

ТУРБОКОМПРЕССОРЫ

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА

ТУРБО - ТЮНИНГ

БАЛАНСИРОВКА

ПРОБЛЕМАТИКА

ДИАГНОСТИКА

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ
ПРОФЕССИОНАЛОВ



ООО "ТУРБОМАГИЯ"

*Все права защищены.
Охраняется законом о Авторском праве.*

ТУРБОКОМПРЕССОРЫ

ООО "ТУРБОМАГИЯ"

г.Киев
2004



Мы профессиональны.
Подход к любому Клиенту, автомобилю, турбокомпрессору всегда индивидуальный. Мы проводим резкое разграничение между работой автомобиля и турбокомпрессора.

Для этого разработана эксклюзивная диагностика реального состояния цилиндропоршневой группы автомобиля в динамике.

Высокоточное производство позволяет выполнять изделия повышенной точности изготовления до 0.1 - 2.0 мкм, с шероховатостью поверхности до 0.005 мкм. Мы пользуемся мерительным инструментом ведущей японской фирмы MITUTOYO.

Компьютерный балансировочный стенд позволяет сбалансировать ротор турбины в соответствии с Международным стандартом ISO 1940-1. При изготовлении агрегата мы используем наш особенный материал, который изготавливается по нашему заказу. На все изделия нашего предприятия распространяется годовая гарантия без ограничения по пробегу, но при выполнении наших рекомендаций пробег турбокомпрессоров, на Ваших автомобилях составляет свыше 500 000 км.

**Любую работу должны исполнять профессионалы
своего дела.**

ООО "ТУРБОМАГИЯ"

**Украина, г. Киев, ул. Радищева 10/14
тел. 451-64-74; 451-87-27; 206-23-15**

**телефоны экстренной связи:
8067-749-3561, 8067-760-1655
8050-560-0740, 8050-987-7801**

**e-mail: turbomag@i.kiev.ua
www.turbomag.com.ua**

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	5
1.1. Нагнетание воздуха при помощи турбокомпрессора	5
1.2. Типы выпускных систем с турбокомпрессором	7
1.3. Преимущества турбокомпрессорного двигателя	8
1.4. Возможности использования турбокомпрессоров	10
2. ТУРБОКОМПРЕССОР ДЛЯ МАССОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 11	
2.1. Принцип работы турбокомпрессора для дизельного двигателя	11
2.1.1. Турбина	12
2.1.2. Компрессор	14
2.1.3. Корпус оси	15
2.2. Поиск неисправностей в турбокомпрессорах дизельных двигателей ..	19
2.2.1. Низкая мощность двигателя, черный дым из выхлопной трубы	20
2.2.2. Синий дым из выхлопной трубы	20
2.2.3. Повышенный расход масла (без синего дыма)	21
2.2.4. Шумная работа турбокомпрессора	22
2.3. Неисправности турбокомпрессоров	25
2.3.1. Недостаток масла	25
2.3.2. Попадание посторонних предметов	25
2.3.3. Загрязненное масло	26
3. ТУРБОКОМПРЕССОРЫ АВТОМОБИЛЕЙ	27
3.1. Турбокомпрессоры для дизельных двигателей	27
3.1.1. Регулировка давления наддува	27
3.1.2. Корпус оси	30
3.2. Турбокомпрессоры для бензиновых двигателей	31
3.2.1. Обеспечение герметичности масло-газовых каналов турбокомпрессора	31
3.2.2. Качество материалов турбины	32
3.2.3. Регулировочный клапан	32
3.2.4. Охлаждаемый корпус оси	33
4. ПРОДОЛЖЕНИЕ РАЗВИТИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ	34
4.1. Уменьшение размеров	34
4.2. Использование керамических материалов	35
4.3. Изменяемая геометрия	36
4.4. Электроника и турбокомпрессор	37
5. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ	40
5.1. Охлаждение наддувочного воздуха (intercooler)	40
5.2. Турбокомпрессоры, устанавливаемые параллельно	40
5.3. Турбокомпаунд	44

6. СЖАТИЕ ВОЗДУХА МЕХАНИЧЕСКИМ КОМПРЕССОРОМ	45
6.1. Компрессор Roots	46
6.2. Спиральный компрессор	47
6.3. Компрессор Wankel	48
6.4. Компрессоры с перегородкой	49
6.5. Объемный компрессор Comprex	50
7. ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ	52
7.1. Замена турбокомпрессора	52
7.2. Основные производители турбокомпрессоров	53
7.3. Дефекты турбокомпрессоров	54
7.3.1. Трещины на корпусе турбины	54
7.3.2. Трещины на фланце корпуса турбины и средней перегородке	55
7.3.3. Трещины на внешней поверхности корпуса турбины	57
7.3.4. Трещины в седле клапана	57
7.4. Система "турбосмазка"	57
8. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ	59
8.1. Ассортиментные группы	59
8.1.1. Назначение и режимы эксплуатации	59
8.2. Тенденции развития ассортимента	61
8.3. Группы потребителей.....	62
8.4. Выбор масла	63
8.5. Масла для дизельных двигателей легковых автомобилей	68
8.5.1. Масла для мощных дизельных двигателей коммерческих автомобилей	69
8.6. Масла для легковых автомобилей	74
8.6.1. Масла для бензиновых двигателей легковых автомобилей	74
8.6.2. Масла для дизелей средней и малой мощности	75
8.6.3. Масла для смешанного автопарка	75
8.7. Другие группы назначения.....	77
8.7.1. Масла для двигателей, работающих на газовом топливе	77
8.7.2. Масла для холодного климата (арктические масла)	77
8.8. Тракторные масла	77
8.8.1. Суперуниверсальные тракторные масла STOU	79

1. ВВЕДЕНИЕ

Мощность, которую может развить двигатель внутреннего сгорания, зависит от количества воздуха и топлива, которые поступают в двигатель. Таким образом, добиться повышения мощности можно, увеличив количество этих компонентов. Увеличение количества топлива совершенно бессмысленно, если одновременно не увеличивается количество воздуха для его сгорания. Поэтому одним из решений проблемы повышения мощности двигателя является увеличение количества воздуха, поступающего в цилиндры; при этом можно сжечь больше топлива и получить, соответственно, большую энергию. Это подразумевает, что необходимый для сгорания топлива воздух должен быть сжат перед подачей в цилиндры.

Системы принудительной подачи (нагнетания) воздуха можно разделить на работающие за счет энергии отработавших газов (турбонаддув) и с механическим приводом. В данной книге рассматриваются конструкции и принципы работы различных компрессоров, как для бензиновых, так и для дизельных двигателей.

1.1. Нагнетание воздуха при помощи турбокомпрессора

Как уже говорилось выше, мощность, развиваемая двигателем, зависит от количества воздуха и смешанного с ним топлива, которое может быть подано в двигатель. Если нужно увеличить мощность двигателя, нужно увеличить как количество подаваемого воздуха, так и топлива. Подача большего количества топлива не даст эффекта до тех пор, пока не появится достаточное для его сгорания количество воздуха, иначе образуется избыток несгоревшего топлива, что приводит к перегреву двигателя, который к тому же при этом сильно дымит. Увеличение мощности атмосферного двигателя может быть достигнуто путем увеличения либо его рабочего объема, либо оборотов. Увеличение рабочего объема сразу же увеличивает вес, размеры двигателя и, в конечном итоге, его стоимость. Увеличение оборотов проблематично из-за возникающих при этом

технических проблем, особенно в случае двигателя со значительным рабочим объемом.

Технически приемлемым решением проблемы увеличения мощности является использование нагнетателя (компрессора). Это означает, что подающийся в двигатель воздух сжимают перед его впуском в камеру сгорания.

Другими словами, компрессор обеспечивает подачу необходимого количества воздуха, достаточного для полного сгорания увеличенной дозы топлива. Следовательно, при прежнем рабочем объеме и тех же оборотах мы получаем большую мощность.

Существует два основных типа компрессоров: с механическим приводом и "турбо" (использующие энергию отработавших газов). Кроме того, существуют также комбинированные системы, например, турбокомпаундная. В случае компрессора с механическим приводом необходимое давление воздуха получают благодаря механической связи между коленвалом двигателя и компрессором. В турбокомпрессоре давление воздуха получают благодаря вращению турбины потоком отработавших газов.

Турбокомпрессор был впервые сконструирован швейцарским инженером Бюши еще в 1905 году, но только много лет спустя он был доработан и использован на серийных двигателях с большим рабочим объемом.

В принципе, любой турбокомпрессор состоит из центробежного воздушного насоса и турбины, связанных при помощи общей жесткой оси между собой. Оба этих элемента вращаются в одном направлении и с одинаковой скоростью. Энергия потока отработавших газов, которая в обычных двигателях не используется, преобразуется здесь в крутящий момент, приводящий в действие компрессор. Происходит это так. Выходящие из цилиндров двигателя отработавшие газы имеют высокую температуру и давление. Они разгоняются до большой скорости и вступают в контакт с лопатками турбины, которая и преобразует их кинетическую энергию в механическую энергию вращения (крутящий момент).

Это преобразование энергии сопровождается снижением температуры газов и их давления. Компрессор засасывает воздух через воздушный фильтр, сжимает его и подает в цилиндры двигателя. Количество топлива, которое можно смешать с воздухом, при этом можно увеличить, что позволяет двигателю развивать большую мощность. Кроме того, улучшается процесс сгорания, что позволяет увеличить характеристики двигателя в широком диапазоне чисел оборотов.

Между двигателем и турбокомпрессором существует связь только через

поток отработавших газов. Частота вращения турбокомпрессора напрямую не зависит от числа оборотов двигателя и характеризуется некоторой инерционностью, т.е. сначала увеличивается подача топлива, увеличивается энергия потока отработавших газов, а затем уже увеличиваются обороты турбины и давление нагнетания, и в цилиндры двигателя поступает еще больше воздуха, что дает возможность увеличить подачу топлива.

Подача и давление воздуха в турбокомпрессоре без регулировки давления наддува прямо пропорциональны энергии отработавших газов, т.е. числу оборотов турбины.

Для двигателей, работающих в широком диапазоне оборотов (к примеру, в легковом автомобиле), высокое давление наддува желательно даже на низких оборотах. Именно поэтому будущее принадлежит турбокомпрессорам с регулируемым давлением. Небольшой диаметр современных турбин и специальные сечения газовых каналов.

1.2. Типы выпускных систем с турбокомпрессором

Существуют два основных типа выпускных систем с турбокомпрессором, с постоянным давлением на входе в турбину и с импульсным давлением на входе в турбину.

Применяются оба типа, иногда в комбинированных вариантах. Выбор определяется типом двигателя, количеством цилиндров, спецификой использования и множеством других факторов.

В выпускных системах с постоянным давлением на входе в турбину отработавшие газы от всех цилиндров собираются в общем выпускном коллекторе и затем, при почти постоянном давлении, направляются к турбокомпрессору.

В выпускных системах с импульсным давлением на входе в турбину используется выпускной коллектор типа "спагетти"; в этом случае отработавшие газы подводятся к турбокомпрессору по отдельным патрубкам, идущим от каждого цилиндра, что позволяет избежать резонансных явлений в выпускном коллекторе и добиться максимальной производительности от турбокомпрессора в узком диапазоне чисел оборотов.

1.3. Преимущества турбокомпрессорного двигателя

Двигатель, оснащенный турбокомпрессором, обладает техническими и экономическими преимуществами по сравнению с атмосферным (безнаддувным) двигателем.

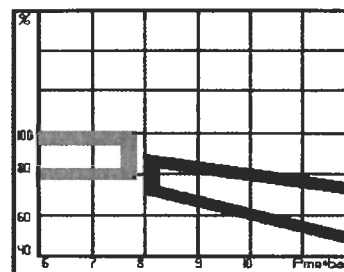
- Соотношение "масса/мощность" у двигателя с турбокомпрессором выше, чем у атмосферного двигателя.
- Двигатель с турбокомпрессором менее громоздок, чем атмосферный двигатель той же мощности.
- Кривая крутящего момента двигателя с турбокомпрессором может быть лучше адаптирована к специфическим условиям эксплуатации. При этом, например, водитель тяжелого грузовика должен намного реже переключать передачи на горной дороге, и само вождение будет более "мягким".

Кроме того, можно на базе атмосферных двигателей создавать версии, оснащенные турбокомпрессором и различающиеся по мощности.

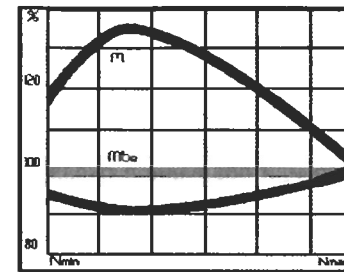
Еще более ощутимы преимущества двигателя с турбокомпрессором на высоте. Атмосферный двигатель теряет мощность из-за разрежения воздуха, а турбокомпрессор, обеспечивая повышенную подачу воздуха, компенсирует снижение атмосферного давления, почти не ухудшая характеристики двигателя. Количество нагнетаемого воздуха станет лишь ненамного меньше, чем на более низкой высоте, то есть двигатель практически сохраняет свою обычную мощность.

Кроме того:

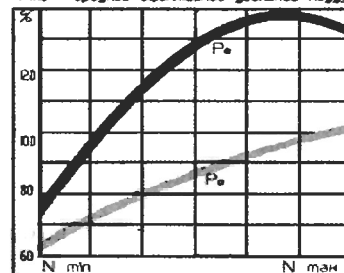
- Двигатель с турбокомпрессором обеспечивает лучшее сгорание топлива. Подтверждением тому служит уменьшение потребления топлива грузовиками на больших пробегах.
- Поскольку турбокомпрессор улучшает сгорание, он также способствует уменьшению токсичности отработавших газов.
- Двигатель, оснащенный турбокомпрессором, работает более стабильно, чем его атмосферный аналог той же мощности, а будучи меньшим по размеру, он производит, соответственно, меньше шума. Кроме того, турбокомпрессор играет также роль своеобразного глушителя в системе выпуска.



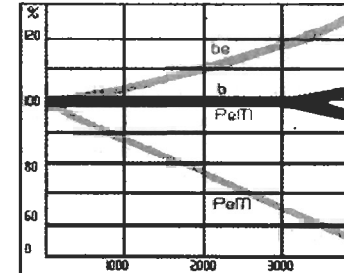
— атмосферный двигатель
 — турбовый двигатель
 Нравя мощность
 G_e - удельный расход топлива
 m - крутящий момент
 N - обороты



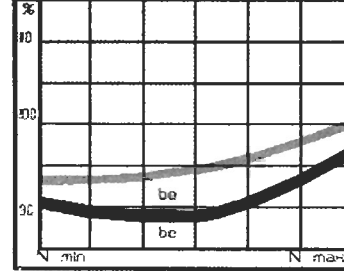
— атмосферный двигатель
 — турбовый двигатель
 Увеличение мощности на высоте
 G_e - удельный расход топлива
 P_e - развиваемая мощность
 n - обороты



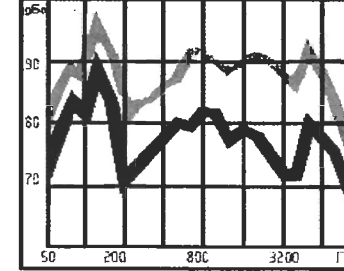
— атмосферный двигатель
 — турбовый двигатель
 Увеличение расхода топлива
 G_e - удельный расход топлива
 P_e - развиваемая мощность
 n - обороты



— атмосферный двигатель
 — турбовый двигатель
 Увеличение расхода топлива
 G_e - удельный расход топлива
 P_e - развиваемая мощность
 n - обороты



— атмосферный двигатель
 — турбовый двигатель
 Расход топлива
 G_e - удельный расход топлива
 n - обороты



— атмосферный двигатель
 — турбовый двигатель
 Уровнь шума при работе

1.4. Возможности использования турбокомпрессоров

Турбокомпрессором может быть оснащен любой двигатель внутреннего сгорания: дизельный, бензиновый или работающий на газе, имеющий жидкостное или воздушное охлаждение. Турбокомпрессоры используются как на двигателях с большим рабочим объемом (судовых, тепловозных и стационарных), так и на двигателях грузовых и легковых автомобилей. Также не имеет никакого значения, идет ли речь о 2-тактном или о 4-тактном двигателе.

В настоящее время практически все большие дизельные двигатели мощностью более 150 кВт, используемые в промышленности, судостроении, на дорожно-строительных работах, оснащаются турбокомпрессором.

В сфере автомобильного транспорта любой дизельный двигатель мощностью более 80 кВт стандартно оснащается турбокомпрессором.

Даже в секторе небольших автомобилей с дизельным двигателем наблюдается распространение турбокомпрессоров. Приход турбокомпрессоров на бензиновые двигатели был более трудным, но ускорился благодаря опыту их использования на кольцевых автогонках и авторалли.

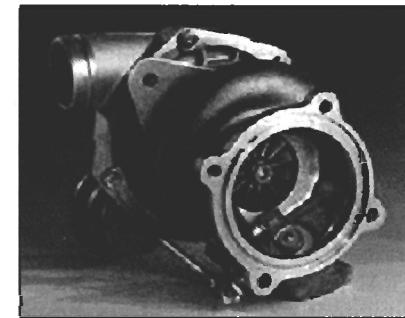
Расширение производства материалов, обладающих высокими температурными характеристиками, улучшение качества моторных масел, применение жидкостного охлаждения корпуса турбокомпрессора, электронное управление регулирующими клапанами – все это способствовало тому, что турбокомпрессоры стали использоваться на мелкосерийных бензиновых двигателях, что в сочетании с впрыском и электронным зажиганием позволило достичь очень высоких характеристик.

2. ТУРБОКОМПРЕССОР ДЛЯ МАССОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Для точного определения неисправностей, связанных с турбокомпрессором, необходимо знание принципа его работы. Нижеприведенная информация относится к турбокомпрессорам массовых дизельных двигателей, поскольку они достаточно просты.

2.1. Принцип работы турбокомпрессора для дизельного двигателя

Турбокомпрессор – это компрессор, или воздушный насос, который приводится от турбины. Турбина вращается за счет использования энергии потока отработавших газов. Частота вращения турбокомпрессора дизельного двигателя находится в пределах от 1000 до 130.000 об/мин (это значит, что лопатки турбины разгоняются почти до линейной скорости звука).



Турбина непосредственно соединяется с компрессором жесткой осью. Компрессор засасывает через воздушный фильтр свежий воздух, сжимает его и затем под давлением подает во впускной коллектор двигателя. Чем больше воздуха подается в цилиндры, тем больше топлива может сгореть, а это повышает мощность двигателя.

Теоретически существует равновесие мощностей между турбиной и компрессором турбокомпрессора. Чем большую энергию имеют отработавшие газы, тем быстрее будет вращаться турбина. Как следствие, компрессор тоже будет вращаться быстрее.

2.1.1. Турбина

Турбина состоит из корпуса (рис 1) и ротора (рис 2). Отработавшие газы из выпускного коллектора двигателя попадают в приемный патрубок турбокомпрессора. Проходя по постепенно сужающемуся внутреннему каналу корпуса турбины, они ускоряются, а пройдя этот имеющий форму улитки корпус, направляются к ротору турбины и приводят ее во вращение.

Скорость вращения турбины определяется размером и формой канала в ее корпусе. Это напоминает поливочный шланг: чем больше вы перекрываете пальцем выходное отверстие, тем дальше бьет струя воды. Размеры турбины и ее корпуса зависят от конкретного двигателя.

Корпусы турбин значительно различаются в зависимости от сферы применения. Корпус

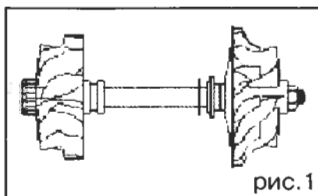


рис.1

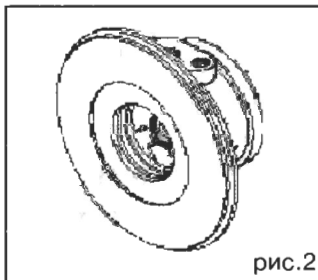


рис.2

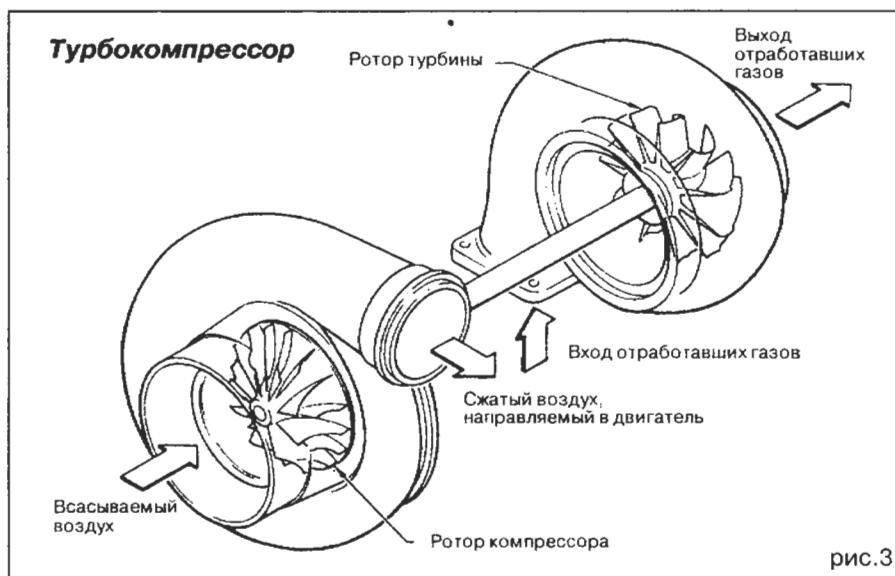


рис.3

(044) 206 2315, 451 6474
www.turbomag.com.ua

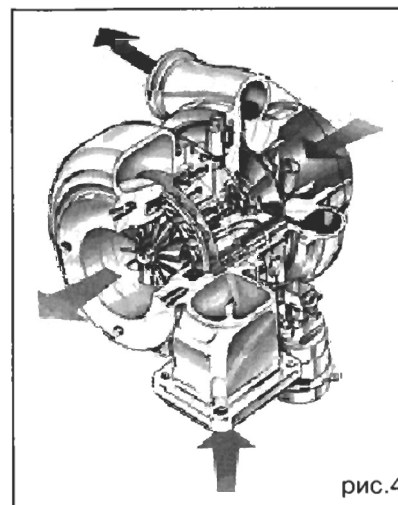


рис.4

турбины двигателя грузовика может быть разделен на два параллельных канала, поэтому на ротор воздействуют два потока отработавших газов.

При таком типе корпуса становится возможным использование импульсного движения потока газов и достижение резонансных явлений. Отсюда и обязательность разделения выпускных каналов для каждого цилиндра.

При таком типе корпуса становится возможным использование импульсного движения потока газов и достижение резонансных явлений. Отсюда и обязательность разделения выпускных каналов для каждого цилиндра.

При таком типе корпуса становится возможным использование импульсного движения потока газов и достижение резонансных явлений. Отсюда и обязательность разделения выпускных каналов для каждого цилиндра.

В корпусе турбины, имеющем двойной канал, каждый поток распределяется по всей поверхности ротора турбины. Другая конструкция корпуса с двумя каналами позволяет использовать импульсы давления (поток распределяется симметрично с каждой стороны ротора).

В случае системы с постоянным давлением используется только энергия поступательного движения отработавших газов. При этом могут применяться только корпуса турбины с одним каналом. Этот вариант используется в корпусах с водяным охлаждением, которые применяются на судовых двигателях.

В турбокомпрессоры с большим объемом часто устанавливают дополнительное кольцо с направляющими лопатками. Оно облегчает создание постоянного потока отработавших газов на роторе турбины и делает возможным регулирование потока внутри ее корпуса.

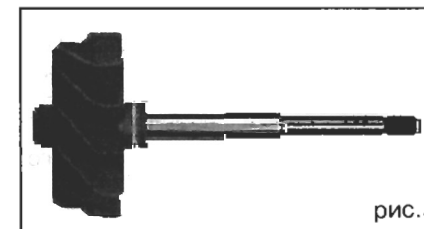


рис.5

(044) 206 2315, 451 8727
www.turbomag.com.ua

Корпус турбины отливается из сплава с высокой термостойкостью. Ротор турбины также изготавливается из высококачественных материалов, имеющих высокую температурную стойкость. Ту часть, через которую входят отработавшие газы, называют впуском, а идущую к выхлопной трубе – выпуском (рис.4).

На оси (рис.5) жестко крепится ротор турбины. Материал оси отличается от материала, используемого для ротора турбины. Сборка этого соединения осуществляется следующим способом. Ось и ротор, вращающиеся в противоположных направлениях на очень большой скорости, прижимают друг к другу. Выделяющееся при трении тепло сплавляет их друг с другом, образуя неразъемное соединение. Ось в месте соединения пустотелая. Эта пустота затрудняет передачу тепла от ротора турбины к ее оси. На оси со стороны турбины имеется углубление, в котором располагается уплотнительное кольцо. Рабочая поверхность радиальных подшипников упрочняется и полируется.

Выступающий бортик, на который будет запрессовано кольцо, обрабатывается с высокой точностью.

На более тонкий конец оси устанавливается ротор компрессора; там имеется резьба, на которую навинчивается предохранительная гайка для закрепления ротора. После того, как ось изготовлена, она должна быть отбалансирована с максимально возможной точностью, прежде чем она будет установлена в корпус.

2.1.2. Компрессор

Компрессор состоит из корпуса (рис.1) и ротора (рис.2).

Размеры компрессора определяются количеством воздуха, требуемого для двигателя, и скоростью вращения турбины. Ротор компрессора жестко закреплен на оси турбины и, следовательно, вращается с той же скоростью, что и ротор турбины. Лопатки ротора компрессора, изготавливаемые из алюминия, имеют такую форму, что воздух засасывается через центр ротора.

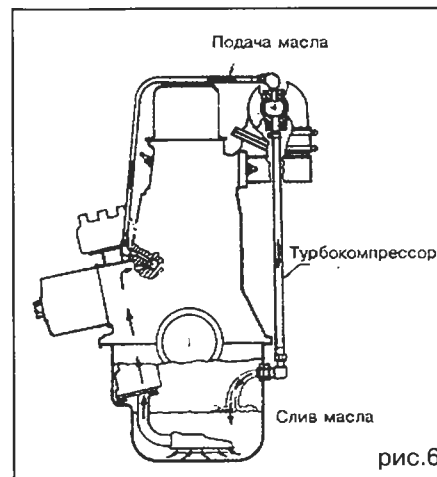
Всасываемый таким образом воздух направляется к периферии ротора и при помощи лопаток отбрасывается на стенку корпуса компрессора. Благодаря этому воздух сжимается и через впускной коллектор попадает в двигатель.

Корпус компрессора также изготовлен из алюминия.

2.1.3. Корпус оси

Смазка турбокомпрессора производится от системы смазки двигателя (рис.6).

Корпус оси образует центральную часть турбокомпрессора, расположенную между турбиной и компрессором. Ось вращается в подшипниках скольжения. Моторное масло по каналам проходит между корпусом и подшипниками, а также между подшипниками и осью. В большинстве турбокомпрессоров радиальные подшипники вращаются со скоростью, равной половине скорости оси.



В настоящее время появились конструкции, в которых подшипник неподвижен, а ось вращается в масляной ванне. Масло не только служит для смазки оси, но и охлаждает ее, подшипники и корпус.

Для уплотнения с двух сторон турбокомпрессора устанавливаются маслоотражательные прокладки. С двух сторон устанавливаются также уплотнительные кольца. Но, несмотря на то, что эти кольца помогают избежать утечек масла, они в действительности не являются уплотнительными прокладками. Их нужно рассматривать как элемент, затрудняющий утечку воздуха и газов между турбиной, компрессором и корпусом оси. В обычном режиме работы турбокомпрессора давление в турбине и компрессоре больше давления в корпусе оси. Часть газов из турбины и часть воздуха, сжатого в компрессоре, попадают в корпус оси и вместе с моторным маслом по сливному маслосоводу проходят в масляный картер двигателя.

На рисунке 7 показан путь, по которому проходит масло внутри корпуса оси турбокомпрессора Garrett T04B.

Все масляные уплотнения динамического типа, т.е. работают на принципе разности давлений:

1. Разница в диаметрах оси из-за действия центробежных сил образует разность давлений, что затрудняет просачивание масла к турбине.
2. Со стороны турбины уплотнительные кольца расположены в выточках (как в корпусе оси так и на самой оси). Этот же принцип установки колец применен и со стороны компрессора.

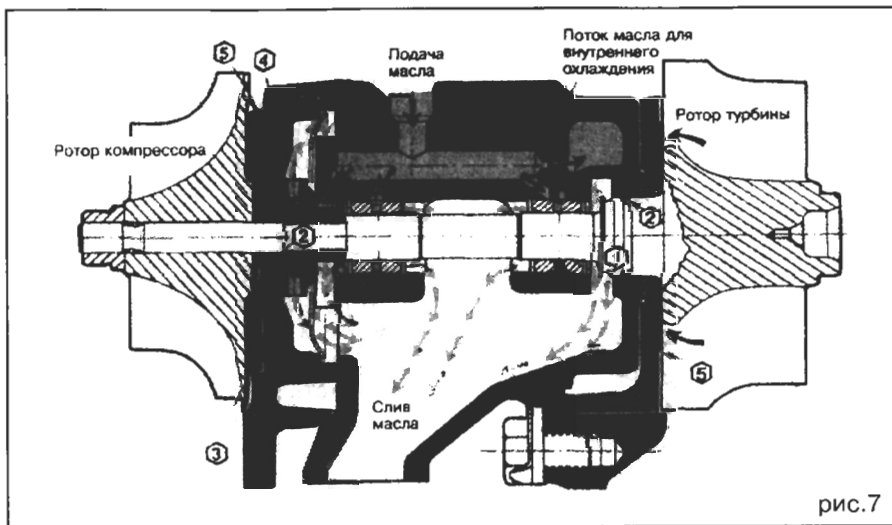


рис.7

Уплотнительные кольца являются элементом, играющим главную роль в обеспечении герметичности. Кроме того, они передают тепло с оси на корпус.

3. Уплотнительное кольцо вращается с той же скоростью, что и ось. Благодаря имеющимся в нем трем отверстиям создается противодействие маслу.

4. Внутренняя форма корпуса оси на уровне кольца герметичности весьма своеобразна с целью предотвращения просачивания масла к компрессору.

5. Давление в компрессоре и турбине вытесняет масло в корпус нагрузки, жидкость, отбрасываемая центробежной силой при размешивании наддува в двигателе с турбокомпрессором (т.е. когда давление турбокомпрессора близко к нулю) за ротором компрессора образуется небольшое разрежение. Естественно, при работе компрессора могут иметь место утечки масла из корпуса оси в компрессор. Скорость вращения оси турбокомпрессора может быть настолько высокой, что избежать утечек масла, используя обычные манжеты (устанавливаемые, к примеру, в коробке передач), невозможно.

Поэтому в корпус оси устанавливают несколько уплотнительных колец, используя разные методы для наиболее качественного уплотнения мест возможной утечки масла.

Вот некоторые из них:

- Механический сливной маслопровод турбокомпрессора Garrett.

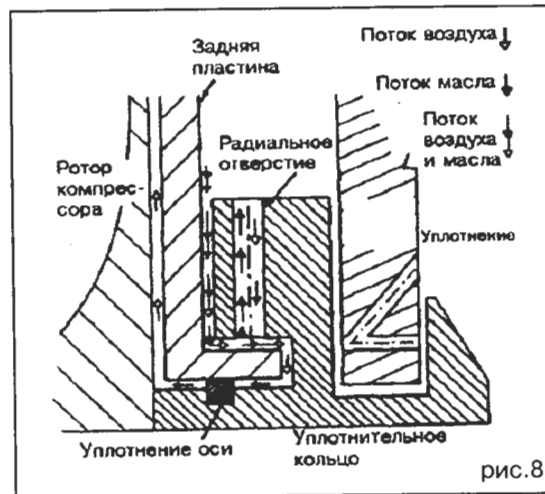


рис.8

В этом компрессоре главную роль при уплотнении играет уплотнительное кольцо (см. рис.8). Когда двигатель работает на малых оборотах либо без нагрузки, за ротором компрессора образуется область пониженного давления (разрежения). Масло и газы, которые находятся в корпусе оси, устремляются между задней пластиной и уплотнительным кольцом к компрессору.

Когда эта смесь проходит через отверстия кольца,

масло, более тяжелое, чем газы, отбрасывается к наружной стороне кольца, но остается в корпусе оси, в то время как газы продолжают свое движение в компрессоре.

Таким образом, уплотнительное кольцо, которое вращается на большой скорости вместе с осью турбокомпрессора, действует как центробежный сепаратор масла.

- Пластина для отвода масла.

Большинство производителей турбокомпрессоров в той или иной форме используют эту схему. Это неподвижная пластина, расположенная поперечно со стороны компрессора.

Как показано на рис.9, масло, идущее от уплотнительных колец, стекает по внутренней стороне пластины вниз, то есть к отверстию для слива масла. Верхняя часть этой пластины имеет такую форму, что она постоянно находится выше нормального уровня масла в корпусе.

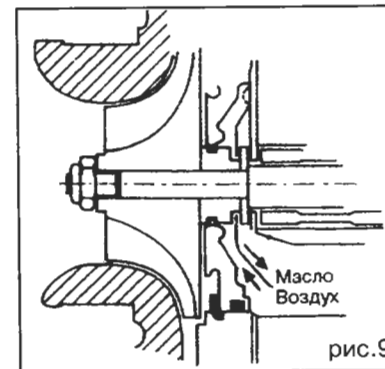
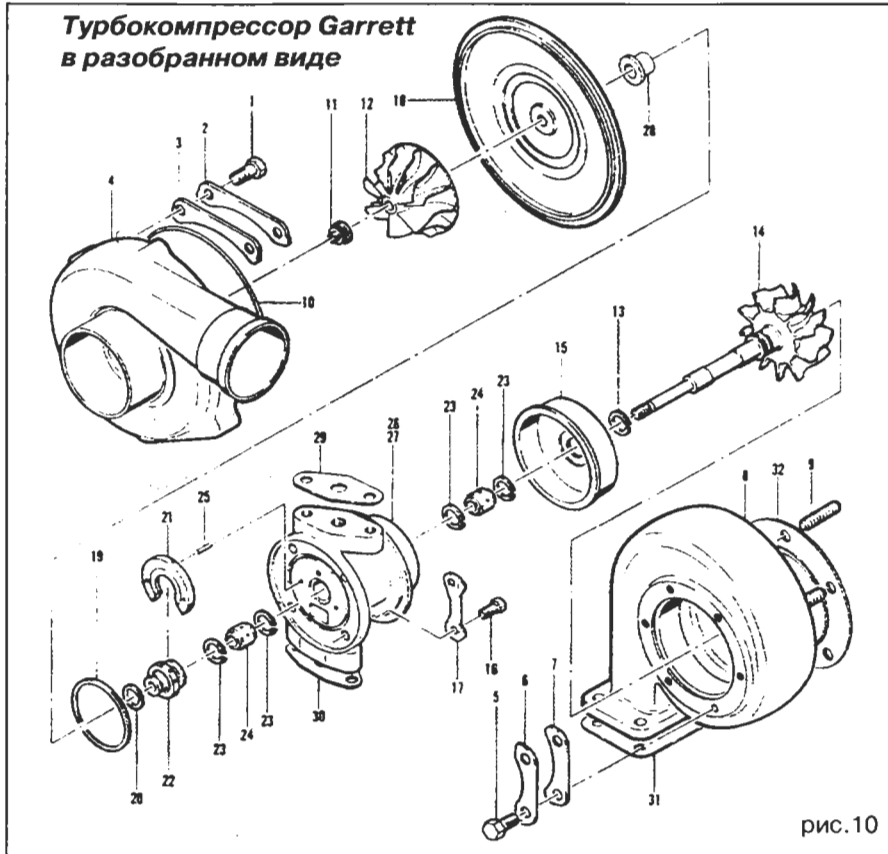


рис.9



В случае возможного образования разрежения в компрессоре газы засасываются легче, чем более тяжелое масло. Со стороны турбины проблема отвода масла не так важна, если принять во внимание, что в нормальных условиях давление в турбине всегда выше, чем в корпусе оси. При некоторых условиях эксплуатации может иметь место падение давления в турбине; в таком случае требуется установка пластины для отвода масла со стороны турбины.

Любая конструкция корпуса оси подразумевает также необходимость максимального снижения теплообмена между турбиной с уплотнительными кольцами и компрессором. С этой целью со стороны турбины устанавливается термоизоляционная прокладка, а в корпусе оси имеется множество элементов для теплообмена. Например, в турбокомпрессорах Garrett для дизельных двигателей с марта 1989 года используется корпус оси, имеющий ребра охлаждения.

2.2. Поиск неисправностей в турбокомпрессорах дизельных двигателей

На нормально работающем двигателе, который своевременно и качественно обслуживается, компрессор может безотказно работать в течение долгих лет.

Появление неисправностей может быть следствием:

- недостаточного количества масла;
- попадания в турбокомпрессор посторонних предметов;
- загрязненного масла.

Часто турбокомпрессоры снимают с двигателя без предварительной проверки необходимости этого. Ремонт турбокомпрессора можно производить, лишь убедившись в отсутствии неисправностей в двигателе. В большинстве случаев это позволяет избежать бесполезной замены турбокомпрессора.

Чаще всего встречаются следующие проявления неисправностей, связанных с турбокомпрессором:

- Двигатель не развивает полную мощность
- Черный дым из выхлопной трубы
- Синий дым из выхлопной трубы
- Повышенный расход масла
- Шумная работа турбокомпрессора

2.2.1. Низкая мощность двигателя, черный дым из выхлопной трубы

Оба признака являются следствием недостаточного поступления воздуха в двигатель, причиной чего может быть засорение канала подвода воздуха либо его утечка из впускного или выпускного коллектора.

Для начала нужно запустить двигатель, после чего прослушать шум, производимый турбокомпрессором. Имея некоторый опыт, можно довольно быстро определить утечку воздуха между выходом турбокомпрессора и двигателем по свисту, который возникает при этом. После этого проверьте, не засорен ли воздушный фильтр.

Проверьте (в случае необходимости) количество поступающего воздуха, пользуясь техническими данными производителя турбокомпрессора. Затем заглушите двигатель, снимите уплотнение между воздушным фильтром и турбокомпрессором и проверьте отсутствие засорения и повреждений этого канала. Если, несмотря на то, что все это в порядке, неисправность осталась, проверьте уплотнения турбокомпрессора, коллектор и крепление глушителя, чтобы убедиться, что там нет засорения или посторонних предметов.

Проверьте отсутствие трещин, затяжку гаек выпускного коллектора, отсутствие повреждений соединений и прокладок системы выпуска.

Теперь поворачивайте ось турбокомпрессора, чтобы установить, свободно ли она вращается, нет ли повышенного износа или повреждения ротора турбины или компрессора.

Обычно ось всегда имеет небольшой люфт, но если при вращении турбокомпрессора рукой ротор турбины и компрессора задевает или трется о корпус – налицо явный износ.

Если после проверки всех элементов неисправности не обнаружены, значит, падение мощности возникло не из-за турбокомпрессора. Необходимо искать неисправности в самом двигателе.

2.2.2. Синий дым из выхлопной трубы

Появление синего дыма является следствием сгорания масла, причиной которого может быть либо его утечка в турбокомпрессоре, либо неисправности в двигателе.

Прежде всего проверьте воздушный фильтр: любое препятствие на пути воздуха к турбокомпрессору может стать причиной утечки масла со стороны компрессора. В этом случае за ротором компрессора образуется разрежение, что вызывает засасывание масла из корпуса оси в компрессор.

Следующим этапом проверки будет снятие корпусов турбины и компрессора для проверки свободного вращения оси и отсутствия повреждений роторов.

Затем проверьте сливной маслопровод от турбокомпрессора к корпусу двигателя на отсутствие повреждений, сужений и пробок. Засорение этого маслопровода или повышенное давление в картере двигателя (в большинстве случаев вызываемое засорением системы вентиляции картера) приводит к тому, что масло из турбокомпрессора не возвращается в масляный картер двигателя. Проверьте, не повышено ли давление газов в картере. Используйте масло, рекомендуемое производителем для данного двигателя.

Не следует упускать из виду тот факт, что в масляный картер сливается не только масло – в нем присутствует также часть отработавших газов и сжатого воздуха из турбины и компрессора. В этой смеси на одну часть масла приходится 4-5 частей газов.

В последнюю очередь снимите выпускной коллектор двигателя и проверьте отсутствие следов масла. Если и эта проверка окажется успешной, ищите неисправность в двигателе.

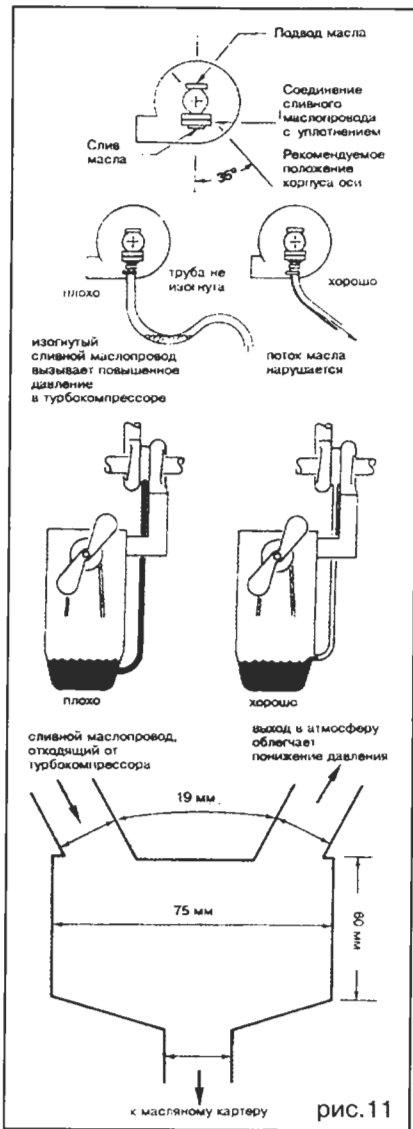
2.2.3. Повышенный расход масла (без синего дыма)

Проверьте воздушный фильтр, а затем крепления корпуса турбины турбокомпрессора и давление в нем. Оцените люфт оси турбокомпрессора, проверьте отсутствие следов износа от трения ротора компрессора и турбины о стенки соответствующих корпусов. Это обнаруживается по люфту оси турбокомпрессора.

Если ничего необычного не выявлено, следует искать неисправность за пределами турбокомпрессора.

Иногда постоянная утечка масла происходит через турбину турбокомпрессора при том, что она находится в исправном состоянии. Практика показывает, что "виноват" в этом засоренный сливной маслопровод или повышенное давление в масляном картере двигателя. Как уже разъяснялось выше, по этому маслу по проводу течет не только масло, но и большое количество газов. Идеальной формой для этого маслопровода была бы поэтому прямая труба, отходящая от турбокомпрессора и без изгибов идущая в масляный картер двигателя, вывод которой в картере располагался бы чуть выше нормального уровня масла в нем (рис.11).

Важным является также диаметр маслопровода.



В случае турбокомпрессоров небольшого размера, таких как Garrett T3, T04B или 3LD Holset-KKK-Shwitzer, диаметр маслопровода составляет 20 мм. Как говорилось выше, в идеале труба маслопровода должна прямую, без всяческих изгибов и горизонтальных частей, соединять турбокомпрессор с картером двигателя. Однако большинство сливных маслопроводов очень редко бывают подобной формы. При значительном износе двигателя возникают трудности со сливом масла.

2.2.4. Шумная работа турбокомпрессора

Проверьте все трубопроводы, находящиеся под давлением: вход и выход турбокомпрессора, систему выпуска. Проверьте легкость вращения оси турбины и отсутствие трения роторов турбины и компрессора и их повреждения посторонними предметами. Если установлено, что роторы трутся или повреждены, снимите и замените турбокомпрессор.

- Полностью снимите сливной маслопровод и трубку сапуна. Тщательно проверьте, не засорились и не пережаты ли они.

- Ни в коем случае не используйте герметик для крепления подающего и сливного маслопроводов турбокомпрессора. Большинство герметиков при контакте с горячим маслом растворяются в нем. Такое загрязненное масло может повредить подшипники и кольца турбокомпрессора.

- Очень часто остатки герметика вызывают засорение масляных каналов внутри турбокомпрессора.
- Не забудьте смазать турбокомпрессор перед его установкой.
- Промойте двигатель, замените масло, установите новые масляный и воздушный фильтры.

Следует обращать внимание на правильность вождения, особенности двигателя с турбокомпрессором (запуск и остановка двигателя) Если заглушить двигатель, работающий на высоких оборотах, турбокомпрессор продолжает вращаться без смазки, потому что давление моторного масла почти равно нулю. При этом повреждаются подшипники и кольца турбокомпрессора.

Кроме того, очень важно дать двигателю поработать на холостых оборотах минимум 30 секунд, прежде чем давать ему полную нагрузку (по тем же причинам, что и при остановке).

Нужно регулярно заменять масло и масляный фильтр, используя масло, подходящее для данного турбокомпрессорного двигателя.

Из данных таблицы (см. табл. 2.1) следует, что основными причинами неисправностей являются утечки воздуха и отработавших газов. С помощью таблицы можно найти участки, откуда может происходить утечка. Утечки всегда производят шум, и из-за потери газов или воздуха всегда снижается производительность турбокомпрессора, что, следовательно, уменьшает мощность двигателя. Недостаток воздуха может быть причиной черного дыма, выходящего из выхлопной трубы. Иногда, не найдя неисправности, шум можно устранить заменой турбокомпрессора.

Поиск неисправности на дизельном двигателе с турбокомпрессором.

1. Если двигатель не развивает полную мощность, и при его работе выделяется черный дым, необходимо проверить следующие элементы:

- воздушный фильтр,
- крепления воздухопроводов,
- выпускной коллектор, его уплотнения, систему выпуска,
- турбокомпрессор (следы трения роторов турбины и компрессора).

2. Если при работе двигателя выделяется синий дым и расходуется много масла, нужно проверить следующие элементы:

- воздушный фильтр;
- подшипники и уплотнительные кольца турбокомпрессора (отсутствие повреждений);
- турбокомпрессор (отсутствие засорения загрязненным маслом);
- трубу сливного маслопровода и сапун двигателя.

3. Если турбокомпрессор шумит при работе, следует проверить следующие элементы:

- крепления воздухопроводов;
- систему выпуска;
- подшипники (отсутствие повреждений из-за нехватки масла или загрязненного масла).

Таблица 2.1

Снижение мощности двигателя										Неисправности	
Черный дым из выхлопной трубы											
Возросший расход масла											
Синий дым из выхлопной трубы											
Шум при работе турбокомпрессора											
Неполное сгорание топлива											
Утечка масла в компрессоре											
Утечка масла в турбине											
Возможная причина										Способ устранения	
x	x	x	x	x						Засорен воздушный фильтр	Замените сменный элемент воздушного фильтра
x	x	x	x	x	x					Засорен канал подвода воздуха к турбокомпрессору	Очистите или замените канал
x	x									Канал отвода воздуха из компрессора засорен у впускного патрубка	Очистите или замените канал
x	x	x	x	x						Засорен впускной патрубок	Очистите или замените патрубок
x	x	x	x	x						Потеря герметичности между воздушным фильтром и турбокомпрессором	Устраните утечку, подтянув хомуты, или замените дефектные элементы
x	x	x	x	x	x					Утечка воздуха под уплотнением впускного патрубка	Замените уплотнение. Проверьте затяжку соединений
x	x									Засорен выпускной коллектор	Очистите коллектор
x	x									Засорена система выпуска	Очистите систему или замените дефектные элементы
x	x									Утечка отработавших газов под уплотнением выпускного коллектора	Замените уплотнение. Проверьте затяжку соединений
										Утечка отработавших газов из системы выпуска	Отремонтируйте или замените дефектный элемент
										Засорен сливной маслопровод турбокомпрессора	Очистите маслопровод, при необходимости замените
										Засорен сапун масляного картера двигателя	Очистите сапун
										Засорен или закоксован корпус оси турбокомпрессора	Замените моторное масло. Отремонтируйте или замените турбокомпрессор
x	x									Плохо отрегулирована система питания топливом	Отрегулируйте или замените дефектные элементы
x	x									Неправильная установка распределительного вала	Отрегулируйте положение вала или замените вал
x	x	x	x	x						Изношен двигатель	Отремонтируйте или замените двигатель
x	x	x	x	x	x					Внутренние неисправности в двигателе (поршни, клапаны)	Отремонтируйте или замените двигатель
x	x	x	x	x	x	x				Засорен компрессор	Очистите компрессор мягкой щеткой и внимательно осмотрите. Замените масло и масляный фильтр
x	x	x	x	x	x	x				Поврежден турбокомпрессор	Проверьте турбокомпрессор, установите причину неисправности, отремонтируйте или замените
x										Плохо отрегулирован регулятор давления	Проверьте правильность работы регулятора

2.3. Неисправности турбокомпрессоров

Существуют три главных причины повреждения турбокомпрессоров:

- недостаток масла;
- попадание посторонних предметов;
- загрязненное масло.

2.3.1. Недостаток масла

Первыми выходят из строя из-за недостатка масла подшипники. После выхода из строя одного или нескольких подшипников могут последовать другие повреждения, такие как трение роторов турбины и компрессора, износ уплотнительных колец. В худшем случае может даже треснуть ось турбины.

В нормальных условиях ось и подшипники работают при температурах 60–90°C.

В случае нехватки масла резко увеличивается теплоотдача на ротор турбины. Это тепло в совокупности с теплом, выделяющимся при трении в подшипниках, поднимает температуру оси до приблизительно 400°C, приводя к коксованию остатка масла и вызывая перегрев оси. Кроме того, перегреваются все подшипники и корпус оси. Последний деформируется, а материал подшипников наваривается на ось турбокомпрессора

2.3.2. Попадание посторонних предметов

Попадающие из двигателя обломки деталей, например, части клапанов или поршневых колец, вызывают серьезные повреждения ротора турбины.

Повреждения ротора компрессора могут быть вызваны множеством причин. Например, если во впускной канал компрессора попадает твердый предмет, края лопаток ротора компрессора сбиваются, а если мягкий (кусок ткани или резины) – гнутся.

Абразивные материалы, такие как песок или грязь, быстро сошлифовывают лопатки ротора компрессора.

Следствием этого явления будет также разбалансировка оси и роторов турбины и компрессора. После этого дальнейшие повреждения неизбежны..

Разбалансированный ротор может повредить подшипники. При скоростях вращения, достигающих 130.000 об/мин, даже легкий дисбаланс может увеличиться до огромных размеров.

2.3.3. Загрязненное масло

Турбокомпрессор смазывается фильтруемым маслом. При загрязнении масла происходят повреждения деталей. Поверхность оси поцарапана загрязнениями, содержащимися в моторном масле.

Кроме того, при этом быстро изнашивается рабочая поверхность подшипника. В данном случае рабочая поверхность в некоторых местах повреждена настолько, что даже каналы для подвода масла начинают закрываться.

В крайних случаях внутренняя и наружная поверхности подшипника стачиваются настолько, что полностью удаляется слой олова

Густое масло задерживается на внутренних перегородках корпуса оси и снижает герметичность, вызывая большие утечки масла. Густое масло может также закоксоваться под воздействием тепла и затем стать причиной последующих повреждений подшипников и уплотнений.

Загрязнения могут даже глубоко процарапать внешнюю поверхность подшипника. Для сравнения слева показан новый подшипник.

Что касается алюминиевых вкладышей, загрязнения могут задерживаться на их поверхности и вследствие этого вызывать значительные отложения на оси подшипника и в его корпусе.

Отложение закоксованного масла на роторе турбины может быть вызвано дефектом системы герметичности турбокомпрессора, загрязненным маслом в корпусе оси или оттоком масла в систему выпуска из-за сильного износа самого двигателя. Это может быть также вызвано повышенным давлением в масляном картере двигателя, засорением сливного маслопровода турбокомпрессора или загрязнением воздушного фильтра.

В заключение следует отметить, что всех вышеописанных неисправностей можно избежать при правильном и регулярном обслуживании двигателя.

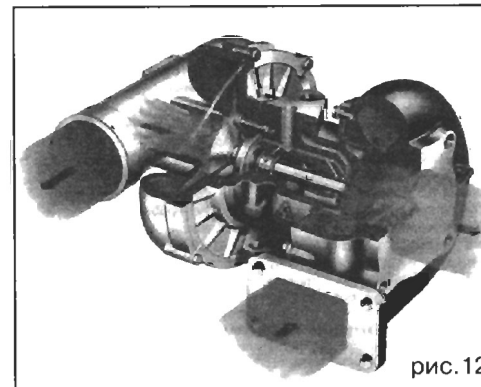
3. ТУРБОКОМПРЕССОРЫ АВТОМОБИЛЕЙ

3.1. Турбокомпрессоры для дизельных двигателей

3.1.1. Регулировка давления наддува

Мощность дизельного двигателя ограничена максимальным числом оборотов, равным приблизительно 5000 об/мин. Ее можно поднять, только увеличив рабочий объем двигателя или степень сжатия.

По соображениям ограничения массы и размеров автомобиля его оснащают как можно меньшим двигателем, который будет работать с максимальными оборотами, чтобы обеспечить требуемую мощность.



Дизельный двигатель работает в широком диапазоне чисел оборотов. Соответствие мощности турбины и нерегулируемого компрессора турбокомпрессора означает соответствие создаваемого последним давления энергии отработавших газов. Увеличивая мощность двигателя (например, нажимая на педаль акселератора), мы увеличиваем как количество отработавших газов, так и давление наддува.

Недостатком этой конструкции будет создание слишком высокого давления на максимальных оборотах. Повреждения двигателя избегают, ограничивая давление.

Принцип работы регулятора давления представлен на рис. 13,

Давление наддува в компрессоре воздействует на мембрану, которая прижимается пружиной. Когда сила сжатой пружины преодолевается,

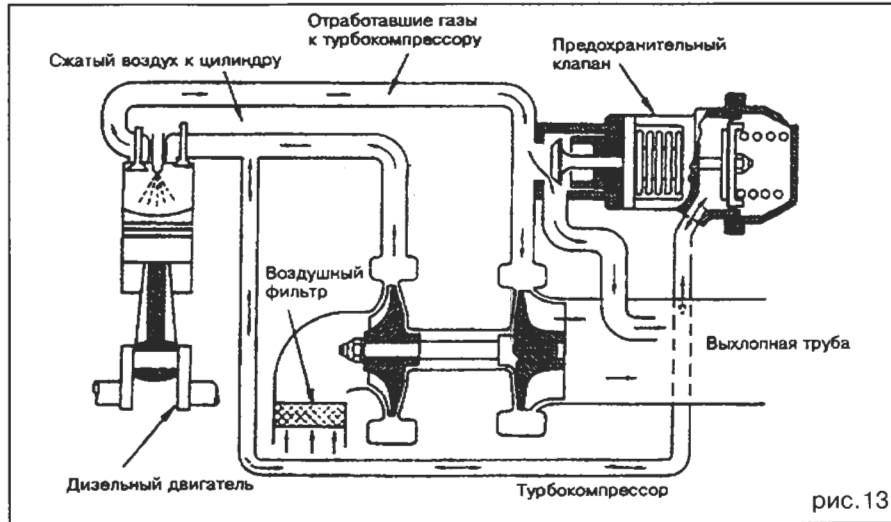


рис. 13

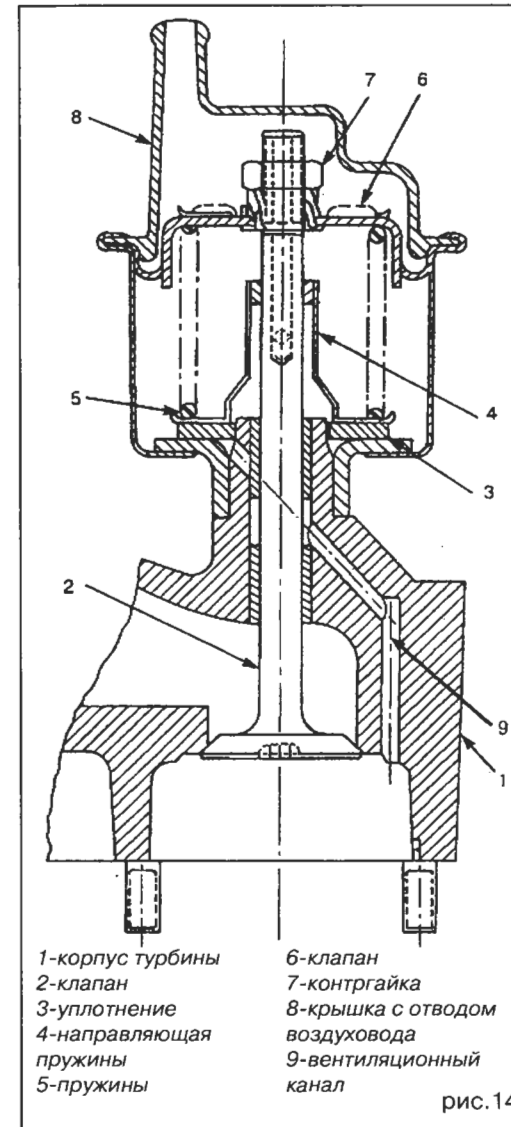
открывается регулировочный клапан, уменьшая поток отработавших газов через турбину и удерживая таким образом давление наддува ниже определенного предела, при превышении которого двигатель был бы поврежден.

В турбокомпрессорах для дизельных двигателей этот клапан почти всегда встроен в корпус турбины. Этим достигается компактность конструкции и точность работы.

На рис. 14 представлен в разрезе регулировочный клапан фирмы Garrett. Верхняя часть стержня клапана полая. Эта полость заканчивается на середине стержня боковым отверстием.

Обычно давление во впускном трубопроводе над мембраной выше давления в корпусе. Вот почему более холодный воздух из компрессора циркулирует по полости в стержне к точке крепления стержня в корпусе турбины и затем по вентиляционному воздухопроводу к корпусу турбины. Крышка мембраны зажата на корпусе клапана таким образом, что на практике никакая регулировка усилия пружины невозможна. Если предохранительный клапан не работает как надо, корпус турбины вместе с клапаном должен быть заменен полностью.

На рисунке 15 представлены разрез и схема работы предохранительного клапана фирмы KKK.



- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1-корпус турбины | 6-клапан |
| 2-клапан | 7-контргайка |
| 3-уплотнение | 8-крышка с отводом воздуховода |
| 4-направляющая пружины | 9-вентиляционный канал |
| 5-пружины | |

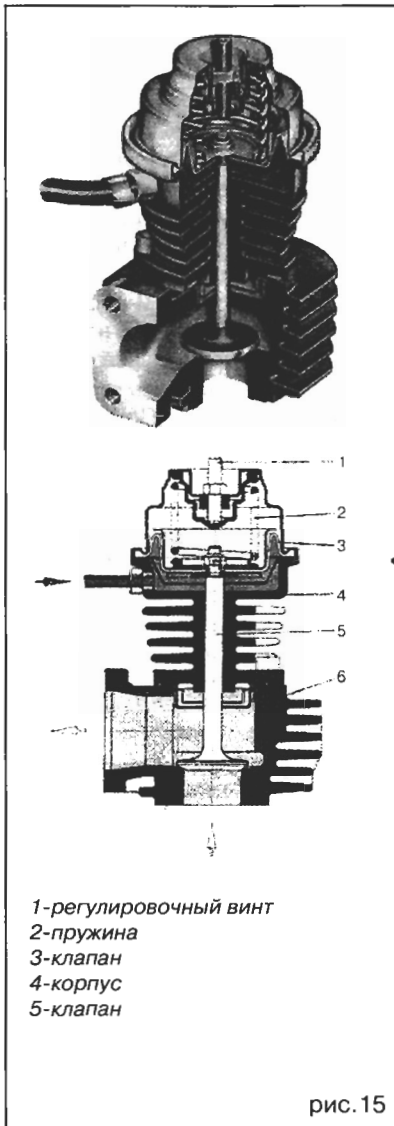
рис. 14

Этот клапан также может быть встроен в выхлопную трубу, как отдельно от корпуса турбины, так и в ней.

Чтобы максимально уменьшить передачу тепла, встраивают множество теплоизоляционных элементов. Кроме этого, корпус клапана имеет ребра охлаждения, которые поглощают тепло и рассеивают его в окружающий воздух.

Давление наддува можно также регулировать со стороны компрессора. При определенном давлении регулировочный клапан открывается и выпускает часть воздуха в атмосферу или во впускной трубопровод перед компрессором. Эта система, правда, имеет два недостатка. Во-первых, выпускаемый воздух имеет повышенную температуру, поэтому термодинамические преимущества турбокомпрессора уменьшаются.

Во-вторых, если давление регулируется только компрессором, требуется слишком большая турбина, чтобы в любой момент времени обеспечить нужную производительность компрессора. Это вызывает увеличение времени реакции на нажатие педали акселератора, поскольку турбокомпрессор срабатывает с запаздыванием.



1-регулирующий винт
2-пружина
3-клапан
4-корпус
5-клапан

рис. 15

На практике клапан у компрессора используется как дополнительная защита от повышения давления совместно с регулятором давления наддува.

3.1.2. Корпус оси

С уменьшением размеров турбины и компрессора общая величина современных турбокомпрессоров также уменьшается. При этом турбина располагается все ближе к компрессору.

Передача тепла от турбины к компрессору по оси и корпусу оси неблагоприятно сказывается на надежности и долговечности корпуса, а также ухудшает теплоотдачу турбокомпрессора: воздух должен быть как можно более холодным, поскольку холодный (более плотный) воздух содержит больше кислорода, чем горячий.

В ходе развития турбокомпрессоров для автомобильных дизельных двигателей конструкторы постоянно искали новые возможности воспрепятствования передаче тепла. При изготовлении корпуса оси стали встраивать большее количество термокомпенсационных элементов, увеличили количество содержащегося в корпусе масла.

Так, фирма Garrett изготовила "морщинистый" корпус оси, разработанный специально для автомобильных двигателей. Этот корпус устанавливается на турбокомпрессоре T3 той же фирмы. Благодаря особой форме корпуса достигнуто снижение темпера-

(044) 206 2315, 451 6474
www.turbomag.com.ua

туры на его внутренней поверхности, при этом пиковые температуры снижены:

а) усилением вентиляции вокруг основания турбины, что значительно улучшает циркуляцию масла и отвод тепла;

б) увеличением размеров металлических деталей, чтобы ускорить поглощение тепла;

в) использованием охлаждающих ребер для улучшения отвода тепла от основания турбины.

3.2. Турбокомпрессоры для бензиновых двигателей

Принцип работы турбокомпрессоров для бензиновых автомобильных двигателей такой же, что и для дизелей общего применения. Поэтому данная глава должна рассматриваться – как продолжение предыдущих описаний турбокомпрессоров для дизелей общего применения и автомобильных двигателей.

В случае установки турбокомпрессора на бензиновый двигатель возникают специфические требования.

3.2.1. Обеспечение герметичности масло-газовых каналов турбокомпрессора

Предотвращение утечек масла со стороны компрессора в случае с бензиновым двигателем иногда намного сложнее, чем в случае с дизелем, особенно если дроссельная заслонка установлена перед турбокомпрессором. В этом случае в компрессоре образуется сильное разрежение, из-за чего масло засасывается в корпус. Фирма Garrett разработала уплотнительное кольцо из карбона, которое применяется на автомобильных турбокомпрессорах T2, T25 и T3. Карбоновое уплотнительное кольцо прижимается к обратной стороне крыльчатки компрессора и обеспечивает герметизацию. Правда, часть механической энергии турбокомпрессора при этом теряется. Такая конструкция используется только в том случае, если это действительно необходимо.

Высокая герметичность, обеспечиваемая кольцом со стороны компрессора, необходима также, если перед входом турбокомпрессора образуется топливно-воздушная смесь. В этом случае герметичность

(044) 206 2315, 451 8727
www.turbomag.com.ua

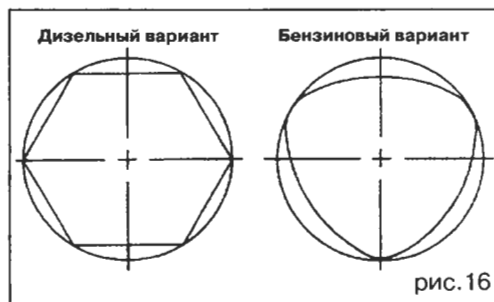
должна предотвратить попадание смеси через корпус оси в картер двигателя, что могло бы вызвать пожар или повреждение последнего.

В тех случаях, когда высокая герметичность не требуется, используют ту же систему уплотнений, что и в компрессоре для дизельного двигателя.

В сравнении с дизельным двигателем, температура отработавших газов бензинового двигателя более высокая, поэтому необходимы дополнительные меры по теплоизоляции.

3.2.2. Качество материалов турбины

Корпус турбины, так же как и ее ротор, изготавливается из материалов повышенного качества, отличающихся высокой жаростойкостью. Некоторые типы роторов турбин для турбокомпрессоров бензиновых двигателей по своей форме и технологии изготовления идентичны предназначенным для небольших дизельных двигателей.



Чтобы избежать возможных ошибок при идентификации, фирма Garrett ввела отличительный признак: специальную форму торца ротора (рис. 16).

3.2.3. Регулировочный клапан

При разработке регулировочного клапана учитывается повышенная температура в турбине. При установке клапана непосредственно на корпус турбины передача тепла от клапана к мембране исполнительного механизма настолько велика, что мембрана повреждается.

Существуют два решения проблемы. Во-первых, можно отодвинуть клапан от турбины. Это решение использует фирма ККК, потому что оно вдобавок позволяет сделать регулировку более точной. Но это также и наиболее дорогой вариант, из-за чего его можно использовать только на автомобилях высшего класса. Другое решение – это совершенно иная конструкция, не использующая регулировочные клапаны. Простой тарельчатый клапан заменяется заслонкой, расположенной в системе выпуска, которая приводится в действие мембраной, соединенной с компрессором.

Управление происходит через тяги, что является препятствием для

передачи тепла к мембране, чем исключается ее повреждение. Недостатком такой системы тяг является то, что между отдельными элементами может существовать люфт. Поэтому при регулировке клапан будет работать с некоторым допуском. На практике чаще всего используют именно это решение, потому что такая конструкция легче, более компактна, а также дешевле.

3.2.4. Охлаждаемый корпус оси

Корпус оси претерпел множество изменений. Прежде всего, был увеличен объем для масла в корпусе оси и встроены температурные элементы между турбиной и компрессором.

Следующим этапом разработки стало увеличение массы металла одновременно с появлением наружных охлаждающих ребер.

Тем не менее, опасность переноса тепла от турбины к корпусу оси оставалась высокой, особенно при работе на больших оборотах.

При остановке двигателя и прекращении циркуляции масла прекращается и отвод тепла. Остаток масла в корпусе оси закоксовывается, и эти отложения повреждают корпус. Чтобы решить эту проблему, были разработаны корпуса, охлаждаемые одновременно и маслом, и водой.

Система водяного охлаждения корпуса оси соединена с системой охлаждения двигателя. Так как последняя имеет замкнутый тип, корпус даже после остановки двигателя содержит охлаждающую жидкость. Кроме того, для кратковременного продолжения циркуляции жидкости после остановки двигателя дополнительно может быть встроена небольшой насос. Таким образом, чрезмерное тепло после остановки двигателя может быть отведено.

4. ПРОДОЛЖЕНИЕ РАЗВИТИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

4.1. Уменьшение размеров

Для борьбы с инерционностью наддува (замедленным временем реакции на нажатие педали акселератора) при резком ускорении конструкторы турбокомпрессоров уменьшают размеры турбин и увеличивают скорость их вращения.

Фирмой KKK разработаны новые модели турбокомпрессоров (K-14, K-13, K-12, K-04, K-03) взамен более старой K-24.

Турбокомпрессоры K-14, производящиеся с 1984 года (кроме прочих, они устанавливались на автомобили концерна VW: Golf, Passat и Transporter), представляют собой развитие конструкции K-24.

Турбокомпрессор K-24 весит 8,1 кг, а диаметр его ротора равен 60 мм, в то время как турбокомпрессор K-14 весит всего 4,9 кг, а диаметр его ротора равен 50 мм. Ротор турбокомпрессора K-24 весит 0,298 кг, а K-14 - только 0,191 кг. Это дает уменьшение инерционных сил на 40% и приводит к уменьшению времени срабатывания на целую секунду.

Фирма Garrett также усовершенствовала свои турбокомпрессоры: от более старых T-3 - к T-2, и от T-25 - к T-15, причем последний весит всего 3,3 кг и имеет диаметр ротора 43 мм.

Причина стремления к постоянному уменьшению размеров турбокомпрессоров не ограничивается только соображениями инерционности наддува, но заключается также и в том, что турбокомпрессор и систему промежуточного охлаждения подающегося воздуха все чаще рассматривают как единое целое. В то же время производители автомобилей стремятся использовать малогабаритные двигатели для того, чтобы иметь возможность улучшения аэродинамических форм своих машин. Нужно также принимать во внимание необходимость размещения дополнительных устройств, повышающих комфорт водителя и пассажиров. Использование ныне обязательных катализаторов и уловителей сажи также требует дополнительного пространства, поэтому под капотом современного автомобиля становится просто-напросто тесно, и все, что устанавливается там, должно иметь минимальные размеры.

4.2. Использование керамических материалов

Чтобы иметь возможность более эффективно использовать тепловую энергию, конструкторы стали использовать новые материалы для внутренних деталей двигателя для снижения потерь тепла на систему охлаждения. Это неразрывно связано с постоянно возрастающими температурами отработавших газов в современных автомобилях, доходящими до 1250°C.

Поскольку турбокомпрессор использует часть этой тепловой энергии своей турбиной, он тоже должен выдерживать эти повышенные температуры.

Преимущества керамического ротора турбины следующие:

- большая температурная устойчивость (свыше 1200°C);
- значительно меньший вес (всего лишь 10% от массы металлического ротора);
- меньшая инерционность (ускоряется минимум в два раза быстрее, чем металлический);
- возможность уменьшения толщины стенок корпуса турбины и их массы;
- возможность модификации всего корпуса. Корпус уже не должен быть массивным, чтобы выдерживать удары отколовшихся частей ротора турбины;
- меньший коэффициент температурного расширения, чем у металлического ротора (при температуре 900°C линейное расширение не превышает 20% от расширения металлического ротора). Кроме того, он хуже поддается деформации. Поэтому расстояние между лопатками ротора турбины и стенкой ее корпуса может быть уменьшено, что делает турбину более эффективной.

Трудности, возникающие на пути создания керамических роторов, - это хрупкость материала, неустойчивость к воздействию микроскопических частиц, усложненный производственный контроль качества.

В настоящее время испытываются различные варианты соединения металлической оси с керамическим ротором турбины. Сварка двух различных материалов представляет ряд трудностей. Существуют также конструкции вала и ротора, состоящие из одной керамической детали.

Кроме исследований керамических роторов турбины, разрабатываются

также корпуса турбины с внутренним керамическим покрытием.

Для борьбы с микроскопическими твердыми частицами в отработавших газах фирмой Garrett создан корпус турбины с сепаратором и собирающей емкостью для этих частиц.

4.3. Изменяемая геометрия

Регулируемое сечение корпуса турбины – идеал, к которому стремились, начиная с установки газовой турбины на автомобиле Chrysler в 1958 году.

Интерес к турбине с изменяемой геометрией заключается в том, что она снижает до минимума инерционность и позволяет турбине оптимально работать на повышенных оборотах или при максимальной нагрузке, причем регулировочный клапан не нужен.

До недавнего времени все попытки создания подобной турбины были безуспешны из-за отсутствия подходящих материалов и технологических ограничений при производстве.

В настоящее же время почти все производители турбокомпрессоров представили свои системы с изменяемой геометрией.

Так, фирма Garrett предлагает турбину с регулируемым сечением T25-VNT с ротором, имеющим дополнительные подвижные лопатки, с помощью которых регулируется поток отработавших газов, как на низких, так и на высоких оборотах двигателя.

Существует также другая конструкция – Garrett T25-VAT. Она имеет единственный подвижный лепесток в канале турбины, который уменьшает сечение и, соответственно, поток газов на низких оборотах. На более высоких оборотах лепесток полностью убирается, чтобы максимально использовать производительность турбины.

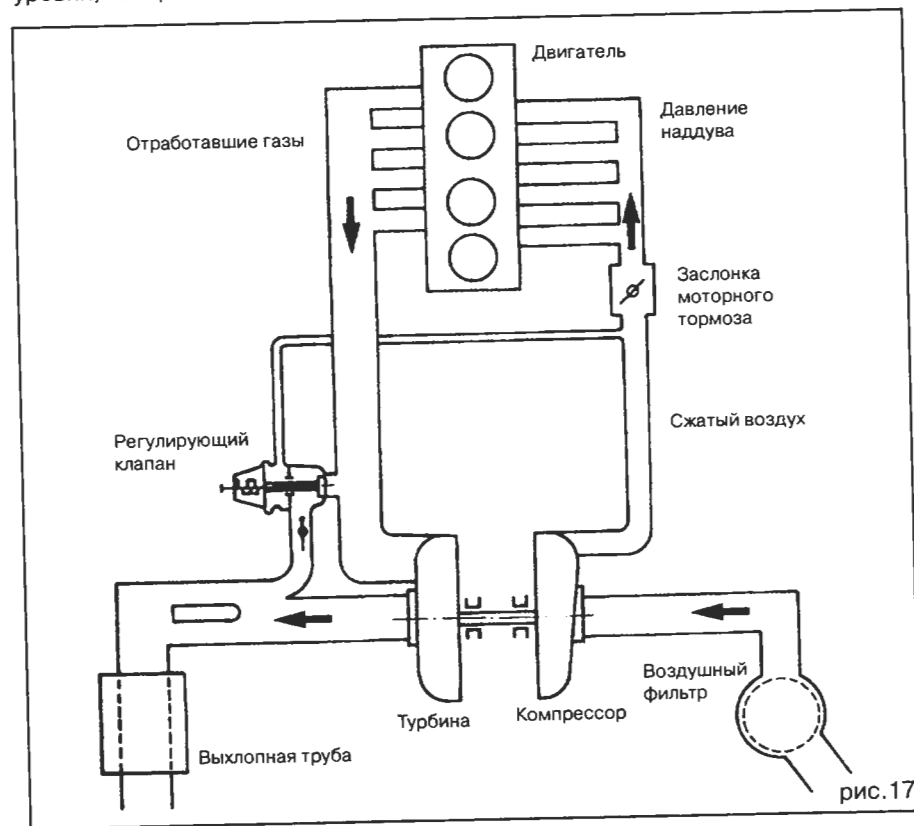
В обеих системах может быть установлен предохранительный клапан для предотвращения перегрузки.

Фирма KKK заявила о начале выпуска надежного и дешевого турбокомпрессора с изменяемой геометрией. В этой конструкции лопатки не приводятся сложной внешней системой рычагов, а свободно колеблются на своих собственных осях таким образом, что максимальная производительность обеспечивается при любых режимах работы двигателя. Степень открывания лопаток ограничена регулировочным кольцом, а положение кольца определяется положением педали акселератора.

4.4. Электроника и турбокомпрессор

Разработка надежных предохранительных клапанов способствовала применению турбокомпрессоров на небольших двигателях.

На рис.17 представлена схема регулирования давления в обычном турбокомпрессоре. Давление наддува направляется к мембране, которая находится под давлением пружины. Когда давление преодолевается, предохранительный клапан открывается. Клапан отрегулирован так, что величина давления наддува находится ниже того уровня, который может вызвать повреждение двигателя.



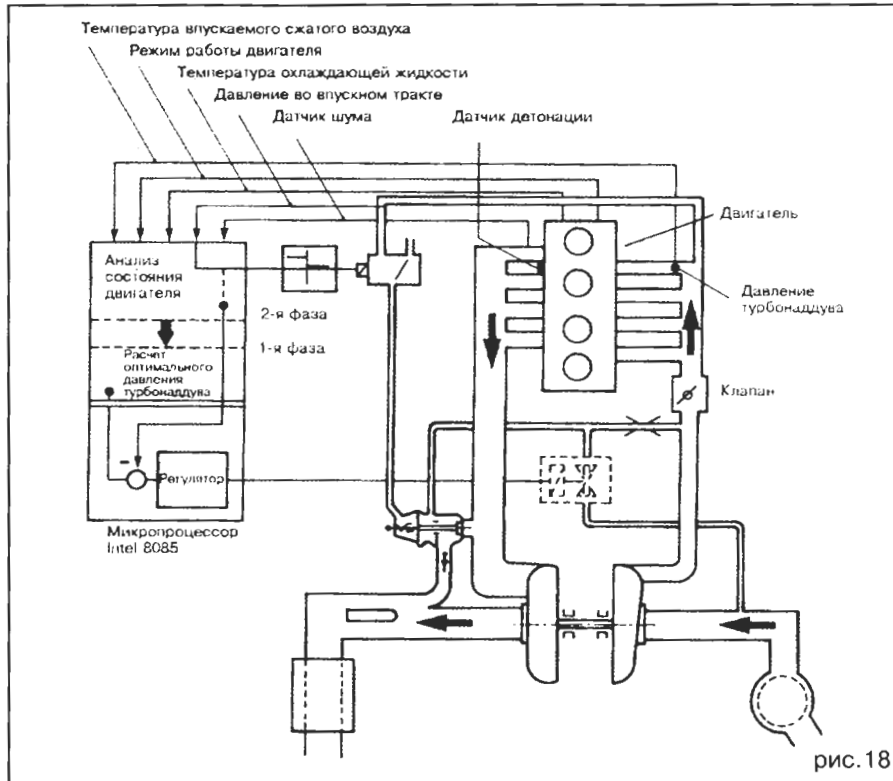


рис. 18

Эта механическая регулировка, тем не менее, не позволяет полностью использовать энергию отработавших газов.

Для удовлетворения постоянно возрастающих требований, которые сегодня предъявляются к автомобильной технике в области расхода топлива, чистоты отработавших газов и уровня шума, пришлось более критично рассмотреть вопрос управления работой двигателя. Именно поэтому, а также для регулирования давления наддува, в управлении работой двигателя были использованы микропроцессоры. Компьютерный контроль регулировки проходит в два этапа.

На первом этапе на основании определенного числа параметров, таких как температура охлаждающей жидкости, масла, впускаемого воздуха и

отработавших газов, анализируется состояние двигателя. Измеряются также число оборотов, положение педали акселератора и другие параметры. Все эти данные анализируются компьютером и используются для определения идеального в данных условиях давления наддува для двигателя.

На втором этапе это значение идеального давления передается на исполнительные устройства, которые регулируются также критические условия работы двигателя, в частности, детонация. Акустические датчики позволяют распознать самовоспламенение, насколько малым бы оно ни было. Давление наддува в этом случае понижается. Эта операция повторяется до тех пор, пока детонация не исчезнет. Когда детонация прекращается, давление наддува снова возрастает до первоначального значения. Компьютер также определяет идеальное давление наддува в случае повторяющейся детонации, возникающей, например, из-за использования низкокачественного топлива.

Естественно, что этот же компьютер может регулировать и другие параметры работы двигателя. На практике программа, в том виде, в котором она описана выше, составляет лишь часть программ, управляющих работой двигателя.

На рисунке 18 представлена схема работы регулятора давления наддува, управляемого компьютером.

Электромагнитный клапан получает электрический сигнал, который определяет время его открывания, и работает, соответственно, как регулятор давления наддува.

Таким образом, на мембрану воздействует не все давление наддува, а только его большая или меньшая часть, которая зависит от положения электромагнитного клапана.

При нажатой педали акселератора компьютер подает команду на закрытие клапана, и все отработавшие газы направляются в турбину, из-за чего давление наддува возрастает и двигатель развивает значительную мощность, что делает возможным резкое ускорение автомобиля. Как только желаемая скорость движения достигнута и больше не увеличивается водителем, предохранительный клапан снова открывается и давление наддува возвращается к своему обычному значению. Такое резкое повышение давления ("overboost") длится всего несколько секунд, и безопасность двигателя контролируется различными датчиками, которые при необходимости ограничивают давление.

5. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

5.1. Охлаждение наддувочного воздуха (intercooler)

Когда предмет сжимают, он нагревается. Воздух, сжатый турбокомпрессором, тоже нагревается и расширяется. Горячий воздух обладает меньшей плотностью и содержит значительно меньше кислорода, чем холодный; поэтому необходимо охладить воздух, так как большее количество кислорода означает большее количество сгоревшего топлива, т.е. двигатель развивает большую мощность.

По этой причине выходящий из компрессора сжатый воздух сначала проходит через радиатор, где охлаждается перед подачей в двигатель.

Подача в двигатель более холодного воздуха заметно снижает температурную нагрузку, что благоприятно влияет на его надежность и долговечность.

Существуют охладители типа "воздух/воздух" и системы, которые используют охлаждающую жидкость для охлаждения воздуха ("охлаждающая жидкость/воздух").

5.2. Турбокомпрессоры, устанавливаемые параллельно

В некоторых случаях (особенно на V-образных двигателях) производитель двигателя имеет возможность выбора между одним турбокомпрессором, подающим воздух для всего двигателя, или несколькими меньшими по размеру турбокомпрессорами, каждый из которых подает воздух в отдельный цилиндр. В последнем случае каждый турбокомпрессор приводится частью отработавших газов от группы цилиндров.

Два небольших турбокомпрессора быстрее вступают в работу благодаря своим меньшим роторам, и они обеспечивают лучшую реакцию на нажатие педали акселератора. Впускной и выпускной коллекторы для двух

небольших компрессоров будут короче и проще по конструкции, чем для одного большого.

С другой стороны, два малых турбокомпрессора, как правило, дороже одного большого. Кроме того, требуется согласование их работы.

Можно отметить, что кроме двойных турбокомпрессоров, используемых, например, на автомобилях Maserati и на двигателях V8 и V10 грузовиков Mercedes, этот тип системы существует в виде четырех турбокомпрессоров на один двигатель, например, на некоторых двигателях V16 Detroit Diesel, где устанавливается отдельный турбокомпрессор на каждые четыре цилиндра.

Серийные сдвоенные турбокомпрессоры

Невозможно получить хорошую производительность от стандартного турбокомпрессора, если давление наддува должно превышать 3,3 бар. Для этого пришлось бы разрабатывать иные типы турбин и компрессоров, которые намного сложнее, тяжелее и дороже используемых на обычных турбокомпрессорах.

Решение этой проблемы заключается в установке двух серийных турбокомпрессоров друг за другом, т.е. последовательно. Компрессор большего турбокомпрессора (низкого давления) всасывает чистый воздух через воздушный фильтр. Затем воздух сжимается и подается в воздухозаборник меньшего турбокомпрессора (высокого давления). Там воздух еще раз сжимается, после чего подается в двигатель. Отработавшие газы двигателя сначала попадают на турбину турбокомпрессора высокого давления, потом на турбину турбокомпрессора низкого давления и затем в систему выпуска.

Чтобы получить хорошую производительность этой системы, необходимо охлаждать воздух, и делать это как между первым и вторым турбокомпрессорами, так и между вторым турбокомпрессором и двигателем.

Эта система будет еще эффективнее, если в качестве турбокомпрессора низкого давления использовать турбокомпрессор с регулировочным клапаном. Это позволяет работать с меньшей (а значит, и более быстрой) турбиной, с лучшей реакцией на ускорение. Клапан контролирует давление и температуру в воздухозаборнике турбокомпрессора высокого давления, что позволяет обойтись без охладителя. Кроме того, мощность турбины высокого давления возрастает, когда открывается клапан турбины низкого давления.

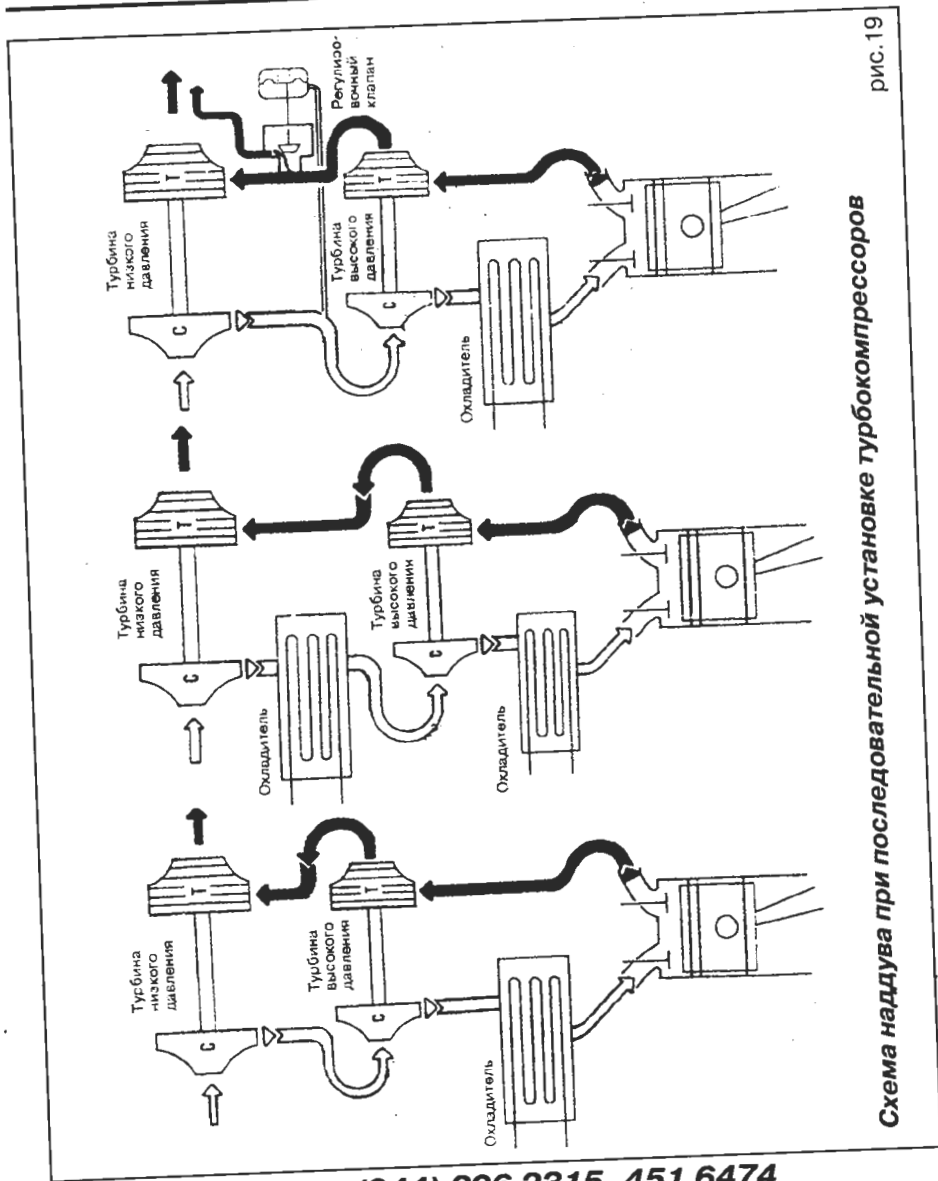


Схема надува при последовательной установке турбокомпрессоров

рис. 19

(044) 206 2315, 451 6474
www.turbomag.com.ua

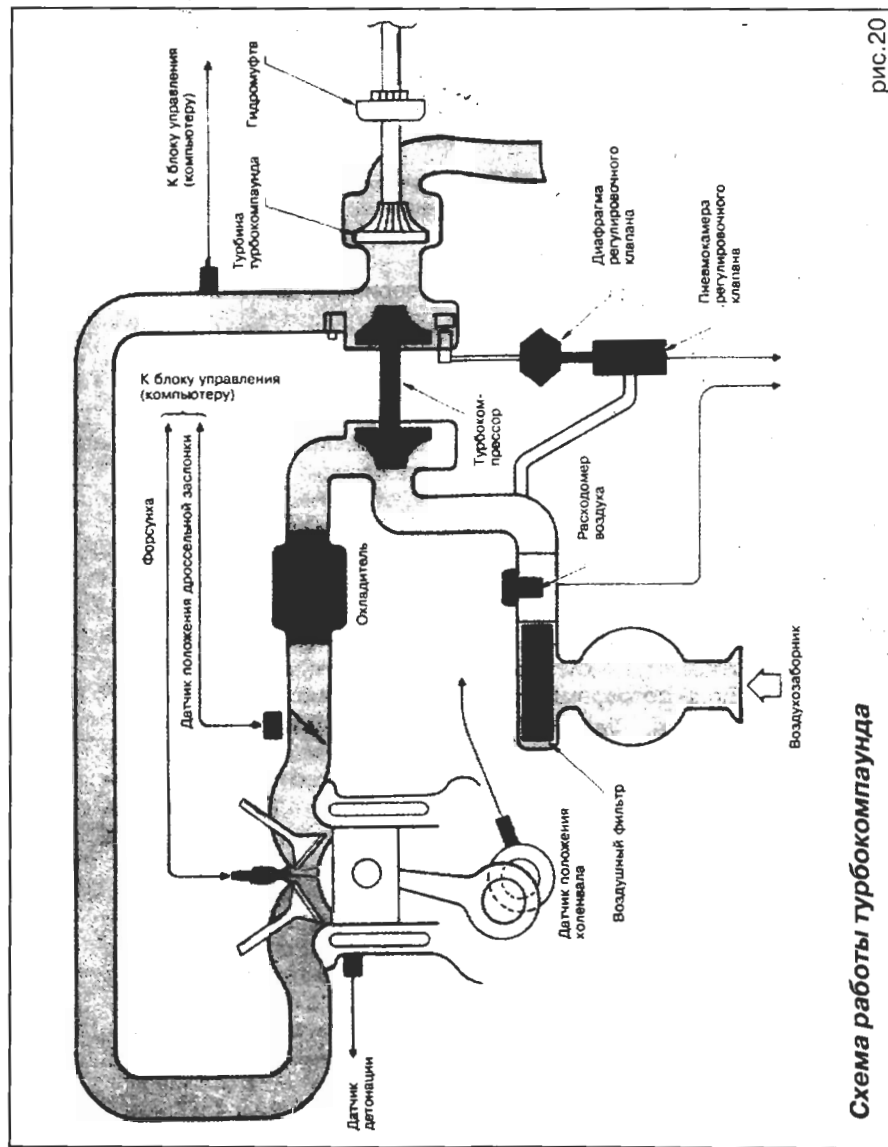


Схема работы турбокомпаунда

рис. 20

(044) 206 2315, 451 8727
www.turbomag.com.ua

5.3. Турбокомпаунд

Улучшение температурной отдачи двигателя - одна из важнейших задач в процессе модернизации двигателей внутреннего сгорания. В этой связи очень перспективным является турбокомпаунд. Поэтому многие производители двигателей работают в этом направлении; особенно это касается дизельных двигателей с рабочим объемом от 10 до 20л.

Принцип работы турбокомпаунда состоит в том, что отработавшие газы сначала приводят в действие одну турбину, а при выходе из нее - другую турбину, а затем уже отводятся в выхлопную трубу.

Вторая турбина не приводит в действие компрессор, а помогает вращать коленвал двигателя через гидромуфту и шестеренчатый редуктор.

Турбокомпаунд имеет хорошие перспективы, поскольку энергия отработавших газов будет снова приносить пользу. Вторая турбина дополнительно снижает температуру отработавших газов примерно на 100°C.

Турбокомпаунд уже используется в серийных двигателях концерна Scania.

6. СЖАТИЕ ВОЗДУХА МЕХАНИЧЕСКИМ КОМПРЕССОРОМ

В последнее время снова возрос интерес автопроизводителей к сжатию воздуха механическими системами (объемными компрессорами).

Сжатие воздуха при помощи механических систем - это альтернатива турбокомпрессорам для небольших двигателей.

Компрессоры, работающие по объемному принципу, работают с внутренней компрессией или без нее. Среди компрессоров с внутренней компрессией имеются, к примеру, всасывающие насосы-компрессоры, винтовые и с перегородкой. Примером компрессора без внутренней компрессии является компрессор Roots.

Все вышеописанные компрессоры, работающие на объемном принципе, обладают общими характерными особенностями, которые можно проанализировать, сравнивая их с диаграммой работы компрессора Roots.

- Круговые линии $p = \text{const}$ означают, что объем потока V лишь незначительно снижается при возрастании соотношения давлений p_1/p_2 . Уменьшение объемного потока объясняется утечкой воздуха через неплотности. Это зависит от соотношения давлений p_1/p_2 и от времени, а не от числа оборотов. Отсюда следует, что:

- Соотношение давлений p_1/p_2 не имеет никакого отношения к числу оборотов. Таким образом, уже при небольшом потоке можно получить значительное соотношение давлений.
- Объем потока V не зависит от соотношения давлений, но приблизительно прямо пропорционален числу оборотов.
- В любом режиме отсутствует неустойчивость. Компрессор может использоваться во всем диапазоне p_1/p_2 , определяемом размерами компрессора.



Использование новых износостойчивых материалов и новых технологий производства, позволяющих получить стабильное качество, вернули механические компрессоры на рынок. Так как механический компрессор приводится прямо от коленвала двигателя, он вызывает мгновенную реакцию на нажатие педали акселератора. Это особенно проявляется при низком числе оборотов.

Поскольку отработавшие газы не используются для привода компрессора, они могут быть отведены напрямую, что дает намного более низкую внутреннюю температуру двигателя. В случае колебаний давления наддува температура отработавших газов изменяется в случае механического компрессора меньше, чем у турбокомпрессора, что благоприятнее для работы катализатора.

Введение катализатора для небольших дизельных двигателей способствует применению механических компрессоров.

Действительно, сопротивление в системе выпуска неблагоприятно для турбокомпрессоров. С другой стороны, у турбокомпрессора имеются следующие преимущества: он компактнее, его масса меньше, его давление наддува проще регулируется, он менее шумный и более мощный на высоких оборотах. Поэтому есть двигатели, оснащенные одновременно и механическим компрессором, и турбокомпрессором, например, VOLVO D6A.

6.1. Компрессор Roots

Компрессор Roots – наиболее распространенный тип компрессора; он существует почти столько же, сколько и двигатель внутреннего сгорания. Роторы с механическим приводом, вращаясь, сжимают воздух, не касаясь друг друга и стенок корпуса.

Форма роторов и корпуса определяется их конструкцией, выбором материалов и износостойчивостью. Синхронизация вращающихся роторов осуществляется при помощи шестерен (вращающихся вне компрессионной камеры). Используя компрессор, подающий больше воздуха, чем может всосать двигатель, создают избыточное давление наддува, увеличивающее мощность двигателя.

Компрессор Roots имеет почти такой же "возраст", как бензиновый двигатель. Он был назван в честь своих изобретателей, братьев Руте.

Этот тип компрессоров имеет два таких недостатка, как тенденция к перегреву при торможении двигателем и излишняя подача воздуха при

работе двигателя на холостом ходу. В качестве решения первой проблемы был создан разгрузочный клапан, который разгружает компрессор, когда производится торможение двигателем.

6.2. Спиральный компрессор

В спиральном компрессоре имеется внутреннее давление. Реализация этого принципа была затруднена из-за сложности смазки движущихся спиралей. На сегодняшний день во всех компрессорах используются современные износостойчивые материалы, которым не требуется смазка.

Спиральный компрессор (в концерне VW он называется компрессором "G"), по типу используемой спирали, характеризуется низкими скоростями перемещения скольжения (при 10.200 об/мин – всего лишь 5,1 м/с), он герметичен благодаря использованию материала PTFE в бронзовом сплаве. Мощность компрессора увеличивают, изменяя ширину спиралей.

Принцип работы компрессора "G"

Рассмотрим работу компрессора "G". Для большей ясности будем рассматривать только работу спирали "а", хотя имеются две спирали "а" и "b" с одной стороны объемной спирали и еще две – с другой стороны. При каждом эксцентричном движении объемной спирали происходит четыре рабочих цикла:

а) С внутренней стороны объемной спирали "а", между спиралью и крышкой, впускается воздух. С наружной стороны спирали воздух проходить не может.

б) Когда ось объемной спирали поворачивается на 90°, объемная спираль "а" отклоняется от спирали, установленной на крышке. Внутрь засасывается больше воздуха, в то время как воздух с наружной стороны спирали прокачивается в направлении впуска в двигатель через отверстие "с".

в) При повороте спирали на 180° спираль "а" закрывает воздух со своей внутренней стороны, а воздух с наружной стороны может протекать. В центре продолжается перекачка воздуха к двигателю.

г) При повороте спирали на 270° происходит максимальное всасывание с внутренней стороны спирали "а", в то время как сжатый воздух, который находится с наружной стороны спирали "а", проходит к двигателю.

6.3. Компрессор Wankel

Фирма Wankel использовала один из своих вращающихся поршневых компрессоров для того, чтобы придать двухтактному двигателю требуемую мощность.

Для осуществления своего проекта "Ro" лицензию на производство такого компрессора приобрела фирма KKK. Это довольно оригинальная конструкция, которая позволяет создать внутреннее давление 1:12 при частоте вращения 12.000 об/мин. Сжатый воздух не очень горячий, и давление не пульсирует слишком сильно. Благодаря прямому механическому соединению с коленвалом двигателя наполнение цилиндров не происходит с запаздыванием при нажатии на педаль акселератора, что улучшает "эластичность" двигателя. "Эластичный" двигатель обладает большим крутящим моментом на низких оборотах. Но, несмотря на это, в настоящее время недостатки компрессоров такого типа все еще существенны: необходимо значительное пространство под капотом и создается высокий уровень шума при работе. Интересным такой компрессор делает тот факт, что его довольно легко можно адаптировать к размерам двигателя, изменяя длину компрессора.

Принцип работы компрессора KKK Ro (рис.22)

А) В этом положении воздух вытесняется из камеры 3.

В) В этом положении камера 1 имеет наибольший объем. В ней находится определенное количество воздуха. Камера 2 наполняется. Камера 3 пуста.

С) Проникновение внутреннего ротора

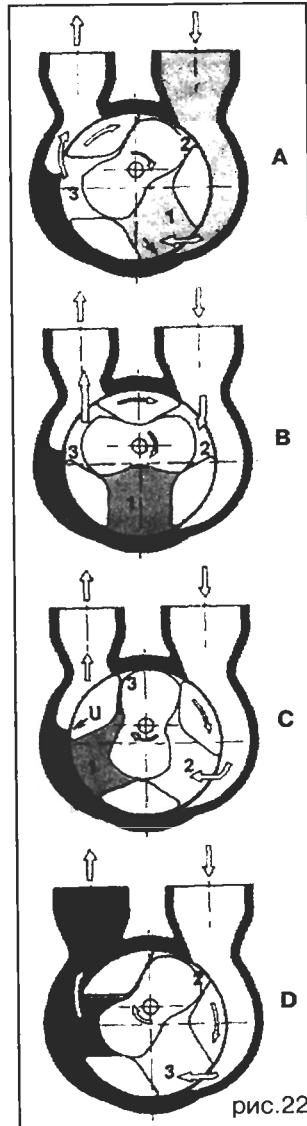


рис.22

уменьшает объем камеры 1. Расположение края отверстия 1) определяет степень сжатия. Камера 2 продолжает заполняться, а камера 3 готова к наполнению.

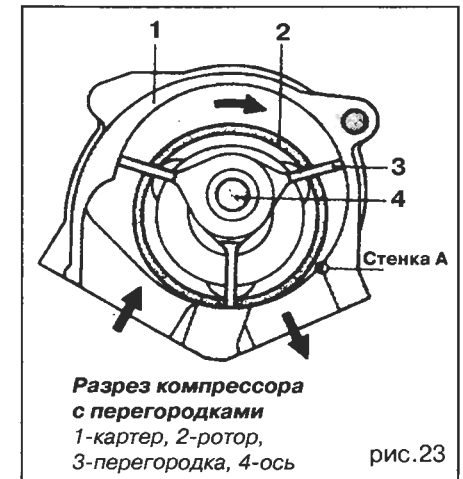
Д) Камера 1: выпуск сжатого воздуха во впускной коллектор двигателя, камера 2 находится в положении А и начинает наполняться.

Таким образом, сжатый воздух подается трижды за один оборот внутреннего ротора.

6.4. Компрессоры с перегородкой

Существуют два варианта этого типа компрессоров. В первом имеются перегородки, которые скользят в роторе со смещенным центром; эти перегородки закреплены в центре и не имеют контакта со стенкой корпуса. По причине эксцентricности ротора становится возможным изменение внутреннего давления. Для данного смещения центра степень этого сжатия (внутренней компрессии) определена путем перемещения края А в корпусе. Механический привод компрессора от двигателя обычно производится посредством ремня (клиновидного или зубчатого).

Привод может быть либо непосредственный, либо через электромагнитное сцепление. Передаточное число может быть либо постоянным, либо изменяемым во всем диапазоне чисел оборотов. Хорошо известным примером компрессора первого типа является компрессор Zoller, а второго типа – Shorrock, созданный в 1970 году. Над последним типом компрессора работали такие известные фирмы, как Pierburg и Vэндix. Конструкторы фирмы Pierburg полагают, что добавив к компрессору регулирующий клапан, можно получить лучшую производительность. Но такой клапан пока еще не используется на серийных компрессорах. Использование такого компрессора на бензиновых двигателях снижает потребление топлива на



Разрез компрессора с перегородками
1-картер, 2-ротор,
3-перегородка, 4-ось

рис.23

4%; выделение оксидов азота (NOx) также снижается из-за понижения температуры в камере сгорания. Если удастся осуществить регулирование на впуске в компрессор при помощи лепесткового клапана, можно будет избавиться от дроссельной заслонки и производительность увеличится еще больше.

6.5. Объемный компрессор Comprex

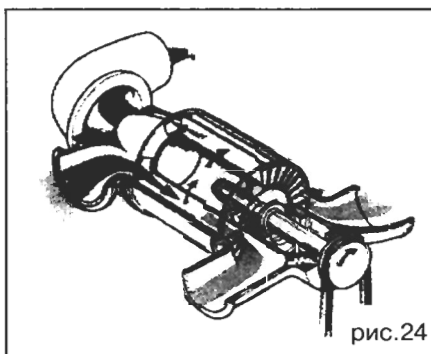


рис.24

Этот тип компрессора существует около 20 лет. Он появился в результате исследований в области газовых пульсаций, которые проводила швейцарская фирма BBC.

Компрессор Comprex – это динамическая газовая система с механическим приводом, которая позволяет осуществлять передачу энергии отработавших газов при помощи пульсаций давления.

Эта передача происходит в камерах ротора, который должен приводиться от двигателя плоским ремнем с целью возможности управления и поддержания процесса пульсации давлений. Передача энергии происходит в сотовом роторе со скоростью звука.

Работа температуры отработавших газов не зависит от числа оборотов двигателя. В случае неизменяемого передаточного числа между двигателем и компрессором с пульсацией давления процесс пульсации давлений будет оптимальным, в первую очередь, при определенном числе оборотов. Встраивая дополнительные камеры,

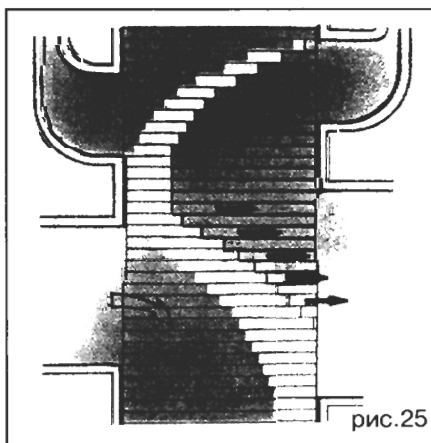


рис.25

растягивают зону лучшей производительности по оборотам, что улучшает характеристики наполнения под давлением.

Так как передача энергии в роторе осуществляется на очень высокой скорости, компрессор с пульсацией давлений быстро реагирует на изменение нагрузки. Время реакции определяется временем заполнения и прокачки впускных и выпускных воздухопроводов. Как указано выше, сотовый ротор компрессора с пульсацией давлений приводится от коленвала двигателя плоским ремнем. Для снижения шума стенки камеры ротора отличаются размерами. Сотовый ротор вращается в цилиндрическом корпусе, на торцах которого каналы для воздуха и отработавших газов располагаются таким образом, что питание воздухом под низким и высоким давлением находится с одной стороны, а подача и выпуск отработавших газов под низким и высоким давлением – с другой. Ротор вращается в одну сторону.

Подшипники соединены с системой смазки двигателя. Дизельные двигатели более приспособлены к этому типу компрессора, так как пульсации в сотовом роторе ограничивают число оборотов компрессора до 4500-5100 об/мин. Сильная сторона таких компрессоров – высокая производительность на низких оборотах. Благодаря прямому приводу от двигателя достигается мгновенная реакция на нажатие педали акселератора. Чем выше скорость движения, тем более заметна разница между этим компрессором и обычными компрессорами.

7. ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ

7.1. Замена турбокомпрессора

Если автомобиль нуждается в ремонте, а признаки указывают, что неисправность связана с турбокомпрессором, важно точно установить, поврежден турбокомпрессор или нет. Если точно установлено, что турбокомпрессор неисправен, нужно обязательно отыскать причину этого. Если ее не устранить, новый компрессор, установленный взамен неисправного, тоже выйдет из строя; иногда это происходит в первые же секунды после запуска двигателя.

Чтобы быть уверенным в качестве приобретаемого нового турбокомпрессора, рекомендуется покупать его у официальных дилеров производителя.

При самостоятельной установке турбокомпрессора следует выполнять приведенные указания:

- **Сливные маслопроводы:** снять и полностью прочистить. Убедиться в отсутствии вмятин, повреждений, пережатий. Случается, что шланги и резиновые патрубки через некоторое время разбухают изнутри, что затрудняет движение масла. В случае сомнений рекомендуется заменить резиновые части новыми деталями.
- **Сапун двигателя:** снять и полностью очистить. Нужно следовать тем же указаниям, что и для маслопроводов. Проверить, при необходимости заменить клапаны (если они есть). На сапуне часто устанавливают небольшой конденсатор масла. Его также нужно очистить и проверить.
- **Герметик:** не использовать жидкий герметик вокруг подающих и сливных маслопроводов. Большинство материалов этого типа могут растворяться в горячем масле, загрязняя его, что вызывает повреждение подшипников турбокомпрессора.
- **Масло и фильтр:** заменить масло в двигателе, а также воздушный и масляный фильтры.
- **Предварительная смазка:** перед окончательной установкой соединений системы смазки турбокомпрессор должен быть предварительно смазан через отверстие для подвода масла.
- **Запуск:** после установки турбокомпрессора запустите двигатель и

дайте ему поработать две минуты на холостом ходу. Затем постепенно увеличивайте число оборотов. Совершите пробную поездку.

Проверьте установку, чтобы выявить возможные утечки воздуха, отработавших газов или масла.

ЛЮБОЙ РЕМОНТ ТУРБОКОМПРЕССОРА ДОЛЖЕН ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МАСТЕРСКОЙ!

7.2. Основные производители турбокомпрессоров

Турбокомпрессоры Holset часто применяются для европейских дизельных двигателей мощностью от 100 до 500 кВт. Кроме автомобильных турбокомпрессоров, известен турбокомпрессор H этой фирмы, используемый на крупных промышленных дизелях.

Турбокомпрессоры фирмы KKK особенно распространены на европейских массовых дизелях и автомобильных двигателях. Разработка все более быстрых турбин и регулирующих клапанов, управляемых микропроцессорами, на десятилетия обеспечила будущее турбокомпрессорам модели K. Но, несмотря на это, компания постоянно разрабатывает альтернативные турбокомпрессоры, и лучший тому пример – компрессор Ro.

Турбокомпрессоры Schwitzer имеют хорошую репутацию на американском рынке дизелей, а появление серии S обеспечило захват значительной части и европейского рынка. Вместе с тем, многие производители по всему миру изготавливают турбокомпрессоры по лицензии Schwitzer.

Заводы компании Garrett имеются во многих странах мира. Эта фирма является одним из крупнейших мировых производителей турбокомпрессоров. Garrett также широко известен благодаря своим исследованиям в области газодинамики и материалов. Хорошим примером тому является турбокомпрессор с регулирующим давлением клапаном и водяным охлаждением подвижных частей; он успешно используется на многих новых автомобилях с бензиновыми двигателями. Известны и другие новшества: разработанный компанией керамический ротор на 60% уменьшает момент инерции турбины благо царя своему малому весу и может разогнаться до более чем 190.000 оборотов в минуту. А это означает уменьшение на 30%

соотношения "время/давление". Еще одно новшество – это турбины с изменяемой геометрией, которые могут регулировать прохождение газов по турбине, что дает значительные преимущества:

– уже на низких оборотах двигателя можно получить достаточное давление наддува с сохранением полной мощности до максимальных оборотов;

– давление наддува можно получить в более широком диапазоне оборотов двигателя без увеличения потребления топлива.

7.3. Дефекты турбокомпрессоров

7.3.1. Трещины на корпусе турбины

Трещины на корпусе появляются через определенное время эксплуатации у почти всех турбин турбокомпрессоров, независимо от их марки и области применения.

Особенно быстро эти трещины появляются на двигателях, которые подвергаются значительным нагрузкам, т.е. на большинстве автомобилей. И почти всегда эти трещины остаются незамеченными, потому что они не влияют на работу, эффективность и долговечность турбокомпрессора.

В других случаях (при неисправности двигателя) возникающие повреждения и щели, образующиеся в корпусе турбины, очень опасны и ухудшают работу турбокомпрессора.

На рисунках 26- ... показано, а ниже описано, какие трещины допускаются, а какие – нет, что позволяет использовать их при ремонте или предъявлении гарантийных рекламаций.

7.3.2. Трещины на

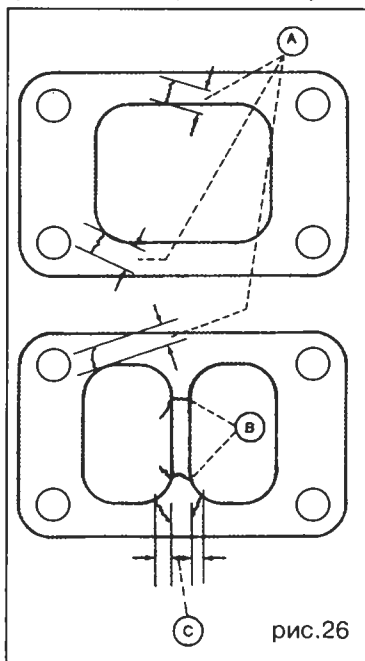


рис.26

фланце корпуса турбины и средней перегородке

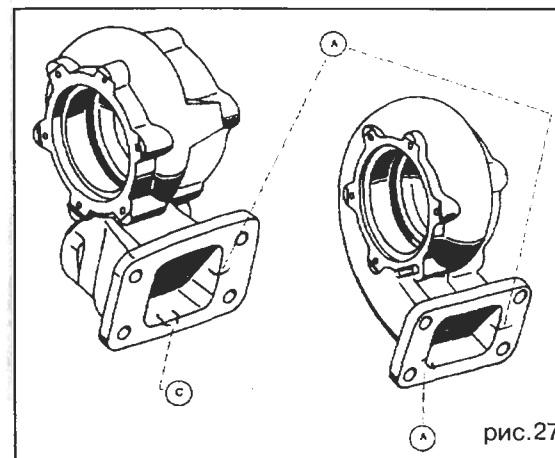


рис.27

При условии, что уплотняющая поверхность в порядке, следующие трещины не представляют опасности:

А) Трещины с максимальной длиной до 15 мм при условии, что максимальная длина по углам не превышает 6 мм.

В) Трещины на средней перегородке, даже если они проходят насквозь, при условии, что их длина не превышает 35 мм, а расстояние между двумя соседними трещинами составляет не менее 12 мм.

С) Две трещины, идущие навстречу, разделяющиеся минимум на 6 мм, длина каждой из которых не превышает 15 мм.

Д) Трещины любой длины в средней перегородке, даже если они проходят насквозь. Две трещины, идущие вдоль, разделяющиеся по всей длине на минимум 12 мм. Средняя перегородка не должна быть деформирована или покороблена.

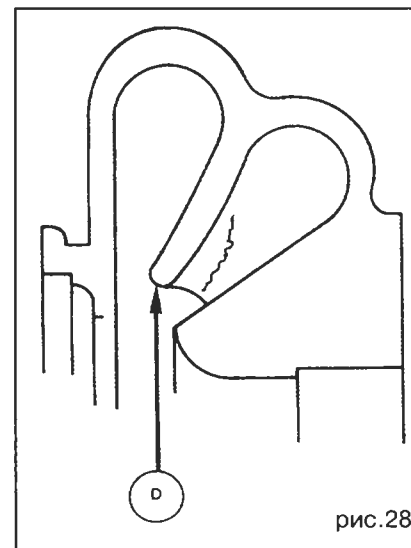


рис.28

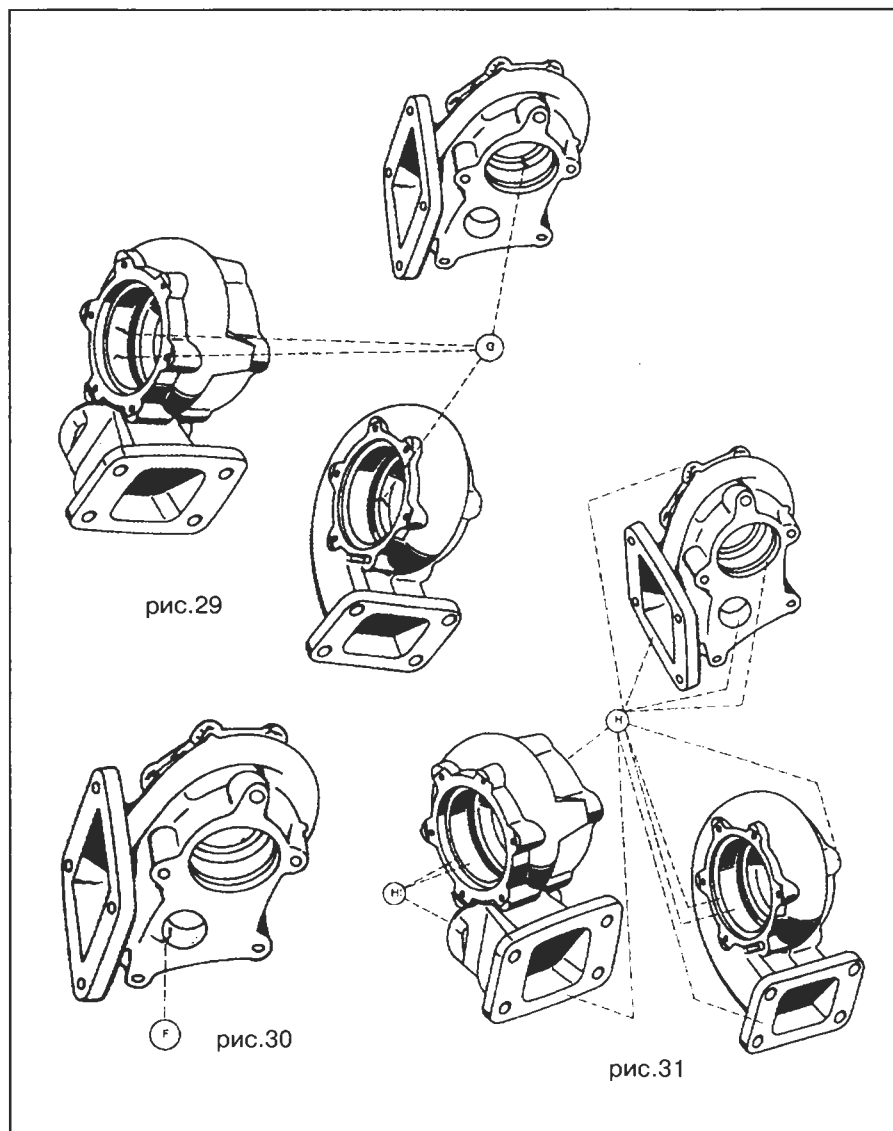


рис.29

рис.30

рис.31

(044) 206 2315, 451 6474
www.turbomag.com.ua

7.3.3. Трещины на внешней поверхности корпуса турбины

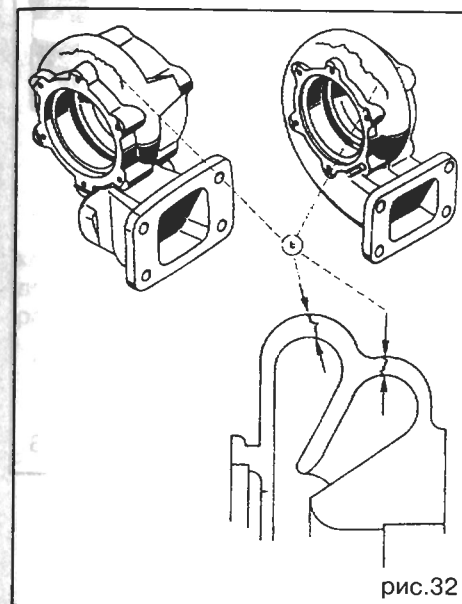


рис.32

Е) Трещины, которые пересекают поверхность вдоль обратной стороны корпуса турбины, недопустимы.

7.3.4. Трещины в седле клапана

Ф) Трещины в седле клапана длиной до 10 мм. Проверить, не проходит ли трещина поперек рабочей поверхности. Недопустимы также признаки утечки.

Г) Трещины длиной до 10 мм в корпусе турбины возле отверстия для ротора при условии, что уплотняющая поверхность в порядке.

Н) Все края соединений и все поверхности не должны быть деформированы и иметь утечки.

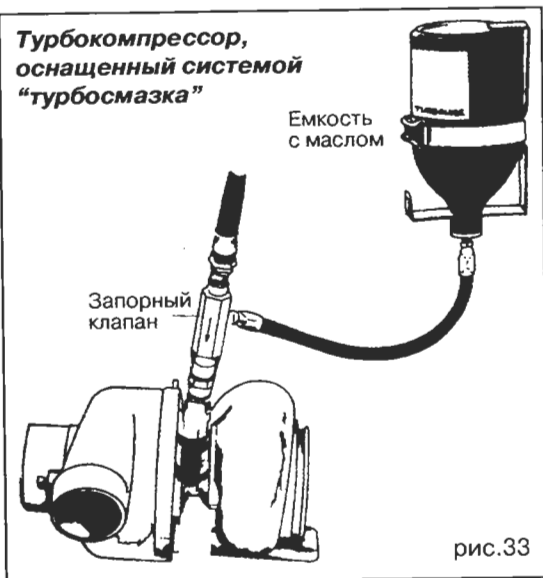
7.4. Система "турбосмазка"

Одной из главных причин поломки турбокомпрессоров является прекращение циркуляции масла в момент остановки двигателя. Особенно часто это случается, когда заглушается двигатель, работавший с полной нагрузкой (при этом ротор турбокомпрессора вращается со скоростью более 100.000 об/мин), и ротор продолжает вращаться еще долгое время. Подшипники при этом работают всухую, а тепло не отводится.

Чтобы защитить турбокомпрессор от повреждения, можно установить систему дополнительной смазки. Эта система очень проста и эффективна. С этой целью разрывают подающий маслопровод турбокомпрессора и

(044) 206 2315, 451 8727
www.turbomag.com.ua

устанавливают в этом месте Т-образный разветвитель с обратным клапаном. К нему подсоединяют небольшую емкость с маслом. Эта емкость должна быть всегда установлена выше уровня турбокомпрессора. Сразу после запуска двигателя емкость заполняется моторным маслом. После остановки двигателя давление масла падает и оно из емкости стекает к турбокомпрессору, проходя через клапан, благодаря чему турбокомпрессор смазывается и после остановки двигателя.



8. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

8.1. Ассортиментные группы

8.1.1. Назначение и режимы эксплуатации

Ассортиментные группы масел формируются для удовлетворения конкретных задач и требований, выдвигаемых в зависимости от типа двигателя и транспортного средства, назначения, мощности, режима работы, а также специфических потребностей потребителей.

Типы автотранспортных средств:

- **легковые автомобили** (passenger cars), к ним относятся микроавтобусы и грузовые автомобили малой грузоподъемности (vans, light trucks),
- **коммерческие автомобили** (commercial vehicle, commercial road vehicle) – грузовые автомобили и автобусы,
- **трактора** (tractors) и другие самоходные (мобильные) рабочие машины (self-propelled machines, mobile equipment) сельскохозяйственные (agriculture machinery, combine-harvester), строительные (construction vehicle) и другие наземные передвижные машины (earth moving vehicle),
- **передвижные и стационарные устройства** – электрогенераторы, компрессоры, электросварочное оборудование и др.,
- **машины с двухтактными бензиновыми двигателями** с воздушным или водяным охлаждением
 - мотоциклы (motorcycle), мотороллеры (motorscooter), мопеды (moped), и др.,
 - мотолодки с подвесными лодочными двигателями (outboard engine),
 - мелкие хозяйственные машины, мотопилы (chain-saw)

Типы двигателей:

- **бензиновые** (gasoline engine, spark ignition engine, SI engine, Otto engine)
- **дизельные** (Diesel engine compression ignition engine, CJ engine),
- **газовые** (gas engine),
- **бензиновые двухтактные** (two-stroke engine, TC-engine, 2-stroke engine) и **четырёхтактные** (four-stroke engine 4-stroke engine),
- **дизельные двухтактные** (Diesel two-stroke engine)

Режимы работы двигателей:

Городской режим, стоп-старт режим (stop-start, stop-and-go) – движение в городе связано с частыми остановками, резкими ускорениями и торможениями, работой на холостом ходу или остановкой двигателя. Как правило, двигатель не успевает прогреться до оптимальной рабочей температуры. В таких условиях работы в двигателе образуется больше отложений, а в картере накапливается шлам. Городской режим считается тяжелым режимом эксплуатации двигателя, способствующим загрязнению и снижению ресурса масла. Интервалы замены масла сокращаются в 1,5-2 раза;

Магистральный, скоростной режим (on-highway on-road) – длительные поездки на дальние расстояния по шоссе с качественным покрытием, в режиме высоких скоростей. Двигатель работает на номинальной мощности и оборотах. Такой режим, ввиду устойчивости и установившегося оптимального температурного режима, считается благоприятным и для двигателя, и для масла. Однако должно быть соблюдено полное соответствие между конструктивными особенностями двигателя и качеством масла. В противном случае, при несоответствии класса масла такой удельной нагрузке, этот режим может оказаться тяжелым и даже очень тяжелым. Если масло недостаточно устойчиво к высоким температурам и имеет недостаточно хорошие моющие свойства в камере сгорания, может образовываться нагар. Кроме того, масло при такой высокой скорости и продолжительности работы должно обладать большой механохимической стабильностью, так как испытывает большую деформацию сдвига при высокой температуре.

Внемагистральный, внедорожный режим (off-highway off-road) – эксплуатация в режимах переменных* нагрузок и оборотов двигателя, высоких температур двигателя, возможной запыленности и загрязненности рабочей зоны. Тяжелый режим эксплуатации, для которого рекомендованы

укороченные интервалы замены. Масла должны обладать улучшенными диспергирующими и моющими свойствами.

Сезонность:

- **всесезонная работа** – круглогодичная работа без сезонной замены масла повышает требования к вязкостным свойствам и их стабильности, по причине эксплуатации в расширенном диапазоне температур окружающей среды – от запуска холодного двигателя и работы зимой при температурах минус 30°C и ниже, до интенсивной, непрерывной работы летом при + 40°C и выше,
- **сезонная работа** – эксплуатация в относительно узком диапазоне температур окружающей среды.

8.2. Тенденции развития ассортимента

В настоящее время наметился ряд тенденций развития ассортимента моторных масел.

1. Оптимизация по конкретному назначению – разработка и производство масел в сотрудничестве с отдельными автопроизводителями с учетом конструктивных особенностей двигателей новых поколений (форсаж, энергосбережение, системы рециркуляции и дополнительного сжигания отработанных газов, удлинение интервалов замены масла, особенности материалов применяемых в новых двигателях, температурные режимы).

Например:

- европейские бензиновые и дизельные двигатели легковых автомобилей новейших конструкций, с максимальным сбережением топлива за счет допустимости применения масел с высокотемпературной вязкостью 2,9-3,4 мПа с (при 150°C и высокой скорости сдвига) – масла ACEA AI, ACEA BI, VW 503 00, VW 506 00, Ford WSS-M2C912-A1,
- европейские бензиновые и дизельные двигатели легковых автомобилей новейших конструкций с высокой степенью форсирования или турбонаддувом – масла ACEA A3, ACEA B3, BMW Special Oils VW 500 00/502 00/505 00 и VW 503 01 (Audi S3 и Audi TT) – масла с высокотемпературной вязкостью не менее 3,5 мПа с (при 150°C и высокой скорости сдвига),
- европейские бензиновые и дизельные двигатели легковых автомобилей новейших конструкций с удлиненными интервалами

технического обслуживания – масла BMW Longlive Oils (ACEA A3/B3), VW 503 00/506 00 (ACEA A1/B1)

2. Универсальность применения – разработка и производство моторных масел для смешанного автопарка (mixedfleet oils), масел сверхуниверсального применения (масла пригодные для использования в двигателях, агрегатах трансмиссии и гидравлических системах автомобильной техники (Multitech) и тракторов (STOU))

3. Ультрасовременные масла – выведение на рынок отдельных марок моторных масел с уровнями качества, значительно превышающими требования современных спецификаций, либо с отдельными параметрами, превосходящими достижения конкурентов. Данный шаг указывает на значительный научный потенциал и достижения в области технологий производства базовых масел и присадок, что положительно сказывается на имидже данного маслопроизводителя и увеличивает степень доверия к его продукции со стороны потребителей

4. Масла устаревших категорий качества – по-прежнему продолжают выпускаться для потребителей, эксплуатирующих двигатели старых конструкций и не желающих, из экономических соображений, использовать масла с уровнями качества, превышающими требования производителя данной модели двигателя. Использование данных масел вполне оправданно в случае повышенного расхода, временной невозможности ремонта двигателя со значительной степенью износа или утечкой масла через материалы уплотнений (сальники, прокладки). Наибольшим спросом данные масла пользуются в странах с большим парком устаревших моделей автомобилей.

8.3. Группы потребителей

Покупатели и потребители моторных масел могут иметь разные мотивы выбора и приобретения масел, которые наиболее соответствуют их потребностям. Поэтому изучению потребительского спроса нефтекомпания уделяет большое внимание. Группирование покупателей не всегда совпадает с системами классификации масел по назначению (API, ACEA). Потребители в отношении потребности ассортимента моторных масел условно делятся на три группы:

- станции техобслуживания;
- общие, предназначенные для обслуживания легковых автомобилей разных марок;

(044) 206 2315, 451 6474
www.turbomag.com.ua

- фирменные, предназначенные для автомобилей только одной фирмы;
- для спортивных и гоночных автомобилей;
- для обслуживания сельскохозяйственной техники мелких и средних хозяйств;
- автопредприятия;
- парки смешанного автотранспорта;
- специализированные автотранспортные фирмы (автобусов, грузовых автомобилей, тягачей и др.);
- автопарки крупных строительных и сельскохозяйственных предприятий и кооперативов, в сущности это парки смешанного автотранспорта с преобладанием строительных или сельскохозяйственных машин;
- автопарки строительных фирм и сельскохозяйственные автопарки;
- индивидуальные потребители – владельцы собственных автомобилей.

Потребители, которые обладают или обслуживают разные транспортные средства, встречаются с проблемой комплектации масел. Хранить и применять большое количество разных масел неудобно и дорого – необходимо иметь запасы каждого масла, что требует много места и приспособлений, кроме того, появляется возможность ошибок, связанных с применением масла не по назначению. Поэтому проблема универсальности масел остается.

8.4. Выбор масла

При выборе масла необходимо учитывать возраст автомобиля. Чем старше автомобиль, тем более старые масла соответствуют его конструкции. Вновь созданные масла обычно могут заменять более старые, о чем делаются специальные надписи на этикетках или в листах данных. Однако потребность применения новейших масел для более старых и изношенных двигателей, особенно для мощных дизелей, остается окончательно не выясненной.

На рынке установилось подробное разделение масел по качеству. Для каждого назначения одновременно в продаже бывает 3-4 уровня масел по своему совершенству и качеству:

1. Наивысшего уровня, превосходящие официальный наивысший класс, это масла крупных нефтекомпаний – синтетические или масла гидрокрекинга классов API SH, SJ, API SH/CF-4, API SJ/CF, ACEA A1, A3, ACEA A3/B3 и др., имеющие апробацию автомобилестроителей;

(044) 206 2315, 451 8727
www.turbomag.com.ua

2. Высокого уровня, соответствующие официально наивысшему классу – минеральные и полусинтетические масла – API SH/CD и ACEA A3, CCMC G5/PD2 и др.;

3. Достаточно хорошие, стандартные масла для данного поколения автомобилей, уровень качества на один класс ниже официально наивысшего – API SG/CD, CCMC G4 и ACEA A2;

4. Более старые масла, бывшие на высоком уровне 5-7 лет назад – API SF/CC, CCMC G3/ P01иACEAA2.

Автомобили разных типов и разного года выпуска делятся на группы качества, для каждой из которых соответственно подбираются масла одного класса. Производители масел рекомендуют:

- для всех новых автомобилей применять только масла наивысшего класса качества. Кроме того, рекомендуется не менять изготовителя, класса качества и даже марки масла в течение всего периода эксплуатации. Только в таком случае обеспечивается надежная и продолжительная работа двигателя;
- для семейных и более старых автомобилей и автомобилей высокого класса предназначаются масла высокого класса: минеральные и полусинтетические – API SH/ CD, ACEA A2;
- для автомобилей возрастом 6-10 лет: масла API SG/CD , CCMC G4 или ACEA A2;
- для автомобилей старше 10 лет и автомобилей Российского производства предназначены масла – API SF/CC и CCMC G4/D4. Масла высшего класса для двигателей легковых автомобилей.

Особенности масел высшего, элитного класса:

- энергосберегающие масла (экономия топлива);
- превосходные вязкостные свойства и их пониженная зависимость от температуры (индекс вязкости VI>150);
- высокая вязкость при высокой температуре, обеспечивающее превосходное смазывание при длительной работе двигателя с максимальной нагрузкой;
- превосходная прокачиваемость при холодном пуске двигателя, облегчающая запуск холодного двигателя;
- быстрое поступление к самым отдаленным точкам смазочной системы при запуске холодного двигателя;
- синтетические масла со всеми своими преимуществами;

- низкая температура застывания;
- низкая летучесть и в результате этого низкие потери масла от испарения, низкий расход масла;
- высокая сдвиговая стабильность, вязкость практически не изменяется на протяжении всего интервала работы и это позволяет расширить интервал замены;
- высокая стойкость к термоокислению, это тоже увеличивает возможность продления интервала замены;
- высокая моющая способность, двигатель во всем интервале эксплуатации поддерживается чистым, "как новый".

Типичные классы вязкости новейших масел:

SAE 0W-30, SAE 0W-40, SAE 5W-40, SAE 5W-50, SAE 10W-40, SAE 10W-50, SAE 10W-60.

Максимальное качество масла достигается при учете всех факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики масел.

Факторы, способствующие увеличению срока службы масла и его интервала замены:

- большая сдвиговая стабильность;
- большая термоокислительная стабильность.

Факторы увеличения противоизносных свойств:

- стабильные вязкостно-температурные характеристики – большой индекс вязкости;
- малая вязкость в момент пуска холодного двигателя и моментальное поступление смазки в самые отдаленные точки смазочной системы (основное изнашивание проявляется в начальном этапе запуска двигателя, пока до пар трения поступает масло);
- высокая вязкость при 150°C обеспечивает образование прочной масляной пленки при длительной работе двигателя с максимальной нагрузкой;
- высокая моющая способность – предотвращение образования отложений на деталях шатунно-поршневого и клапанного механизмов. Считается, что основной причиной износа двигателя является накопление отложений в канавках колец, на поршне и в клапанном механизме;

- высокая диспергирующая способность, предотвращающая образование черного шлама и загустения масла.

Бензиновые двигатели новых автомобилей питаются бензином реформинга. Такой бензин американского или европейского производства, обычно содержит около 15% окислителей, которые выделяют кислород и способствуют более полному сгоранию бензина. Однако кислород такого бензина также окисляет и масло. Поэтому новые масла должны иметь более эффективные противоокислительные и моющие присадки, способствующие уменьшению образования осадка, лака, смолистых отложений и шлама.

Кроме того, новые масла, не должны оказывать отрицательного влияния на работу каталитического конвертера выхлопных газов, поэтому регламентируется содержание в них фосфора.

Масла высокого класса должны иметь низкую сульфатную зольность, от которой может образоваться нагар в камере сгорания и усилиться тенденция к преждевременному воспламенению топлива (preignition). Обычно в маслах высокого класса бензиновых двигателей, сульфатная зольность бывает около 1,1%, а дизельных двигателей – до 1,5%.

Масла высокого класса: API SH, SJ, 1LSAC GF-2, ACEA A-1, A-3, B-1, B-3.

Новейшие фирменные спецификации, в которых изложены новые требования к моторным маслам легковых автомобилей, представлены в табл. 8.1

Список новых спецификаций производителей легковых автомобилей

Таблица 8.1

Производитель	Спецификация
Mercedes-Benz	MB Blatt 229 1
Volkswagen	VW 500 00 501 01, 502 00, 503 00
BMW	Special oils list
Toyota	3A 1GFЕ
Nissan	VG-20
Ford	M2C-153E
Peugeot	TU-3 test
Porsche	GL

Моторные масла для спортивных автомобилей.

Спортивные автомобили бывают двух типов.

- усиленные легковые автомобили с более мощным двигателем, режим работы которых бывает гораздо труднее, чем обычных легковых автомобилей,
- гоночные автомобили.

Для автомобилей этих двух групп применяются разные масла.

Масла для спортивных автомобилей являются синтетическими высшего класса, как и для новейших легковых автомобилей высокого класса – API SH, API SJ и ACEA A1, ACEA A3. Названия марок масел для спортивных автомобилей имеют слова "Sport", "Competition".

Масла для гоночных автомобилей.

Масла гоночного автомобиля работают только во время гонок и сразу заменяются. Поэтому при разработке такого масла внимание сосредоточено на смазывающих и антифрикционных свойствах, а долговременная стойкость к окислению и коррозии не играет главной роли. Таким требованиям отвечают натуральные растительные масла, например касторовое или их эфиры. Необходимо иметь в виду, что не все масла для гонок пригодны для долговременной работы в спортивных автомобилях. На этикетках гоночные масла имеют специальную надпись "гоночное масло" (racing oil). Некоторые синтетические масла высшего уровня качества крупных нефтекомпаний применяются и для гоночных автомобилей. Такие масла используются в мировых первенствах, ралли и это становится компонентом рекламы.

Моторные масла для старых легковых автомобилей.

По рекомендациям производителей автомобилей, для всех старых автомобилей рекомендуются масла API SO, CCMC G4, ACEA A2. Кроме того, еще производятся масла более старых классов – API SE/CC, API SF/CC и CCMC G1, G2 и G3 API SF/CC масла рекомендуется применять в двигателях, питаемых этилированным бензином, а API SO/CD – неэтилированным.

8.5. Масла для дизельных двигателей легковых автомобилей

В Европе были созданы спецификации на моторные масла специально для дизельных двигателей и легковых автомобилей вообще, так как дизельные двигатели более экономичны, чем бензиновые. В начале был ряд классов CCMC PD, а в последствии нынешний ряд масел ACEA B.

Современные дизельные двигатели легковых автомобилей компактные, скоростные, мощные, с косвенным впрыском и турбонаддувом. Конструкция таких двигателей отличается тем, что развиваются высокие обороты коленчатого вала и достигается более высокая степень сжатия по сравнению с двигателями грузовых автомобилей или автобусов. Режим работы трудный и переменный – движение в городе, дальние поездки, гоночный режим. Поэтому CCMC PD2 класс масел несколько отличается от CCMC D4 и D5 классов масел для тяжелых дизелей, таким же образом, как и масла класса ACEA B от класса ACEA E. Кроме того, это чисто европейский тип масел. В классификации API отсутствуют классы масел для дизелей легковых автомобилей. Меньший интерес американцев к дизельным двигателям легковых автомобилей объясняется тем, что на рынке США такие автомобили составляют только около 2%, а в Европейских странах достигают 25 – 30%.

Для дизелей легковых автомобилей могут быть применены (в дополнение класса ACEA B) и категории API:

- масла API SG/CD, API SH/CD, API SH/CF, а также API CF-4 API CG-4;
- масла категории SHPD (класса ACEA E), которые предназначены для новых мощных и быстроходных дизельных двигателей.

Масла для дизелей легковых автомобилей отличаются следующими особенностями:

- главное внимание уделено стойкости к большим деформациям сдвига при высокой температуре (HTHS) и к высокотемпературному окислению;
- большим резервом щелочности (TBN около 11 мг КОН/г) для нейтрализации серной кислоты, образующейся при сгорании сернистого дизельного топлива.

Требования изготовителей автомобилей к моторным маслам для дизельных двигателей легковых автомобилей излагаются в заводских спецификациях:

- VW-Norm 505.00, 506 00;
- MB Blatt 227.1.

8.5.1. Масла для мощных дизельных двигателей коммерческих автомобилей

Масла для дизелей грузовых автомобилей и автобусов.

Условия работы смазочных масел в дизельных двигателях тяжелее, чем в бензиновых. Они нагреваются больше, быстрее окисляются, в дизельном топливе больше серы, поэтому при сгорании топлива образуется больше сильных кислот. Дизельные масла должны содержать противоокислительные и более сильные щелочные (базовые) присадки, TBN таких масел должен быть большим и достигает 17 мг КОН/г. В камере сгорания образуются сажа и смолистые отложения, которые должны смываться под воздействием присадок – диспергентов и детергентов. В дизельные масла часто вводятся противопенные, противоизносные присадки, депрессанты и разделяющие присадки EP.

В отношении применяемого масла, грузовые автомобили и автобусы (коммерческие автомобили) с дизельными двигателями разделяются на следующие группы:

- европейские автобусы и тягачи дальнего следования и городского типа, с тяжелым режимом работы двигателей с турбонаддувом, мощные и скоростные; двигатели SHPD, соответствующие европейским экологическим требованиям (Euro 1), для которых применяются специальные масла с тем же названием SHPD. Согласно требованиям Европейского Союза, с октября 1996 года на дорогах Европы разрешается эксплуатация только автомобилей с двигателями Euro 2, а с 1999-2000 года – только с двигателями Euro 3. Для двигателей Euro 2 и Euro 3 разработаны новые специальные масла категории EHPD,
- мощные автобусы и тягачи дальнего следования и городского типа, с тяжелым режимом работы двигателей, двигатели с турбо- или супернаддувом,
- автобусы средней и большой мощности, грузовые автомобили и другие городские и хозяйственные автотранспортные средства, двигатели которых с турбонаддувом или без него, режим работы средний или тяжелый,
- разные грузовые автомобили и другие автотранспортные средства с двигателями средней мощности без турбонаддува,
- автотранспортные средства малой мощности разного назначения, в основном более старые машины, двигатели без турбонаддува.

Требования по уровню качества, выдвигаемые для масел, применяемых

для двигателей этих групп автотранспорта, значительно различаются из-за конструктивных особенностей, мощности двигателей и режима работы. Отдельную группу составляют универсальные масла для машин смешанного автопарка.

Масла для мощных и скоростных дизелей SHPD.

Специфическими условиями эксплуатации выделяются магистральные автобусы, грузовые автомобили и тягачи дальнего следования. На них установлены мощные и скоростные дизельные двигатели нового поколения, выполненные с высокой точностью и высокого качества. Они приспособлены к тяжелому режиму работы. На дальних дистанциях двигатель работает на полной мощности. Такие двигатели отличаются своей экономичностью, продленным интервалом замены масла, уменьшением вредных выбросов. Эти европейские двигатели называются "дизелями особо высокого качества" SHPD (Super High Performance Diesel). Для них была создана новая категория масел SHPD особенно высокого качества, со значительно продленным интервалом замены. Эти масла позволяют полнее использовать положительные конструктивные особенности двигателей. Масла для мощных и скоростных дизелей SHPD ACEA E3-96, ACEA E4-98, CCMC D5, API CH-4, API CG-4.

Американские и европейские двигатели этого назначения несколько отличаются своей конструкцией. От этого зависят и требования, выдвигаемые к качеству масел. В европейских двигателях зазор между поршнем и стенкой цилиндра составляет около 0,5 мм, а в американских – 0,75-1,7 мм, кроме того, различается конфигурация головок поршней. Поэтому в европейских двигателях другой характер изнашивания – проявляется так называемое "полирование стенок цилиндров" (bore polishing). Для его предотвращения, масла должны обладать большей липкостью и стойкостью к деформациям сдвига при высокой температуре. Нормативные показатели полирования цилиндров приведены в табл. 8.2. Для обеспечения продленного интервала замены, масло должно обладать также высокой стабильностью к окислению и механическому воздействию, кроме того, иметь большой резерв щелочности (TBN = 11-17 мг КОН/г) и относительно высокое содержание моющих присадок, которое характеризуется повышенной сульфатной зольностью (до 1,8-2,0%).

SHPD масла с такими улучшенными свойствами были созданы в 1984 году и обозначены CCMC D3. Далее они были усовершенствованы, и с 1989 года введен класс CCMC D5. В настоящее время (с 1996 г) это масла класса ACEA E3-96, которые еще называются "маслами длинных дистанций" LDO

(long distance oil). Основным критерий их оценки – подавление полирования стенок цилиндров, который определяется моторными испытаниями MB OM 364 A (CEC L-42-T-99), OM 441 LA (CEC L-52-T-79) или OM 602 A (CEC L-51-T-95). Также проверяется стабильность основных параметров масла в течение длительного времени, в первую очередь изменение вязкости при высокой температуре и большой деформации сдвига (HTHS viscosity) по CEC L-36-A-97 и по Бош согласно стандарту CEC L-14-A-93.

Пределы допускаемого полирования цилиндров для масел дизельных двигателей

Таблица 8.2.

класс и спецификация масла, метод определения	полирование цилиндров, %, не более
ACEA E1-96 (CEC-L-42-A-92) ACEA E2-96 (CEC-L-42-A-92) ACEA E2-96, выпуск 3 (CEC-L-42-T-99)	140 80 35
ACEA E3-96, (CEC-L-42-A-92) ACEA E3-96 выпуск 3 (CEC-L-42 T-99)	25 1 0
ACEA E4-99 (CEC-L-52-T-97) ACEA E5-99 (CEC-L-52-T-97)	20 20
CCMC D3 (CEC-L-42-A-92) CCMC D4 (CEC-L-42-A-92) CCMC D5 (CEC-L-42-A-92)	80 160 20
MB 227,1 (CEC-L-42-A-92) MB 228 0/1 (CEC-L-42-A-92) MB 228 2/3 (CEC-L-42-A-92)	140 80 25
MB 228,5 (CEC-L-42-A-92) MB 228 5 (CEC-L-52-T-97)	10 20
MAN 3275 (QS 13-017) (CEC-L-42-A-92) MAN 3277 (CEC-L-52-T-97)	25 20
Rover RES 22 OL (CEC-L-42-A-92) Perkms SHPD Oil (CEC-L-42-A-92)	20 20

Интервалом замены масла SHPD может быть продлен до пробега 50 000-60 000 км (две спецификации "Volvo" YDS и VDS-2) и даже до 90 000 км (MB Blatt 228 5). При городском режиме условия работы гораздо труднее,

поэтому масло должно меняться примерно в два раза чаще.

Несмотря на строгие требования качества классов CCMC D5 и ACEA E3-96, многие производители грузовых автомобилей и автобусов в Европе требуют, чтобы SHPD масла соответствовали их дополнительным требованиям (табл 8.3)

По своему качеству ближе к SHPD являются американские масла API CF-4 и API CG-4. Наилучшим образом европейским требованиям будет отвечать новое масло API CH-4 (PC-7).

SHPD масла являются всесезонными, большинство из них имеют степень вязкости SAE 10\У-40или 15W-40.

Спецификации производителей автомобилей для масел SHPD

Таблица 8.3

Производитель	Спецификация
Mercedes-Benz	MB Blatt 228 2, 228 3, 228 5
MAN	MAN 3275 (QC 13-017), 3277
DAF	SHPD
Ford Tornado	RL 47 (bore polish)
Rolls Royce	Bore Polishing Standard
KHD	SHPD oil
Renault	RVI SHPD
Scania	Extended Drain
Volvo	Dram Specifications (VDS, VDS-2, VDS-3)
SHPD	
MTU	Oil Type 2

Масла для мощных, быстроходных дизельных двигателей.

Большинство масел для дизельных двигателей не имеют SHPD категории, но также предназначены к тяжелым условиям работы. Их интервал замены короче, чем SHPD. Такие масла имеют европейские классы качества CCMC D4 и ACEA E2-96. Подавление полирования цилиндров у этих масел ниже, при стандартном испытании допускается образование не более 8-16% зеркальной полированной поверхности (см. табл. 8.2).

В Америке в 1987 году был создан новый специальный класс API CE для форсированных мощных и быстроходных дизельных двигателей с турбонаддувом, работающих в тяжелых условиях, как при малых скоростях и

больших нагрузках, так и при больших скоростях и больших нагрузках. В 1990 году его заменили классом API CF-4. Позже были созданы API CG-4 и API CH-4. Все эти классы по своим качествам приближаются к европейской категории SHPD.

Масла для мощных, быстроходных дизельных двигателей: ACEA E2; CCMC D4; API CE, CF-4, CG-4.

Как правило, характеристики масел, предназначенных для мощных дизельных двигателей, способны удовлетворять и требованиям, предъявляемым к маслам для бензиновых двигателей. Такие масла бывают более универсальными по сравнению с маслами SHPD и могут применяться в смешанных автопарках. Некоторые машиностроительные компании, например, "Cummins", для своих дизельных двигателей требуют дизельное масло с "двойной" категорией, т.е. отвечающие одновременно и требованиям API SG или API SH, например, API CG-4/SH.

Американские производители машин и военное ведомство США (MIL), выдвигают к качеству масел дополнительные требования (табл. 8.4).

Спецификации дополнительных требований к качеству американских масел для мощных дизельных двигателей

Таблица 8.4

Производитель	Спецификация
MIL MIL MIL	L-451 99 B, (Caterpillar Series 3) L-46152B/C PRF-2104G
Daimler Benz Mack Trucks Cummins	DB Sheet 228 0/1 EO-K/2, EO-L, EO-L plus, EO-M ("Bulldog") NIC 400
Allison Caterpillar Caterpillar	C-3.C-4 TO-2.ТСИ CAT 3600

АКТУАЛЬНО! При этом потребителю приходится выбирать между Качеством и удобством применения, так как при увеличении универсальности страдает качество масла.

Для удовлетворения потребностей разных потребителей производятся моторные масла разной универсальности – от простых, предназначенных только для определенного типа двигателей, для одного сезона и для одного режима работы и заканчивая наиболее универсальными, как в отношении

сезонности, так и назначения. Чем масло сложнее и универсальнее, тем оно дороже.

Универсальность масел отражается на этикетке в виде

- одинарного или двойного символа назначения, например API SH и API SG/CD, ACEA A2 IACEAA3/ВЗЛЕ2,
- специальной надписью – Multipurpose, Multi, Universal и др.,
- указанием универсального вида масел – STOU, Mixed fleet и др.

Сегодняшний уровень развития промышленности позволяет производить достаточно широкий ассортимент нефтепродуктов с минимальными затратами, максимально удовлетворяющий нужды разнообразных потребителей. Это достигается составлением сложных компаундированных масел из небольшого числа базовых масел и пакетов присадок. Это позволяет расширить ассортимент масел и дает возможность выбора наиболее подходящего продукта для конкретного случая применения. Любая модификация свойств масла, даже самая простая – введение присадок, повышает цену продукта, поэтому на рынке имеется значительная часть маломодифицированных дешевых масел, которые при относительно низких затратах могут удовлетворять нужды потребителей менее сложных машин.

Ниже представлен обзор ассортимента моторных масел по эксплуатационным группам автотранспорта.

8.6. Масла для легковых автомобилей

8.6.1. Масла для бензиновых двигателей легковых автомобилей

Четырехтактные бензиновые двигатели применяются в основном на легковых автомобилях, микроавтобусах и грузовых автомобилях малой грузоподъемности. В Европе отмечается возрастающая тенденция применения дизельных двигателей на легковых автомобилях.

Легковые автомобили, в зависимости от года выпуска, качества, назначения и, особенно, от характера работы, разделяют на типы для облегчения выбора масла.

- автомобили высокого класса, новые, элитные, дорогие автомобили с двигателями новейшей конструкции (latest technology engines),

- городские автомобили (city cars), для езды на работу и по служебным делам, к ним можно отнести такси, автомобили специального назначения милиции, скорой помощи и др., а также микроавтобусы и грузовые автомобили малой грузоподъемности. Условие работы городских автомобилей является специфическим "стоп-старт" режимом,
- семейные автомобили (family cars) – для поездок семьи по выходным дням или в отпуск, в туристические путешествия или за покупками. Режим работы не очень трудный – режим коротких путешествий,
- спортивные автомобили (sports cars) – автомобили высокого класса, дорогие, престижные, условия работы тяжелые, часто и быстро развивается большая скорость,
- гоночные автомобили (racing cars)

8.6.2. Масла для дизелей средней и малой мощности

Много автобусов, грузовых автомобилей, тракторов, передвижных вспомогательных устройств имеют дизельные двигатели средней мощности. Такие двигатели бывают более простыми по конструкции, с турбонаддувом или без него, питаемые сернистым топливом. В неблагоприятных условиях (пыль, грязь) работают трактора, дорожно-строительные, строительные и сельскохозяйственные машины. Для двигателей таких машин применяются масла CCMC D4 и API CC, CD, CF. Некоторые из этих масел можно применять и в трансмиссии.

В пыльной и грязной среде рекомендуется применять более простые масла, так как их необходимо чаще менять и поэтому ресурс хороших масел полностью не используется.

Масла для дизелей средней и малой мощности: CCMC D2, CCMC D4; ACEA A2, API CC, CD.

8.6.3. Масла для смешанного автопарка

Обычно автотранспортные предприятия имеют и обслуживают тяжелые автомобили с дизельными двигателями разного назначения, а также микроавтобусы, малые грузовики и легковые автомобили с бензиновыми двигателями. Двигатели бывают разной мощности, разного поколения и конструкции. Для таких автохозяйств удобно иметь универсальные масла, которые можно было бы применять для всех автомобилей. Такие масла

выпускаются почти всеми нефтекомпаниями под названием "масла для смешанного автопарка" (mixed fleet oils). Некоторые из этих масел пригодны и для трансмиссии. Таким образом имеется возможность сократить количество марок масел.

Многие масла для смешанного автопарка обладают высоким качеством с хорошо сбалансированным составом присадок, которые снижают полирование цилиндров дизельных двигателей, подавляют образование осадков (шлама) и отличаются другими свойствами, присущими высококачественным маслам.

Типичные классы масел смешанного автопарка: CCMC D4/G4/PD2, API CF-4/SG, API CF-4/SH, API CD/SF, API CE/SG и др. Кроме новых и качественных имеются и более простые универсальные масла. Масла смешанного автопарка часто бывают всепогодными (SAE 15W-40, SAE 20W-50), но используются и сезонные, с вязкостью от SAE 10W до SAE50.

Ниже приводятся дополнительные требования изготовителей машин и американского военного ведомства к маслам коммерческих автомобилей, которые часто относятся и к маслам смешанного автопарка (табл. 8.5).

Спецификации масел смешанного автопарка

Таблица 8.5

Производитель	Спецификации
MIL MIL Ford	L-2104E.F, L-46152E, ESE-M2C153-E,
GM Rover VW	6094 M, RES 22 OL G4, RES 22 OL PD2 Norm 501 01 , 505 00,
MAN MB Renault	271, Blatt2281, RVI,
Scania \Allison	Extended Dram Dram Specification (VDS), C4
Caterpillar ZF MШ	TO-2, TE-ML03.TE-ML07, TypeI,
Mack Truck	EO-K/2

Ассортимент моторных масел для смешанного автопарка приведен в Приложении А

8.7. Другие группы назначения

(044) 206 2315, 451 6474
www.turbomag.com.ua

8.7.1. Масла для двигателей, работающих на газовом топливе

В двигателях внутреннего сгорания можно применять более дешевые топлива – сжатый природный газ (CNG – compressed natural gas, давление до 20,0 МПа) или сжиженный нефтяной газ (LPG – liquefied petroleum gas, давление до 1,6 МПа). Газовые топлива хранятся в специальных баллонах высокого давления, а газ из баллона через редуктор подается в систему питания двигателя, где смешивается с воздухом и сжигается.

Температура в камере сгорания газового двигателя поднимается выше, чем в бензиновых или дизельных двигателях, поэтому повышается возможность образования окисей азота и нагара. Масла, применяемые для газовых двигателей, должны иметь повышенную стойкость к термической деструкции и улучшенные моющие свойства. Кроме того, такие масла должны иметь меньшую сульфатную зольность (до 0,5%), чем обычные. Для этих целей применяются масла API SF, API CD, API CC/SE и др. Некоторые производители автомобилей выдвигают свои требования, например MAN M 3271 DAF MAT 70310, MB 226.9.

Многие нефтекомпании производят специальные масла, предназначенные для газовых двигателей.

8.7.2. Масла для холодного климата (арктические масла)

Арктические масла (arctic oils), предназначенные для работы при температурах окружающей среды ниже минус 40°C, готовятся на основе низковязких синтетических масел.

8.8. Тракторные масла

Тракторными маслами называются масла и гидравлические жидкости, применяемые для двигателей, трансмиссий, гидравлических передач и механизмов на всех самоходных рабочих машинах – тракторах, бульдозерах, экскаваторах, строительных, сельскохозяйственных. В описаниях масел на английском языке эти машины называются по-разному:

(044) 206 2315, 451 8727
www.turbomag.com.ua

- трактора (tractors),
- машины для землеройных работ (EMV – earth moving vehicles),
- строительные машины (construction equipment machinery),
- внемагистральные машины (off-highway equipment),
- сельскохозяйственные машины (agricultural equipment, machinery, farming equipment),
- самоходные, мобильные машины (self-propelled machines mobile equipment),
- промышленные машины (industrial machinery) и др.

Эти машины выделяются большим разнообразием назначения, конструкций, рабочих и управляющих механизмов и специфическими условиями эксплуатации.

Особенности рабочих машин:

- разнообразие назначения транспортировка,
- строительные и дорожные работы, погрузка и разгрузка, земляные работы, уборка урожая, другие сельскохозяйственные и лесные работы.

Для дизельных и бензиновых двигателей, как с турбонаддувом так и без него, а также для механических и гидромеханических передач (включая передачи с мокрыми тормозами); UTTO (Universal Tractor Transmission Oil) – универсальные трансмиссионные масла для всех передач (включая с мокрыми тормозами) и для гидравлических механизмов; TOU (Tractor Oil Universal) – универсальные трансмиссионные масла только для механических передач (без мокрых тормозов) и для гидравлических механизмов; THF – (Tractor Hydraulic Fluid) – тракторная гидравлическая жидкость (масло).

Для тракторов, как и для других транспортных средств, широко применяются и обычные (неуниверсальные) моторные, трансмиссионные, гидравлические и другие масла, только, как было отмечено выше, с специальными надписями, указывающими возможность применения этих масел для тракторов.

8.8.1. Суперуниверсальные тракторные

масла STOU

Суперуниверсальные тракторные масла (STOU) отвечают требованиям к качеству классов моторных масел API CD/SE, API CE/SF, CCMC D4/G2 и трансмиссионных масел API GL-4.

Эти масла в основном применяются на сельскохозяйственных машинах европейского производства:

- в качестве моторного масла дизельных двигателей с турбонаддувом и без него, и четырехтактных бензиновых двигателей;
- в качестве трансмиссионного масла механических передач – для коробки передач ручного переключения, раздаточной коробки, дифференциала, конечной передачи, подшипников и т.д.;
- для гидромеханических и гидравлических систем – автоматической коробки передач, гидромеханических и гидравлических сцеплений, передач и других механизмов.

Сложно совместить свойства масел разного назначения – моторных, трансмиссионных (для механических, гидромеханических и гидравлических передач), гидравлических. Например, противоположные требования выдвигаются для высокотемпературной стабильности моторного масла и смазывания сильно нагруженных механических передач. Различные фрикционные свойства обеспечивают нормальную работу фрикционных механизмов и гидравлических систем. По этим и другим причинам почти невозможно получить универсальное масло с превосходными во всех отношениях свойствами. Достоинства универсальности масел достигаются ценой некоторого ухудшения качества. Несмотря на это, круг потребителей универсальных тракторных масел увеличивается, ассортимент таких масел расширяется, а производители масел все больше внимания уделяют улучшению качества и повышению универсальности масел. Почти все фирмы производят STOU масла и постоянно обновляют их ассортимент.

Несмотря на высокую универсальность STOU масел, они не могут применяться для:

- двухтактных двигателей, где масло перемешивается с топливом;
- гипоидных передач.

Европейская практика показывает, что STOU масла выгоднее применять в малых и средних хозяйствах, а на крупных лучше применять отдельно универсальные моторные масла и специальные универсальные тракторные трансмиссионные масла (UTTO). При этом возможность ошибочного смешения масел уменьшается, а качество масел бывает значительно лучшим.

STOU масла должны соответствовать не только требованиям по качеству классов API и ССМС, но и особым требованиям, выдвигаемым в спецификациях производителей тракторов. Список производителей и их спецификаций, которым соответствует данное масло, должен приводиться в документах масла – на этикетке и на листе данных.

Основными спецификациями производителей тракторов и передач, а также военных ведомств, являются:

- MIL L-2104C, MIL L-2104D, MIL L-2105, MIL L-46152B;
- Case JI MS 1207, MS 1210;
- Fiat AF 87;
- Ford ESN-M2C 159 B/C;
- John Deere JDM J27A;
- Massey Ferguson CMS M 1139;
- Steyr 397 88001;
- Detroit Diesel Allison C-4;
- Caterpillar TO-2;

При подготовке данной брошюры была использована следующая литература:

1. Турбокомпрессоры. - Мн.: РА "Автостиль", 1998.
2. Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Жергалис. Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение. - НПИКЦ. Санкт-Петербург. Российская Федерация.