой шайбы и температуре топлива для определения параметров, задаваемых компьютером управления двигателем, в частности, угла опережения впрыскивания и цикловой подачи топлива. Компьютер управления двигателем обрабатывает всю информацию, относящуюся к двигателю и окружающей среде, получаемую от внешних датчиков, для выполнения любых необходимых корректировок, касающихся работы двигателя. Картографические зависимости для названных выше параметров заложены в память обоих компьютеров.

Входные цепи компьютеров принимают информацию, получаемую от датчиков. Затем микропроцессор определяет режимные параметры и рассчитывает задаваемые параметры для оптимальной работы двигателя.

Обмен информацией между компьютерами управления двигателем и ТНВД осуществляется по шине системы, называемой CAN (Controller Area Network) – Мультиплексной шиной CAN.

Благодаря наличию двух отдельных компьютеров цепь привода дозирующего клапана может быть размещена вблизи клапана (электромагнитного типа) для предотвращения образования помех.

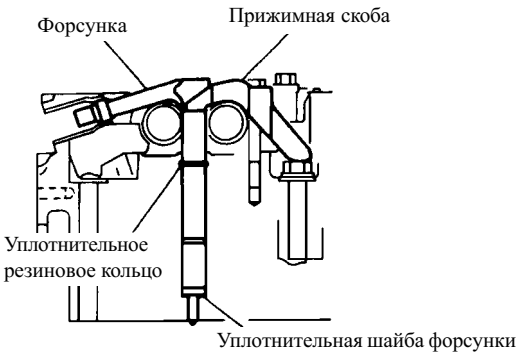
2.2. Форсунки

Описание

Применяется форсунка с многоструйным распылителем и двухстадийным законом впрыскиванием топлива. Двухстадийное впрыскивание топлива снижает шум сгорания, в особенности, на холостом ходу и частичных нагрузках двигателя.

В форсунках обычного типа применяется только одна пружина, что обеспечивает одностадийный процесс впрыскивания топлива. Форсунка для новых двигателей NDiD имеет две пружины, которые установлены последовательно друг за другом.

Форсунка крепится с помощью прижимной скобы.



DID-EC-tb-2-2-a.tif

Принцип работы

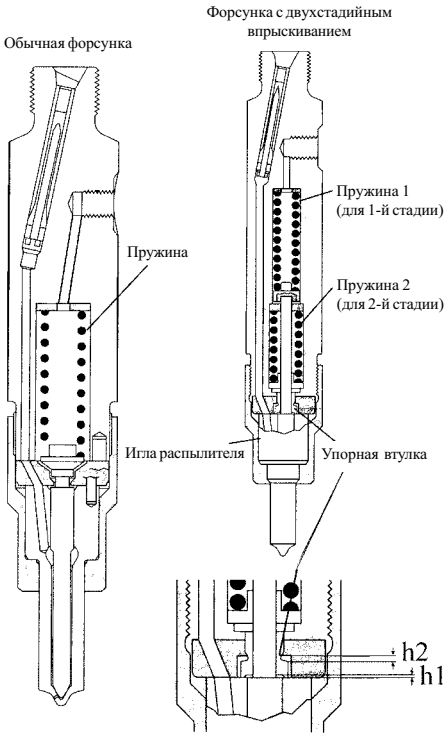
Вначале на подъем иглы распылителя влияет только одна пружина и, таким образом, определяет 1-ю стадию впрыскивания. Вторая пружина упирается в верхнюю часть упорной втулки, что ограничивает начальное перемещение запорной иглы распылителя.

Когда начинается вторая стадия впрыскивания, при которой подъем иглы распылителя превышает начальную величину, упорная втулка поднимается, и на иглу действует сила давления обеих пружин.

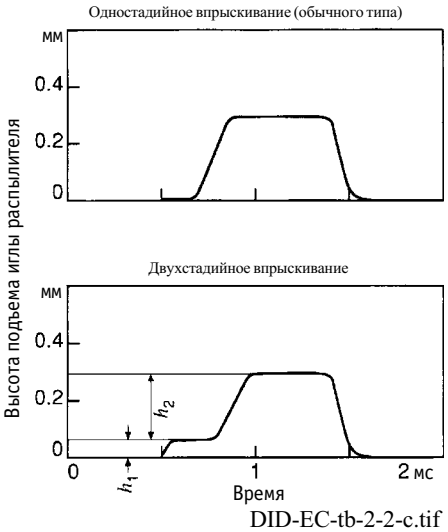
Во время действительного процесса впрыскивания игла распылителя вначале поднимается на небольшую высоту. Это позволяет только небольшому количеству топлива попасть в камеру сгорания.

По мере повышения давления впрыскивания (2-я стадия открытия форсунки) игла распылителя поднимается до упора, и впрыскивается основная доза топлива. Такой двухстадийный процесс впрыскивания топлива приводит к более "мягкому" сгоранию и к снижению шума от процесса сгорания.

На рисунке справа показано время начала и окончания врыскивания для действительного процесса впрыскивания топлива.

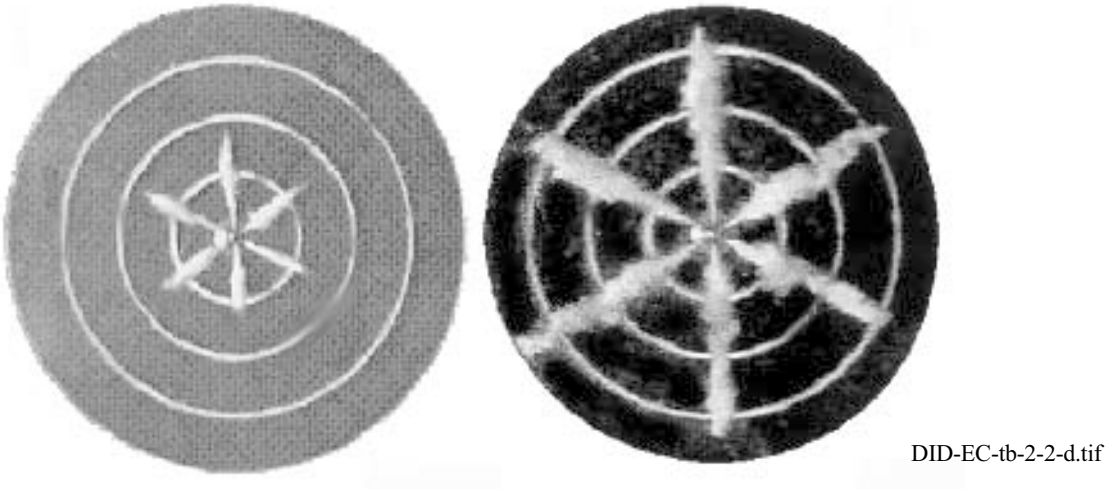


DID-EC-tb-2-2-b.tif



DID-EC-tb-2-2-c.tif

Распыливание топлива



DID-EC-tb-2-2-d.tif

Стадия 1 (начальное впрыскивание) Стадия 2 (вторичное впрыскивание)

Сравнение параметров распылителей

Тип распылителя	Для двигателя NDiD	Для двигателя IDi
Диаметр отверстий /число отверстий распылителя	0,18/5 (YD), 6(ZD)	–
Коэффициент расхода	0,91	–
Гидравлический расход (литров за 30 с)	0,524 (YD), 0,652 (ZD)	–
Давление начала подъема иглы распылителя, МПа (первичное/вторичное)	19,0/37,5	12,3
Ход иглы распылителя, мм (первичный/вторичный)	0,04/0,25(YD), 0,3(ZD)	0,84

Обслуживание форсунок

Поскольку в двигателях ZD30DDTi и YD22DDT форсунки расположены внутри головки цилиндров, абсолютно недопустимы утечки дизельного топлива и его попадание в моторное масло, поскольку это приведет к серьезным поломкам двигателя.

Поэтому необходимо соблюдать моменты затяжки трубок, подводящих и отводящих топливо, в связи с названной выше причиной, а также поскольку давления впрыскивания топлива значительно выше обычного.

2.3. Датчик положения коленчатого вала (датчик BMT)

Датчик положения коленчатого вала (датчик BMT) расположен на шкиве коленчатого вала (двигатель ZD) или на маховике (двигатель YD) и посылает сигнал о положении коленчатого вала (сигнал о частоте вращения двигателя) в компьютер управления двигателем. Датчик регистрирует изменения магнитного поля при движении металлического выступа пластины на коленчатом валу или маховике.

2.4. Датчик давления наддувочного воздуха (двигатель ZD)

Датчик давления наддувочного воздуха расположен на корпусе охладителя наддувочного воздуха и посылает сигнал о давлении во впускной системе в компьютер управления двигателем. Сигнал этого датчика используется только для самодиагностики.

3. Самодиагностика

DTC* См. примечание ниже	Пункт самодиагностики	Дисплей CONSULT-II	Условия определения неисправности (DTC)	BCH**	Требуется проверить элемент	Отличия от Y61/RD28ETi
0102 (P0100)	Цепь датчика массового расхода воздуха	MASS AIR FLOW SEN	Чрезмерно высокое или низкое напряжение посылается от датчика в ECM.	ГОРИТ	Датчик массового расхода воздуха Провода или разъемы	То же
0103 (P0115)	Цепь датчика температуры охл. жидкости	COOLANT TEMP SEN	Чрезмерно высокое или низкое напряжение посылается от датчика в ECM.	ГОРИТ	Датчик температуры охл. жидкости двигателя Провода или разъемы	То же
0104 (P0500)	Цепь датчика скорости автомобиля	VEHICLE SPEED SEN	Почти нулевой (0 км/час) сигнал от датчика скорости автомобиля посылается в ECM даже при движении автомобиля.	ГОРИТ	Датчик скорости автомобиля Провода или разъемы	То же
0203 (ZD)	Цепь концевого выключателя положения педали акселератора (полностью нажата/отпущена)	ACCEL POS SW(F/C)	Сигнал напряжения от концевого выключателя положения акселератора (F/C) в ECM не меняется, даже если сигнал напряжения от датчика положения педали акселератора меняется.	ГОРИТ	Концевой выключатель на педали акселератора Провода или разъемы	То же
0208 (P1217)	Перегрев	OVER HEAT	Вентилятор охлаждения двигателя не функционирует нормально (перегрев). Система вентилятора охлаждения двигателя не функционирует нормально (перегрев). Неправильный метод заполнения системы охлаждающей жидкостью.	ГОРИТ	Система охлаждения и др.	То же
0301 (P1607)	ECM2	ECM2	ECM производит неправильные расчеты.	ГОРИТ	ECM	То же
0402 (P1180)	Цепь датчика температуры топлива	P9 FUEL TEMP SEN	Неправильный сигнал напряжения от датчика температуры топлива (встроенного в ТНВД с электронным управлением) посылается в ТНВД.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	То же
0403 (P0120)	Цепь датчика положения педали акселератора	ACCEL POS SENSOR	Чрезмерно высокое или низкое напряжение посылается от датчика в ECM.	ГОРИТ	Датчик положения педали акселератора Концевой выключатель на педали акселератора Провода или разъемы	То же
0406 (ZD)	Массовый расход воздуха	INT/AIR VOLUME	Датчик массового расхода воздуха зарегистрировал ненормальное количество воздуха	–	Эл.магн. клапан регулирования ЛНА турбины Исполнительный элемент регулирования ЛНА турбины Впускная система Датчик массового расхода воздуха Провода или разъемы	Новый

*Примечание: номер (PXXXX) относится только к двигателю YD22.

** BCH – визуальный сигнализатор неисправности.

DTC* См. примечание ниже	Пункт самодиагностики	Дисплей CONSULT-II	Условия определения неисправности (DTC)	ВСН**	Требуется проверить элемент	Отличия от Y61/RD28ETi
0407 (P0335)	Цепь датчика положения коленчатого вала (ВМТ)	CRANK POS SEN (TDC)	Неправильный сигнал от датчика посылается в ECM при работе двигателя и проворачивании коленчатого вала.	ГОРИТ	Датчик положения коленчатого вала (ВМТ) Провода или разъемы	То же
0502 (ZD)	Напряжение аккумуляторной батареи	BATTERY VOLTAGE	Напряжение аккумуляторной батареи чрезмерно высоко.	–	Аккумуляторную батарею Генератор ECM	Новый
0504 (ZD)	Цепь связи с АКП	A/T COMM LINE	ECM постоянно получает неправильное напряжение от компьютера АКП.	–	Провода или разъемы	Новый
0505 (P0000)	Не зарегистрировано DTC	NO DTC IS DETECTED	Отсутствие неисправностей.	–	–	То же
0701 (P1341)	Цепь датчика положения кулачковой шайбы	P1 CAM POS SENSOR	Неправильный сигнал напряжения от датчика положения кулачковой шайбы (встроенного в ТНВД) посылается в компьютер управления ТНВД.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый
0702 (P1337)	Цепь сигнала ВМТ	P2 TDC PULSE SIG	Функция обработки сигнала на входе в компьютер управления ТНВД (сигнал датчика положения коленчатого вала (ВМТ)) действует неправильно.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый
0703 (P1600)	Цепь связи с компьютером ТНВД	P3 PUMP COMM LINE	Компьютер управления ТНВД непрерывно получает неправильный сигнал от ECM.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый
0704 (P1251)	Цепь дозирующего клапана	P4 SPILL/V CIRC	Дозирующий клапан (встроенный в ТНВД) работает неправильно.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый
0705 (P1690)	Компьютер управления ТНВД	P5 PUMP C/MODULE	Компьютер управления ТНВД работает неправильно.	ГОРИТ	ТНВД	Новый
0706 (ZD)	Функция дозирующего клапана	P6 SPILL VALVE	Дозирующий клапан (встроенный в ТНВД) работает неправильно.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый
0707 (P1241)	Обратная связь угла опережения впрыскивания	P7 F/INJ TIMG FB	Система регулирования опережения впрыскивания работает неправильно.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый
0802 (P1107)	ECM 10	ECM 10	Чрезмерно высокое или низкое давление, определяемое датчиком абсолютного давления, (встроенного в ECM) посылается в ECM.	ГОРИТ	ECM	Новый

*Примечание: номер (PXXXX) относится только к двигателю YD22.

** ВСН – визуальный сигнализатор неисправности.

DTC* См. примечание ниже	Пункт самодиагностики	Дисплей CONSULT-II	Условия определения неисправности (DTC)	BCH**	Требуется проверить элемент	Отличия от Y61/RD28ETi
0804 (ZD)	ECM 11	ECM 11	Напряжение, подаваемое на датчики, слишком низкое или высокое.	–	ECM	Новый
0807 (P0571)	ECM 14	ECM 14	Нерегулярный сигнал напряжения посылается в ECM от выключателя стоп-сигнала.	ГОРИТ	Выключатель фонаря стоп-сигнала Провода или разъемы	Новый
0901 (P1603)	ECM 12	ECM 12	Неправильно работает функция расчета ECM.	ГОРИТ	ECM	Тот же
0902 (P1620)	Цепь реле ECM	ECM RLY	Нерегулярный сигнал напряжения посылается в ECM от реле ECM.	ГОРИТ	Реле ECM Провода или разъемы	Тот же
0903 (1621)	ECM 15	ECM 15	Функция обработки входного сигнала ECM работает неправильно.	–	ECM	Тот же
1002 (P1202)	Давление наддува	BOOST PRESSURE	Неправильный сигнал напряжения от датчика давления наддува посылается в ECM.	ГОРИТ	Датчик давления наддува Провода или разъемы	Новый
0905 (ZD)	Давление наддува	BOOST PRESSURE	Неправильный сигнал напряжения от датчика давления наддува посылается в ECM.	ГОРИТ	Датчик давления наддува Провода или разъемы	Новый
1003 (ZD)	Цепь управления клапаном EGR	EGR VOLUME CONT/V	Неправильный сигнал напряжения посылается в ECM от клапана.	ГОРИТ	Клапан EGR Провода или разъемы	Новый
1004 (ZD)	Система 1 отключения подачи топлива	FUEL CUT SYSTEM 1	Система отключения подачи топлива работает неправильно.	ГОРИТ	ТНВД Провода или разъемы	Новый

*Примечание: номер (PXXXX) относится только к двигателю YD22.

** BCH – визуальный сигнализатор неисправности.

7. ГЛОССАРИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

ВМТ - верхняя мертвая точка. Наивысшая точка подъема поршня в цилиндре, или точка, наиболее удаленная от оси коленчатого вала. Также используется применительно к плунжеру топливного насоса высокого давления.

ВСН (MI) - визуальный сигнализатор неисправности. Расположен на панели управления. Загорается, чтобы известить водителя о возникновении неисправности двигателя.

Каталитический нейтрализатор - устройство для снижения токсичности отработавших газов, устанавливаемое в выпускной системе автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Внутри расположен конвертор, снижающий токсичность отработавших газов путем их каталитической рекомбинации.

КС - камера сгорания.

ЛНА (VNT) - лопаточный направляющий аппарат на входе газов в колесо турбины турбокомпрессора. Такой турбокомпрессор имеет лопаточный направляющий аппарат с поворотными лопатками, угол поворота которых управляется ECM.

Свеча предпускового подогрева - свеча, нагреваемая электрическим током, устанавливаемая в головке цилиндров дизельного двигателя. Подогревает воздух в камере сгорания и облегчает пуск двигателя при низких температурах.

ТК - турбокомпрессор.

ТНВД - топливный насос высокого давления.

CO - химическая формула окиси углерода. Газообразный продукт неполного сгорания углеводородного топлива в воздухе. Один из главных токсичных компонентов отработавших газов.

DTC - условия определения неисправности.

ECM - компьютер управления двигателем. Многоканальное электронное устройство для контроля ряда параметров в системе управления двигателем.

EGR - рециркуляция отработавших газов. Смешивание отработавших газов с воздухом, поступающим в цилиндры двигателя, с целью повышения теплоемкости свежего заряда и за счет этого снижения образования окислов азота (NOx).

HC - углеводороды. Органические соединения, состоящие из углерода и водорода. Основная составляющая жидких и газообразных топлив. Например C2H6 (этан).

NOx - химическая формула окислов азота. Состоит из азота и кислорода, образуется при сгорании.