

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
Сибирский колледж транспорта и строительства

Методические указания для выполнения практических работ

МДК 03.03 «Тюнинг автомобилей»

*для специальности*

23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей»

*базовая подготовка*

*среднего профессионального образования*

Иркутск 2024

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИргУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИргУПС Трофимов Ю.А. 00920FD815CE68F8C4CA795540563D259C с 07.02.2024 05:46 по 02.05.2025 05:46 GMT+03:00 Подпись соответствует файлу документа



Методические указания для выполнения практических работ разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности среднего профессионального образования 23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов» автомобилей, базовой подготовки, утвержденного приказом Министерства образования и науки от 09 декабря 2016 г. № 1568 и на основе примерной основной образовательной программы, для СПО ППССЗ, разработанной Федеральным государственным бюджетным учреждением дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» (ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ»).

**РАССМОТРЕНО:**

Цикловой методической комиссией специальности 23.02.04  
Техническая эксплуатация подъемно-транспортных,  
строительных, дорожных машин и оборудования и  
специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и  
ремонт двигателей, систем, агрегатов автомобилей  
Протокол № 7  
«28» марта 2024 г.  
Председатель ЦМК: Таханов М.П.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заместитель директора по УВР  
\_\_\_\_\_ Ресельс А.П.  
«15» апреля 2024 г.

Разработчики: Сергеев А.А., Таханов М.П., преподаватели Сибирского колледжа транспорта и строительства ФГБОУ ВО ИрГУПС.

## Содержание

Стр.

1. Практическое занятие № 1 Тема: «Расчёт турбонаддува двигателя»	3
2. Практическое занятие № 2 Тема: «Расчёт элементов подвески»	11
3. Практическое занятие № 3 Тема: «Расчёт элементов тормозного привода и тормозных механизмов»	18
4. Практическое занятие № 4 Тема: «Восстановление деталей автомобилей»	25
5. Практическое занятие № 5 Тема: «Подбор колёсных дисков по типу транспортного средства»	39
6. Практическое занятие № 6 Тема: «Головное освещение автомобиля»	41

## Практические занятия № 1

### Тема: Расчет турбонаддува двигателя

**Цель:** изучить способы подбора турбонаддува двигателя, произвести расчет.

**Задачи:** практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ МДК 3.3. Тюнинг автомобилей, приобретение практических навыков по изучаемой теме. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса.

**Оборудование и материалы:** разрезные макеты ДВС, детали, плакаты, иллюстрированные альбомы, справочная литература.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

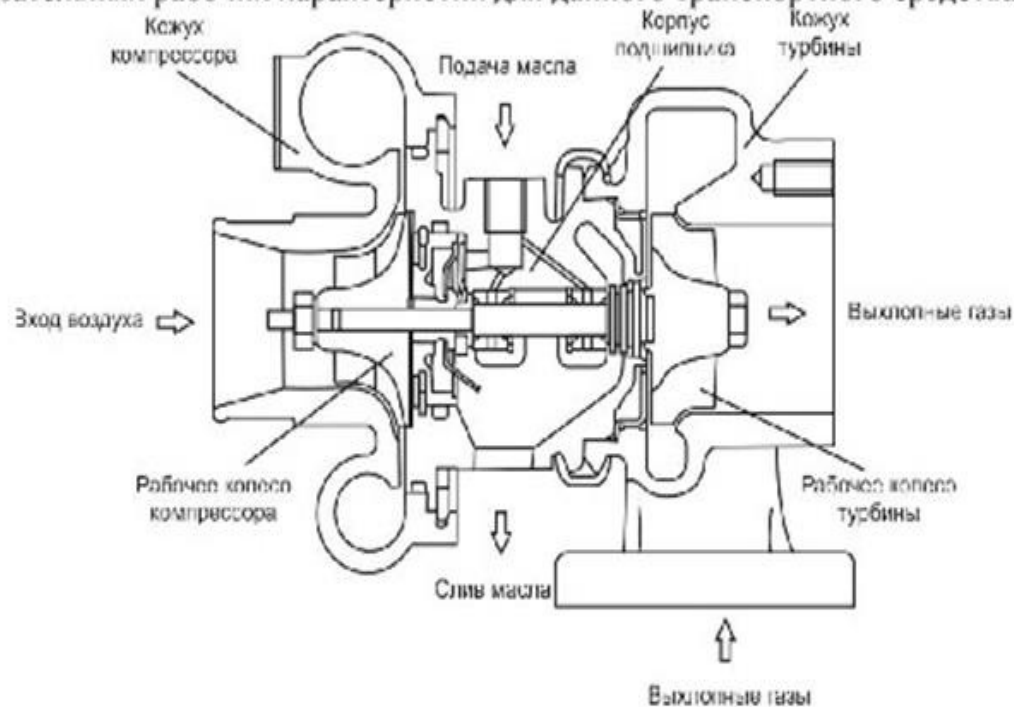
#### Ход работы

1. Произвести выбор турбонаддува двигателя.
2. Произвести выбор размера колеса компрессора.
3. Произвести расчеты турбины.

#### Методические указания

##### 1. Выбор турбины.

Размер колеса компрессии и выбор ротора турбины для проекта, значительно влияет на степень успеха, который будет иметь система. Это никоим образом не значит, что вал турбины и колесо компрессии только этого размера будут работать при заданных условиях. Компромиссы между задержкой, порогом наддува, тепловыделением, моментом на низких оборотах и мощностью — это переменные оптимизационной модели в процессе определения соответствия турбонагнетателя предъявляемым требованиям. Эти требования могут быть уточнены путем внесения в список обязательных рабочих характеристик для данного транспортного средства.



*Классический турбонагнетатель.*

Цели могут быть различны в случаях автомобилей для повседневного использования, автомобилей с рекордной максимальной скоростью, автомобилей для дрег-рейсинга, уличных супер-каров, настоящих гоночных автомобилей, и даже для транспортных средств, называемых пикапами. Определяющими критериями будут параметры вроде желательного порога наддува, пика момента и расчетной мощности. Транспортные средства с высокой максимальной скоростью требуют больших турбин, уличные автомобили более требовательны к моменту на средних оборотах, а низкоскоростные утилитарные транспортные средства нуждаются в небольших турбинах. Как выбрать подходящий турбонагнетатель в каждом конкретном случае и какие нюансы наиболее важны, мы обсудим в этой статье.

Чтобы пояснить, насколько могут различаться турбонагнетатели различного назначения, сравним эти устройства на Nissan 300ZX и на Porsche 911. Эти два автомобиля имеют сходные размеры, вес и рабочий объем двигателя, и все же их турбины существенно различаются. По размеру турбонагнетателя Porsche достаточно легко заметить, что конструкторы Porsche точно знали, что они хотели. Они установили большой турбонагнетатель на 911 по трем основным причинам:

- при работе на максимальной нагрузке большой компрессор меньше нагревает сжимаемый воздух
- большая турбина создает меньшее противодавление в выпускном коллекторе, также сокращая тепловую нагрузку
- разработчики хотели получить мощный автомобиль

Конструкторы Nissan, с другой стороны, имея намного более благоприятный с точки зрения тепловыделения двигатель с водяным охлаждением, были свободнее в выборе турбонагнетателя для почти немедленной реакции



прямо с холостых оборотов. Этот небольшой турбонагнетатель дает быструю реакцию наддува в обмен на крайне высокое противодавление на выпуске и высокую температуру воздуха на впуске. Nissan, очевидно, не стремился получить серьезную мощность, поскольку они не посчитали необходимым установить какой-нибудь интеркулер для снижения этой высокой температуры. Их целью, кажется, был автомобиль, нацеленный на разгон от 0 до 60 км/ч. Конечно, они были нацелены на совершенно не такого покупателя, каким является клиент Porsche. Хотя Porsche был объявлен всеми его дорожными испытателями ярчайшим примером конструкции с высокоинерционным турбонагнетателем, этот путь был выбран из-за меньшего нагрева. Небольшие турбонагнетатели не могли быть использованы на 911 вследствие тепловых ограничений двигателя с воздушным охлаждением, и, конечно, из-за того, что целью была серьезная мощность. Porsche, тем не менее, вполне можно назвать примером замечательно выполненной работы. Nissan же выступает в качестве примера продажи большого количества автомобилей большому количеству людей.

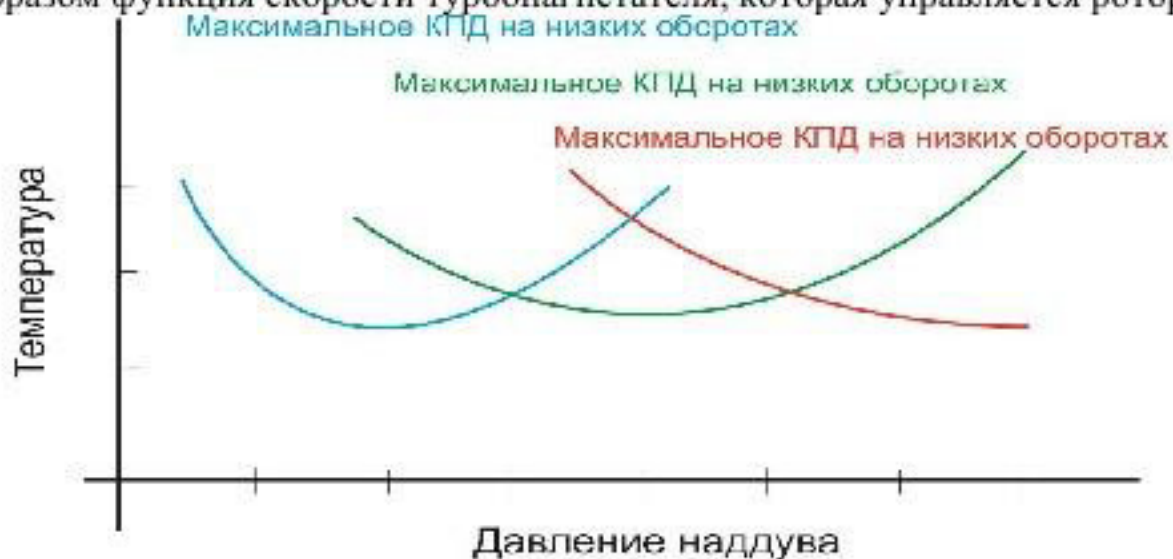
## 2. Базовые руководящие принципы.

Влияние размеров колеса компрессора и ротора турбины на характеристики системы, будет целиком следовать этим руководящим принципам:

### Колесо компрессора

Колесо компрессора имеет определенную комбинацию расхода воздуха и давления наддува, при которой он является наиболее эффективным. Хитрость в выборе оптимального размера колеса компрессора состоит в том, чтобы расположить точку максимальной эффективности в наиболее используемом диапазоне оборотов двигателя. В процессе выявления наиболее полезного диапазона оборотов придется немного подумать. Не забывайте, что всегда, когда эффективность компрессора снижается, тепловыделение, производимое турбонагнетателем, увеличивается. Если был выбран такой размер турбонагнетателя, что максимальная эффективность приходится на первую треть диапазона оборотов двигателя, эффективность на максимальных оборотах и в близких к тому режимам будет настолько низкой, что температура воздуха на впуске будет просто обжигающей. В другом крайнем случае, если максимальная эффективность системы достигается ближе к предельным оборотам двигателя, температура на средних оборотах вполне способна выйти за разумные пределы. Нагнетатель такого размера был бы полезен только для двигателя, работающего на этих оборотах. Где-то в середине диапазона оборотов двигателя находится наилучшее место, чтобы расположить там точку максимальной эффективности компрессора.

Большие или малые размеры компрессора не оказывают критического влияния на инерционность турбонагнетателя или на порог наддува. Рабочее колесо компрессора — самая легкая вращающаяся часть турбонагнетателя, следовательно, его вклад в полную инерцию вращающегося ротора довольно низок. Порог наддува — главным образом функция скорости турбонагнетателя, которая управляется ротором турбины.



Когда точка максимальной эффективности находится на более высоких оборотах, это означает более низкую температуру воздуха в этом режиме. Более низкая температура даёт более плотный воздух, который облегчает пик момента на более высоких оборотах.

Начните с выбора нескольких кандидатов на роль Вашего турбокомпрессора, чьи степень повышения давления и расход воздуха, согласно их картам, находятся в требуемом диапазоне оборотов при значении эффективности не ниже 60 %. Когда Вы отсеете заведомо непригодные устройства и остановитесь на двух-трёх вариантах, необходимо будет произвести некоторые расчеты, чтобы выбрать между ними.

## 3. Ротор Турбины.

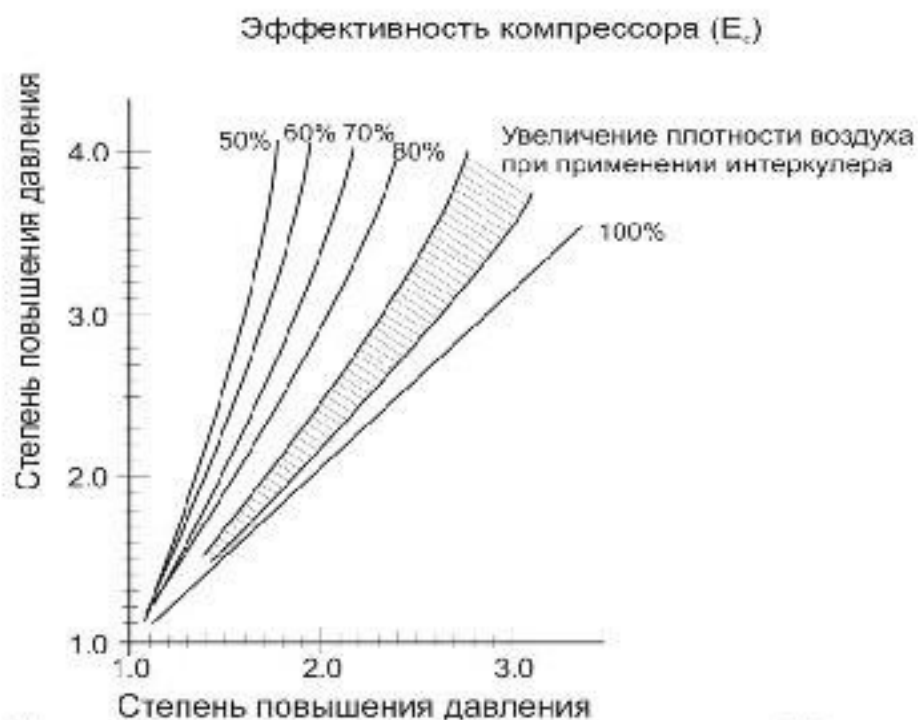
Задача ротора турбины — осуществлять привод колеса компрессора, при этом он должен раскручивать его до достаточных оборотов, чтобы он мог обеспечить требуемый расход воздуха при заданном давлении наддува. Небольшая турбина будет вращаться быстрее, чем большая при той же энергии выхлопных газов. Однако меньшая турбина является большим сужением на пути потока этих газов, что приводит к образованию обратного давления между турбиной и камерой сгорания. Обратное давление — нежелательный побочный эффект турбонагнетателя, и нужно иметь это в виду. В действительности, при выборе турбины нужно ориентироваться на обороты,



достаточные для обеспечения желаемой реакции и давления наддува, воздерживаясь от минимизации обратного давления.

#### 4. Выбор размера колеса компрессора.

Необходимо выработать в себе понимание требуемых степени повышения давления, расхода воздуха, его плотности и эффективности компрессора прежде, чем приступать к выбору колеса компрессора подходящего размера.



Зависимость относительной плотности от степени повышения давления. Плотность падает при увеличении температуры, поэтому фактическая степень увеличения массы воздуха всегда меньше чем степень повышения давления.

#### 5. Степень повышения давления.

Степень повышения давления рассчитывается как полное абсолютное давление, произведенное турбокомпрессором, разделенное на атмосферное давление. Абсолютное давление означает давление выше ноля. Отсутствие давления это ноль, атмосферное абсолютное давление составляет 1 бар. 0,5 бара наддува создают 1,5 бара абсолютного давления, 0,8 бара наддува это 1,8 бара абсолютного давления и так далее. Таким образом, абсолютное давление — это показания манометра плюс 1 бар. Другими словами, степень повышения давления является значением произведенного давления относительно атмосферного.

$$\text{Степень сжатия} = \frac{1 + \text{наддув}}{1}$$

Пример: Для наддува 0,5 бар:

$$\text{Степень сжатия} = \frac{1 + 0,5}{1} = 1,5$$

В этом примере в двигатель с наддувом попадет приблизительно на 50 % больше воздуха, чем в двигатель без наддува.

#### 6. Относительная плотность.

В конечном счете, мощность, полученная от использования турбонаддува, зависит от числа молекул воздуха, упакованных в каждый кубический сантиметр объема. Это называется плотностью воздушного заряда. При прохождении через систему турбонаддува плотность немного изменяется. Когда воздушные молекулы принудительно «утрамбовываются» в нагнетателе до некоторой степени сжатия, плотность не увеличивается на то же самое значение, потому что при сжатии увеличивается температура, и воздух расширяется обратно в прямой зависимости оттого, насколько он нагрет. Хотя воздушный заряд после сжатия окажется более плотным, его плотность будет всегда меньше, чем степень повышения давления. Усилия разработчиков, направленные на использование эффективных турбокомпрессоров и промежуточных охладителей позволяют относительной плотности все ближе и ближе приблизиться к значению степени сжатия, но полное совпадение величин никогда не достигается.

Расход воздуха

Расход воздуха через двигатель обычно измеряется в кубических метрах воздуха в минуту при стандартном атмосферном давлении. Технически правильный, но реже используемый термин — килограммы в минуту. Мы будем использовать полуправильный термин «кубические метры в минуту». Для вычисления расхода воздуха в двигателе без турбонагнетателя т.е. при отсутствии наддува:

$$\text{Расход воздуха} = \frac{\text{Объем} \times \text{Обороты} \times 0,5 \times E_v}{1000000}$$

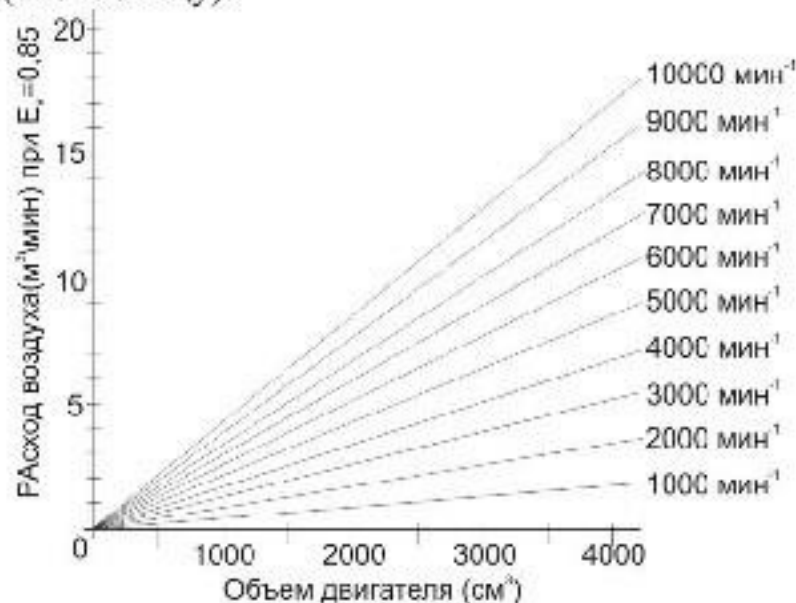
Здесь расход воздуха выражается в м<sup>3</sup>, а объем в см<sup>3</sup>, 0,5 означает, что у четырехтактного двигателя воздух в цилиндр поступает только во время одного оборота из двух, E<sub>v</sub> — объемная эффективность. Чисто 1000000 служит

для конвертации кубических сантиметров в кубические метры.

Пример: Пусть объем двигателя = 2000 см<sup>3</sup>, частота вращения двигателя = 5500 мин<sup>-1</sup>, и  $E_v = 85\%$ .

$$\text{Расход воздуха} = \frac{2000\text{см}^3 \times 5500\text{мин}^{-1} \times 0,5 \times 0,85}{1000000} = 4,675 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Определив изначальный расход воздуха через двигатель, можно найти итоговый расход при работе с наддувом. Степень повышения давления, умноженная на расход воздуха через двигатель даст нам искомый расход (при пренебрежении объемным к.п.д.). В двигателе объемом 2000 см<sup>3</sup>, работающем с наддувом 0,8 бара: Расход воздуха = Повышение давления x Базовый расход воздуха = 1,8 \* 4,675 м<sup>3</sup>/мин = 8,415 м<sup>3</sup>/мин. Чтобы преобразовать м<sup>3</sup>/мин к более правильному термину кг/мин, м<sup>3</sup>/мин надо умножить на плотность воздуха на высоте географического места (см. таблицу).



Значение расхода воздуха для четырех тактных двигателей. Выберите объем двигателя (ось абсцисс) и обороты в минуту, на оси ординат отчитайте расход.

### 7. КПД колеса компрессора.

Эффективность (КПД) колеса компрессора — это показатель того, как хорошо колесо компрессора может сжимать воздух, не нагревая его в большей степени, чем диктуют законы термодинамики. Термодинамика говорит, что температура воздуха должна увеличиваться пропорционально степени повышения давления. Такое увеличение температуры наблюдалось бы в идеальных условиях. Однако фактически температура всегда выше, чем в термодинамических расчетах. Измеренное увеличение температуры, конечно, является фактической температурой. Эффективность (КПД) — расчетное увеличение температуры, разделенное на её фактическое увеличение. По сути, эффективность — мера термодинамического совершенства компрессора. Центробежные турбокомпрессоры имеют максимальный КПД порядка 70%. Выбор размера колеса компрессора становится, главным образом, вопросом того, где достигает максимума эффективность турбокомпрессора относительно характеристик расхода системы двигатель/турбина. Если Вам понятен физический смысл степени повышения давления, относительной плотности, расхода воздуха и эффективности компрессора, основная информация, необходимая для выбора компрессора под Ваши задачи, находится у Вас в руках.

Принято считать, что до 0,5 бара — низкое давление наддува, 0,5 — 0,8 бара — среднее, и более 0,8 бара — высокое давление наддува. В дальнейшем, на примере двигателя объемом 2000 см<sup>3</sup> с несколькими вариантами компрессоров будут показаны примеры вычислений и поиска максимума эффективности. На рисунке показано влияние эффективности компрессора на температуру впускного воздуха. Вообще, КПД компрессора без промежуточного охладителя должен составлять по меньшей мере 60%. Если система включает промежуточный охладитель, минимальный КПД может быть несколько меньше.

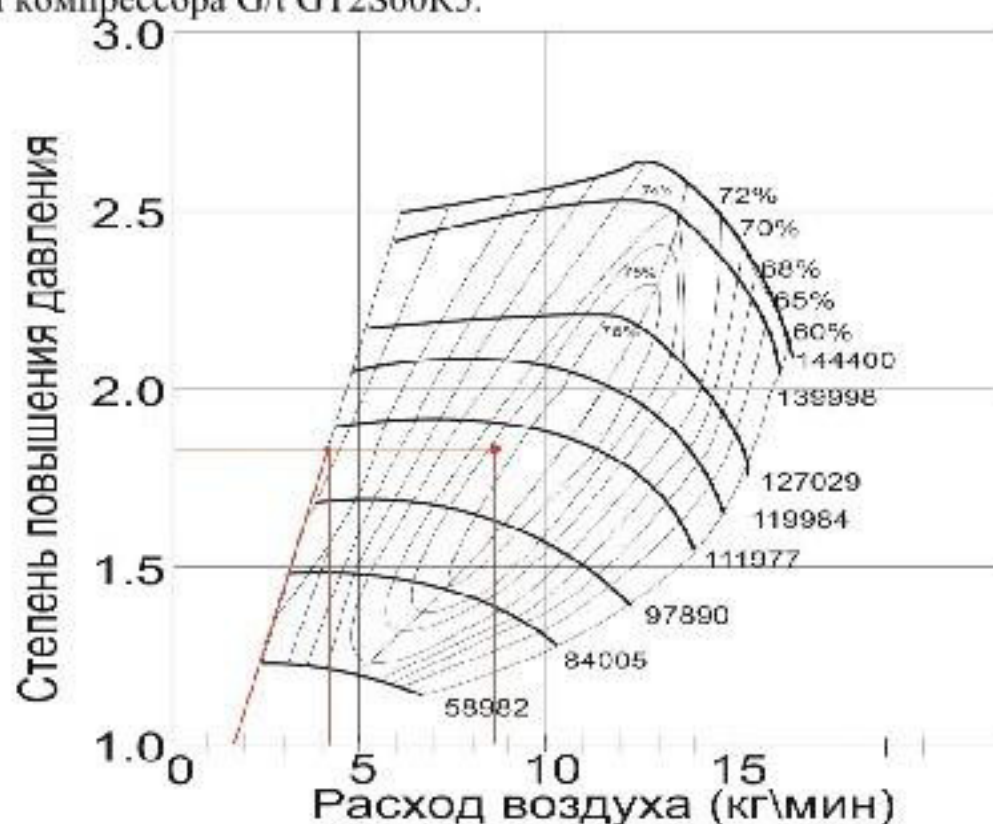
*Зависимости давления воздуха, температуры и относительной плотности от высоты места*

Высота над уровнем моря (м)	Атмосферное давление (кг/см <sup>3</sup> )	Температура (оС)	Относительная плотность
0	1.03	15	1.0
200	1.0	13.7	0.98
400	0.98	12.6	0.96
600	0.96	11.1	0.94



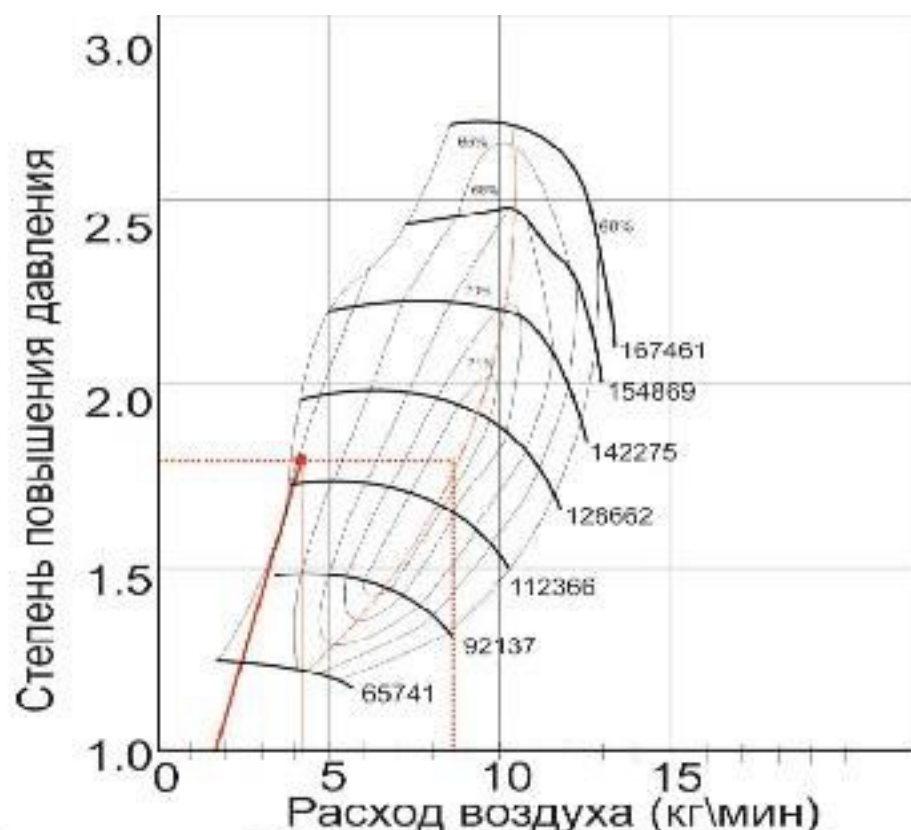
800	0.93	9.8	0.93
1000	0.91	8.5	0.91
1200	0.89	7.2	0.89
1400	0.87	5.9	0.87
1600	0.85	4.6	0.85
1800	0.83	3.3	0.84
2000	0.81	2.0	0.82
2200	0.79	0.7	0.8
2400	0.77	-0.6	0.79
2600	0.75	-1.9	0.77
2800	0.73	-3.2	0.75
3000	0.71	-4.5	0.74

Имея расчетные величины расхода воздуха и степени повышения давления на примере двигателя объемом 2000 см<sup>3</sup> любой вполне способен взять в руки карты турбокомпрессоров и проверить, где расположена максимальная эффективность каждого из них, чтобы выбрать наиболее подходящий. Построим расчетные данные: расход воздуха 8,415 м<sup>3</sup>/мин и PR = 1,8 на осях карты турбокомпрессора. Пересечение этих двух линий показывает максимальный расход, который турбокомпрессор может обеспечить при выбранной степени повышения давления, и эта точка отображает эффективность в процентах на каждой карте. Таким образом, мы можем узнать КПД в этой точке, которая устанавливает пригодность того или иного турбокомпрессора для нашего конкретного применения. На рисунке пересечение этих линий находится на линии 75. На рисунке 2 пересечение находится фактически в точке максимальной эффективности, однако КПД будет всего около 71. На карте компрессора теперь наглядно видно, что компрессор Garrett G7255-R хотя и подходит по своей эффективности, но его максимальная эффективность меньше чем компрессора G/t GT2S60R5.



Компрессор G/t GT2860RS. Цифры справа — число оборотов турбины в минуту. Видно, что линия соединяющая точки PR=1 и PR=1,8 проходит за границей устойчивой работы компрессора.





*Компрессор G/t GT2557R, не смотря на КПД, меньший чем у G/t GT2860RS, лучше подходит для заданного применения.*

Характеристики переходных процессов колеса компрессора в случае конкретного применения также должны быть исследованы перед окончательным выбором. Это может быть сделано довольно простым способом. Предположим, что желаемая степень сжатия достигается на 50 % от максимальных оборотов двигателя. Отметьте эту точку на диаграмме турбокомпрессора. Выше был упомянут пример с оборотами в минуту = 2750, что соответствует точке с расходом воздуха 4,27 м<sup>3</sup>/мин и PR = 1,8. Постройте линию от этой точки до точки, соответствующей PR = 1 и значению расхода, равному 20% от максимального, что в нашем случае составит 1,68 м<sup>3</sup>/мин. Принципиально важно, чтобы эта линия полностью располагалась справа от линии на карте компрессора, обозначенной как граница помпажа. Граница помпажа (граница устойчивой работы) не всегда подписывается на картах турбокомпрессора, но Вы можете смело полагать, что ею является крайняя левая линия. Этот пример показывает, что компрессор G/t GT2557R, при КПД 71%, лучше подходит для выбранного применения чем G/t GT2860RS, с КПД 75%.



*Температура нагрева воздуха в компрессоре в зависимости от степени повышения давления. Вот почему все хотят обеспечить самую высокую возможную эффективности турбокомпрессора: большая эффективность — более низкая температура.*

#### **8. Выбор размера ротора турбины.**

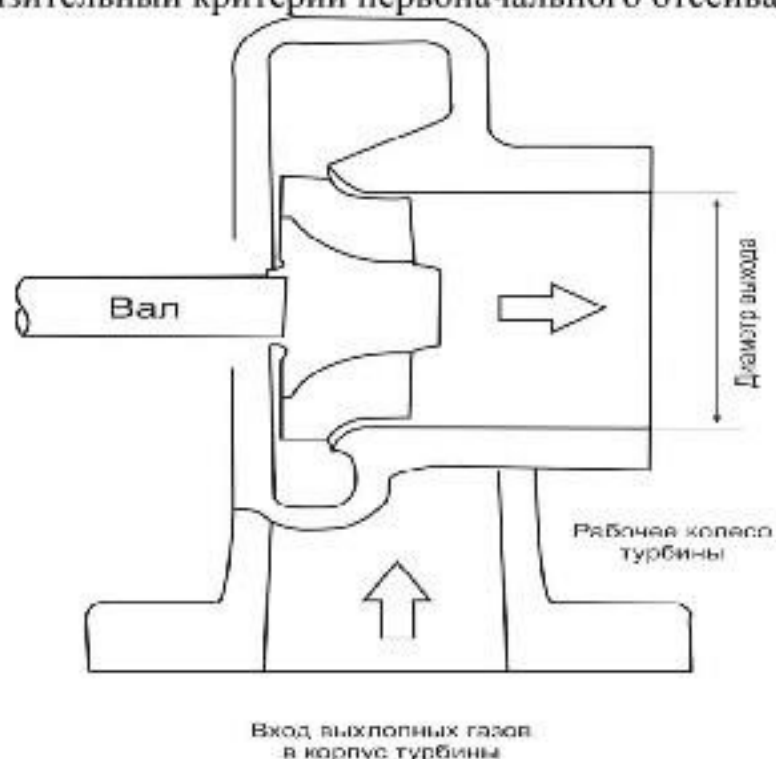
Предполагаемое применение системы двигатель+турбонагнетатель является также основным критерием при выборе размера ротора турбины, поскольку определяет выбор между моментом на низких, средних или максимальных оборотах двигателя. При этом выборе приходится иметь дело с двумя величинами: основной размер ротора турбины и отношение площадь/радиус (A/R).

Основной размер ротора турбины

Предполагается, что основной размер ротора турбины характеризует её способность производить мощность на валу, необходимую для привода колеса компрессора при желаемом расходе воздуха. Поэтому большие турбины, вообще говоря, обеспечивают более высокие отдаваемые мощности, чем небольшие. Для простоты картины оценивать размер турбины можно по диаметру её выходного отверстия. Строго говоря, это является упрощением теории турбин, однако на практике такой подход даёт возможность оценить способность турбины обеспечить тот или иной расход.



Диаграмма диаметра выходного отверстия ротора турбины относительно расхода воздуха на впуске — не точный инструмент для выбора, но приблизительный критерий первоначального отсеивания.



#### *Определение диаметра выходного отверстия*

Разумный метод выбора ротора турбины состоит в том, чтобы проконсультироваться с источником, у которого Вы приобретаете турбокомпрессор. Конечно, при выборе будет существовать возможность допустить ошибку в ту или иную сторону. И так как выбор происходит в пределах первоначального предназначения системы турбонаддува, имеет смысл выбирать каждый раз запас в большую сторону.

#### **9. Разделенный выхлопной коллектор.**

Разделенный выхлопной коллектор позволяет импульсам выхлопных газов быть сгруппированными (или отделенными) по цилиндрам на пути к турбине. Ценная идея такого технического приёма состоит в том, чтобы донести энергию каждого импульса выхлопа к турбине нетронутой с энергией других импульсов. Это может давать ротору турбины немного больший толчок, который заставит ее вращаться. Если рассматривать случай абсолютного разделения импульсов и энергии, подводимых по выхлопным каналам от восьмицилиндрового двигателя, то ротор турбины получит большее количество энергии, чем это необходимо почти в любой ситуации. Таким образом, разделенный выхлопной коллектор не будет давать значительного улучшения на V8 с одним турбонагнетателем. Для сравнения, четырехцилиндровый двигатель, в котором один рабочий ход происходит каждые  $180^\circ$  вращения коленчатого вала, нуждается во всей энергии, которую он может получить от каждого выхлопного импульса. Сохранение этих импульсов изолированными и не подверженными интерференции позволит получить некоторые улучшения.



*Улитка турбины с разделенным входом теоретически дает небольшое преимущество в характеристиках, обеспечивая подачу импульсов выхлопа в плотной связке к ротору турбины. Этот эффект более заметен в случае двигателей с меньшим числом цилиндров, имеющих таким образом меньшее количество импульсов за каждый оборот двигателя*

#### **10. Полезные детали конструкции.**

*Корпус турбины с жидкостным охлаждением* — разновидность конструкции, которая может увеличить срок эксплуатации турбокомпрессора в среднем в два раза. Наличие потока охлаждающей жидкости существенно снижает нагрев смазочных материалов при их прохождении через подшипники. Пониженные температуры предохраняют масло от превращения в то, что называют маслом марки X в рекламе Mobil 1. Твердые отложения, накапливающиеся внутри турбокомпрессора, блокирующие, в конечном счете, поток масла и убивающие турбокомпрессор, являются страшной болезнью, названной «закоксовка среднего корпуса турбины». Жидкостно охлаждаемый корпус был создан, потому что слишком многие владельцы автомобилей не удосуживались менять масло по графику, продиктованному наличием турбокомпрессора. Как ни странно, присутствие корпуса турбины с жидкостным охлаждением не предполагает серьезное увеличение интервалов замены масла.

*Поворот улитки турбонагнетателя.* Возможность поворота одной улитки турбокомпрессора относительно другой является полезной особенностью конструкции. Хотя интегрированный весгейт предлагает ряд удобств при проектировании неспортивных систем турбонаддува, он обычно не позволяет улиткам турбокомпрессора поворачиваться на 360° относительно друг друга. Ограничение поворота улиток может серьезно препятствовать свободе компоновки системы турбонаддува в моторном отсеке.

*Соединения турбонагнетателя.* Фланцы кожуха турбины, которые соединяют турбокомпрессор с выпускным коллектором и выхлопной трубой — два наиболее вероятных места неисправностей в системе. Тепловые деформации, конструкция крепежа и прокладок — всё это нельзя сбрасывать со счетов. Вообще говоря, фланцы с большим количеством крепёжных элементов и более толстыми улитками перенесут нагрев с меньшим количеством проблем. Некоторые роторы турбины изготовлены из жаропрочных сплавов с повышенным содержанием никеля. Такие материалы дают заслуживающее внимание увеличению стойкости к высокой температуре и вследствие этого увеличивают долговечность улитке выхлопа.

Выход холодной улитки турбины почти всегда имеет соединение при помощи гибкого патрубка. Гибкость в этом соединении обычно необходима для компенсации возникающих тепловых деформаций турбокомпрессора. Системы с высоким уровнем наддува могут потребовать установки соединительного стержня на выходном патрубке для обеспечения прочности воздуховода, подверженного значительным растягивающим усилиям.

На входе улитки турбины также применяются соединения с использованием гибких патрубков. Их применение допускается в тех системах, где перед турбокомпрессором к воздуху не примешивается топливо.

**Ответить на вопросы:**

1. Каким образом осуществляется подбор турбины?
2. Базовые руководящие принципы подбора турбины к двигателю?
3. Что такое ротор-турбина?
4. Как происходит выбор размера колеса компрессора?
5. Основные параметры турбины: КПД колеса компрессора. Относительная плотность. Степень повышения давления.
6. Как выбирают размера ротора турбины?
7. Полезные детали конструкции турбины. Как работает разделенный выхлопной коллектор?



## Практические занятия № 2

### Тема: Расчет элементов подвески

**Цель:** изучить способы расчета элементов подвески автомобиля, произвести расчет.

**Задачи:** практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ МДК 3.3. Тюнинг автомобилей, приобретение практических навыков по изучаемой теме. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса.

**Оборудование и материалы:** разрезные макеты, детали, плакаты, иллюстрированные альбомы, справочная литература.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

### Ход работы

1. Изучить типы подвесок.
2. Рассмотреть виды упругих, направляющих и гасящих элементов подвески.
3. Произвести расчет подвески с винтовой цилиндрической пружиной.

### Методические указания

#### Расчет передней подвески автомобиля.

#### Анализ сил, действующих на элементы подвески от статической нагрузки

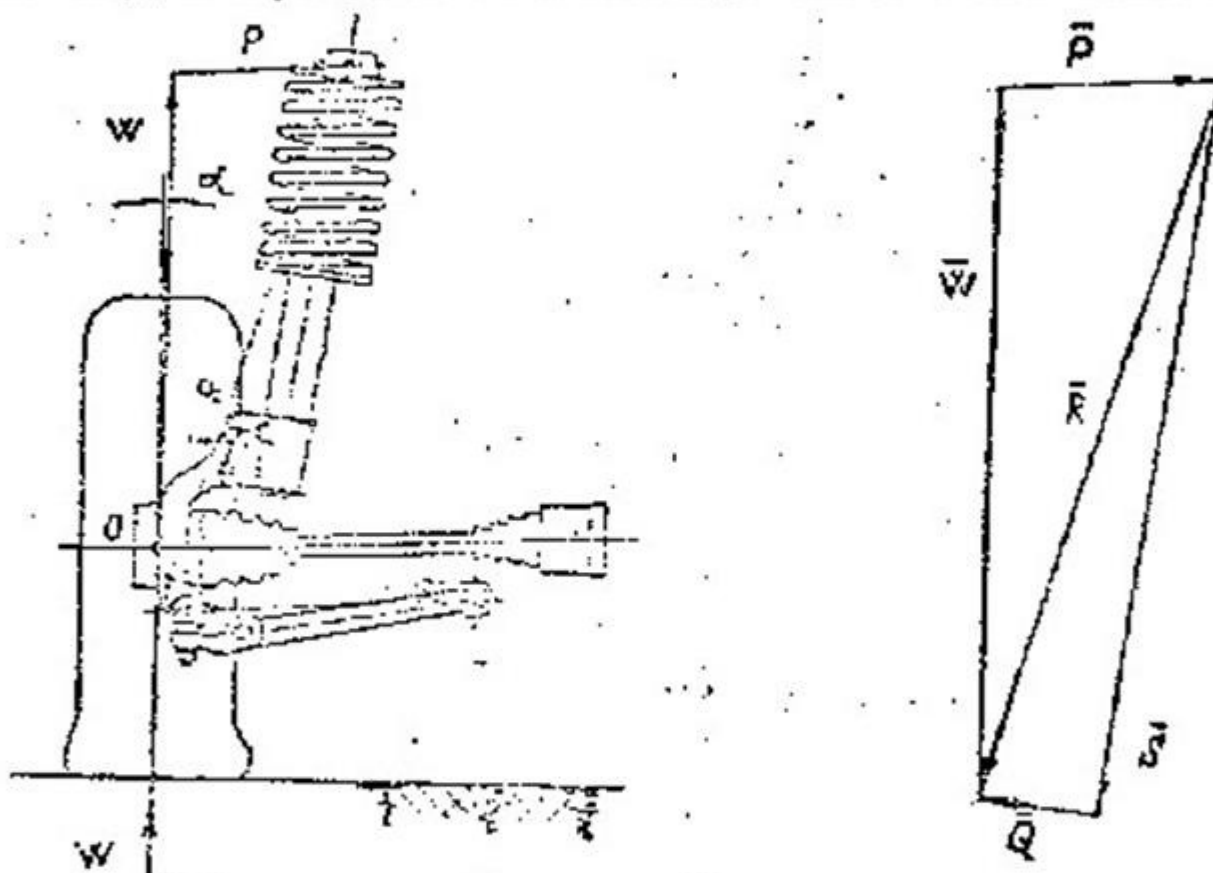


Рис. 1 Схема передней подвески. Векторная диаграмма сил

Вертикальная реакция от веса, приходящегося на передние колеса, за вычетом веса неподрессоренных масс, приложенная в центре пятна контакта колеса с дорогой (сила  $W$ ), уравнивается двумя силами  $P$  и  $R$ :  $W = P + R$ , где:  $P$  - сила, направленная по оси, проходящей через центр шаровой опоры и шарнир нижнего рычага; она вызывает растяжение рычага и приложена в центре шаровой опоры;  $R$  - в свою очередь может быть разложена на две силы  $S$  и  $Q$ :  $R = S + Q$ , где  $S$  - сила, действующая на стойку вдоль оси пружины, равная усилию сжатой пружины;  $Q$  - сила, действующая на шток стойки в центре верхней опоры стойки перпендикулярно оси пружины.

$$W = G1/2 - q = 7271/2 - 45 = 3590,5 \text{ Н}$$

где  $G1$  - вес, приходящийся на передние колеса полностью загруженного автомобиля, равный 7271 Н;  $q$  - вес неподрессоренных масс, принимаем равным 450 Н.

Из векторного уравнения  $W = P + R = P + S + Q$  имеем:

нагрузку

- разработчики хотели получить мощный автомобиль

Конструкторы Nissan, с другой стороны, имея намного более благоприятный с точки зрения тепловыделения двигатель с водяным охлаждением, были свободнее в выборе турбоагрегата для почти немедленной реакции

$$W=3590,5\text{H}$$

$$P=1133,565\text{H}$$

$$R=38502975\text{H}$$

$$S=3691,005\text{H}$$

$$Q=1096,02875\text{H}$$

Принимаем собственную частоту колебаний подпрессор:

$$72\text{ кол./мин.} = 1,2\text{ Гц.}$$

$$\text{Необходимый статический прогиб подвески: } f_{\text{ст.подв.}} = \frac{300}{n^2}$$

Требуемая приведенная жесткость подвески:

$$C_{\text{подв.прив.}} = \frac{W}{f_{\text{ст.подв.}}} = 209,32\text{ Н/см}$$

Мгновенная передаточная функция направляющего аппарата подвески в статике:

$$\mu = \frac{S}{W} = \frac{3691,005\text{H}}{363} = 1,0157$$

Требуемая жесткость пружины.

$$C_{\text{пруж.}} = C_{\text{подв.прив.}} \times \mu^2 = 209,32 \times 1,0157^2 = 21594,4\text{ Н/м}$$

Для расчета параметров пружины предварительно выберем передаточное число подвески  $i$ , индекс пружины  $\beta = D_{\text{ср}}/d$  и значение касательного напряжения исходя из предела прочности материала пружины (сталь 60С21).

$$\beta = 11; \quad \tau = 1000\text{ МПа}; \quad i = 0,85$$

$$K = 1 + 1,5/\beta = 1,14$$

Определим диаметр прутка пружины:

$$d = 1,6 \times \sqrt{\frac{C_{\text{пруж.}} \times f_{\text{ст.подв.}} \times \beta \times i \times K}{\tau}}$$

$$d = 1,6 \times \sqrt{\frac{21594,4 \times 0,17361 \times 11 \times 0,85 \times 1,14}{1000 \times 10^6}} = 0,0101\text{ м} = 10,1\text{ мм}$$

Определим средний диаметр пружины:

$$D_{\text{ср}} = d \times \beta = 10,1 \times 11 = 111,08\text{ мм}$$

Определим число рабочих витков пружины:

$$Z = \frac{0,81 \times C_{\text{пруж.}} \times f_{\text{ст.подв.}}^2 \times G}{\tau^2 \times D \times d^3}$$

где  $G$  – модуль упругости второго рода

$$G = 0,781 \times 10^5\text{ МПа}; \quad Z = \frac{0,81 \times 21594,4 \times 0,17361^2 \times 7,81 \times 10^{10}}{(1000 \times 10^6)^2 \times 0,11108 \times 0,0101^3} = 3,64$$

Примем число рабочих витков  $n = 4$

Полное число витков -  $n_1 = n + 1,5 = 5,5$

Внутренний диаметр пружины -  $D_1 = 68\text{ мм}$ ;

Длина пружины при статической нагрузке  $H_1 = 235\text{ мм}$

Диаметр проволоки или прутка -  $d = 10,1\text{ мм}$

Средний диаметр пружины -  $D_{\text{ср.}} = 111,08\text{ мм}$

$$\text{Статический прогиб пружины: } f_{\text{ст.пруж.}} = \frac{8 \times n \times D_{\text{ср.}}^3 \times P}{781000 \times d^4} = 61,2\text{ мм}$$



Жесткость пружины:  $C_{пруж} = \frac{G \times d^4}{8 \times n \times D_{cp}^3} = \frac{781000 \times 10.1^4}{8 \times 4 \times 111,08^3} = 28396,1 \text{ Н/м}$

Длина пружины, сжатой до соприкосновения витков:

$$H_c = (nl + 1)d + 0.25nl + 0.05d = 121.79255 \text{ мм}$$

Принимаем  $H_c = 122 \text{ мм}$

Из компоновки:

Динамический прогиб пружины:

$$f_{дин.пруж.} = 84 \text{ мм};$$

Длина пружины при динамической нагрузке:  $H_2 = H_1 - f_{дин.пруж.} = 151 \text{ мм};$

Суммарный межвитковый зазор при  $H_2$ :  $\sum \delta = H_2 - H_c = 29 \text{ мм};$

Межвитковый зазор при  $H_2$ :  $\delta = \frac{\sum \delta}{n} = 3.8 \text{ мм};$

Длина пружины в свободном состоянии:  $H_0 = H_1 + f_{ст.пруж.} = 397.668 \text{ мм}$

Принимаем  $H_0 = 398 \text{ мм}$

Коэффициент формы пружины:  $K = 1 + 1.5d/D_{cp.} = 1.158101$

Касательные напряжения в пружине:  $\tau_i = \frac{8 \times K \times D_{cp.}}{\pi \times d^3} \times P_i = 0.191111 \times P_i \text{ Н/мм}^2$

Статическая нагрузка:

$$P_1 = C_{пруж.}(H_0 - H_1) = 3006 \text{ Н}$$

Касательные напряжения при  $P_1$ :  $\tau_1 = 574.5 \text{ Н/мм}^2$

Динамическая нагрузка:  $P_2 = C_{пруж.}(H_0 - H_2) = 4555 \text{ Н}$

Касательные напряжения при  $P_2$ :  $\tau_2 = 870.5 \text{ Н/мм}^2$

Нагрузка на пружину, сжатую до соприкосновения витков:

$$P_3 = C_{пруж.}(H_0 - H_c) = 5090 \text{ Н}$$

Касательные напряжения при  $P_3$ :  $\tau_3 = 972.75 \text{ Н/мм}^2$

Предел прочности для стали 60С2Г по ТУ 14-1-530-73:  $\sigma_{\sigma} = 1350 \text{ Н/мм}^2$

Условие работоспособности:  $\frac{\tau_{max}}{\sigma_{\sigma}} < 0.85$

$$\frac{\tau_{max}}{\sigma_{\sigma}} = \frac{972.75 \text{ Н / мм}^2}{1350 \text{ Н / мм}^2} = 0.72 < 0.85$$

Проверочный расчет на плавность хода.

Приведенная жесткость подвески:  $C_{подв.прив.} = C_{пруж.} / \mu^2 = 181,574 \text{ Н/см}$

Статический прогиб подвески:  $f_{стат.подв.} = W / C_{подв.прив.} = 20,014 \text{ см}$

Собственная частота колебаний поддресоренных масс:

$$\Pi = \frac{300}{\sqrt{f_{ст.подв.}}} = 67,059 \text{ кол./мин.} = 1,118 \text{ Гц.}$$



Определение усилий, действующих на детали передней подвески в режиме торможения

При торможении автомобиля происходит перераспределение нагрузки на передние и задние колеса.

Величина дополнительной нагрузки на каждое из передних колес определяется по формуле:  $W' = \frac{G_a \times j \times h_g}{2 \times 9.81 \times L}$ ,

где  $G_a$  - полный вес автомобиля с грузом в кг, равный 1513 кг;

$j$  - максимальное замедление при торможении в  $m/s^2$ ; величина  $j$  достигает на современных автомобилях  $j_{max} = 8...9 m/s^2$ ; в расчете принимаем  $j = 9 m/s^2$

$h_g$  - высота центра тяжести автомобиля в м;

ориентировочно принимаем  $h_g = 0.55$  м.

$L$  - база автомобиля в м; у нас  $L = 2.492$  м.

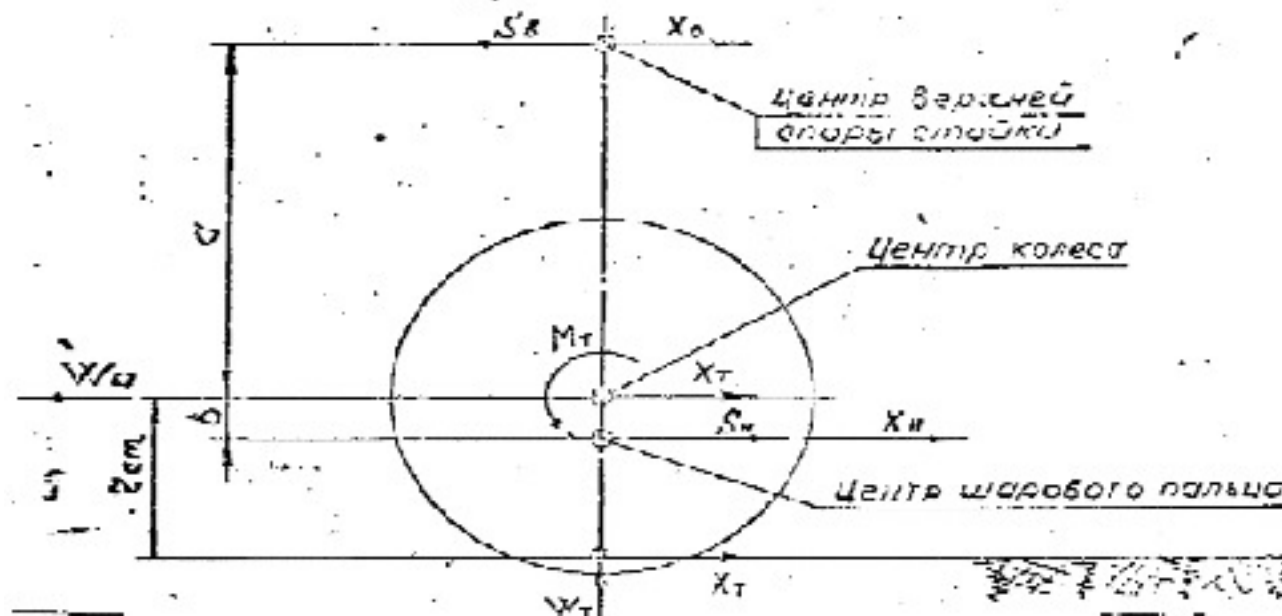


Рисунок 2.2 - Схема сил, действующих на подвеску автомобиля при торможении.

$$W' = \frac{1513 \times 9 \times 0.55}{2 \times 2.492} = 1503 \text{ Н}$$

Нагрузка на переднее колесо будет равна:  $W_T = \frac{G_a}{2} + W' = \frac{7271}{2} + 1503 = 5586.75 \text{ Н}$

Вертикальная реакция от  $W_T$  за вычетом веса неподрессоренных масс, приложенная в центре пятна контакта колеса с дорогой, сила  $W''$  будет равна:

$$W'' = W_T - q = 5586.75 - 450 = 5136.75 \text{ Н}$$

В этом случае усилия, действующие на элементы подвески от вертикальной составляющей  $W''$ , согласно векторной диаграмме будут равны:  $W'' = 5136.75 \text{ Н}$

$$P = 1603,62 \text{ Н}$$

$$R = 5442,43 \text{ Н}$$

$$S = 5217,33 \text{ Н}$$

$$Q = 1549,26 \text{ Н}$$

$$\text{Сила торможения: } X_T = W_T \times \mu = 3910,725 \text{ Н}$$

где  $\mu = 0.7$  - коэффициент сцепления колеса с дорогой.

Переносим силу  $X_T$  в вертикальном направлении в точку  $O$ , получим тормозной момент:  $M_T = X_T \times r_k = 1016,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$

где  $r_k$  - радиус качения колеса в м, равный 0.26 м, и свободную силу  $X_T$

Усилия, действующие на элементы подвески от тормозного момента:

$$S_a = S_b = \frac{M_T}{a+b} = \frac{X_T \times r_k}{a+b} = 1627 \text{ Н} \quad \text{где } a = 555 \text{ мм, } b = 70 \text{ мм.}$$

$$\text{Усилия от силы } X_T: \quad X_b = \frac{X_T \times b}{a+b} = 438 \text{ Н} \quad X_a = \frac{X_T \times a}{a+b} = 3472.7 \text{ Н}$$

Результирующая сила, действующая на верхнюю опору стойки в продольной плоскости автомобиля:  $Q_{np} = S_a + X_a = 1188.9 \text{ Н}$

Результирующая сила, действующая на верхнюю опору стойки подвески в режиме торможения:  $Q_{рез} = \sqrt{Q_{np}^2 + Q^2} = 1952.87 \text{ Н}$

Шаровой палец нижнего рычага передней подвески нагружен в продольной плоскости автомобиля силой:  $S_{II} + X_{II} = 5099.7 \text{ Н}$

Результирующая сила, действующая на нижний шаровой палец в режиме торможения:  $P_{рез} = \sqrt{P^2 + (S_{II} + X_{II})^2} = 7295.72 \text{ Н}$

Расчет стабилизатора поперечной устойчивости на прочность

Диаметр прутка 20 мм

Угловая жесткость стабилизатора определяется по формуле:

$$C_T = \frac{P}{2 \times f_c} = \frac{1}{\frac{l_1 \times l^2}{G \times l_p} + \frac{2l_1^3}{3EI} + \frac{l_2^2(l_c - 2l_2)}{3EI}}$$

$$\text{После преобразований: } C_T = \frac{3EI}{4l_1 l^2 + 2l_1^3 + l_2^2(l_c - 2l_2)}$$

где  $2f_c$  - перемещение одного конца стабилизатора относительно другого;

$$l_c = 1200 \text{ мм; } l = 418.5 \text{ мм; } l_1 = 458.0 \text{ мм; } l_2 = 840 \text{ мм; } b = 247.5 \text{ мм;}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 7853.98 \text{ мм}^4 \quad \text{по компоновке: } 2f_c = 148 \text{ мм; } E = 2 \times 10^5 \text{ МПа.}$$

$$C_T = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 7853.98}{4 \times 840 \times 418.5^2 + 2 \times 458^3 + 247.5^2 (1200 - 2 \times 247.5)} = 7.45 \times 10^3 \text{ Н/м}$$

Найдем усилие  $P$ , приложенное к концам стабилизатора:  $P = C_T \times 2f_c = 1102.6 \text{ Н}$

Наиболее опасным сечением будет сечение в точке 2.  $M_{изг} = P \times l_c = 1323.12 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$$\text{Напряжение от изгиба: } \sigma = \frac{M_{изг}}{W_{изг}} = \frac{M_{изг}}{\frac{\pi d^3}{32}} = 1078.72 \text{ МПа}$$

$$\text{Напряжение кручения: } \tau = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{Pl}{\frac{\pi d^3}{16}} = 188.1 \text{ МПа}$$

Приведенные напряжения по четвертой теории прочности:

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{1078.72^2 + 3 \times 188.1^2} = 1126.84 \text{ МПа}$$

$$\text{Предел прочности для стали 60С2Г: } \sigma_{\sigma} = 1350 \text{ МПа. } \frac{\sigma_{пр}}{\sigma_{\sigma}} = 0.835$$

Расчет угловой жесткости передней подвески

Угловая жесткость подвески определяется по формуле:

$$C_{пп} = 2 \times C_{пруж} \times d^2 + C_T \quad \text{где } d = B/2 = 1400/2 = 700 \text{ мм.}$$

$B$  - колея передних колес;

Угловая жесткость подвески со стандартным стабилизатором:

$$C_{пп} = 2 \times 28396.1 \times 0.7^2 + 4890 = 32.7 \times 10^3 \text{ Н/м}$$

Угловая жесткость подвески с новым стабилизатором:

$$C_{\text{пр}} = 2 * 28396,1 * 0,7^2 + 7450 = 35,3 * 10^3 \text{ Н/м}$$

$$C_{\text{пр}}/C_{\text{зп}} = 1,2$$

Угловая жесткость задней подвески:

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{пр}}/1,2 = 35,3 * 10^3 / 1,2 = 29,4 * 10^3 \text{ Н/м}$$

Общая угловая жесткость подвески автомобиля:

$$\Sigma C_{\phi} = C_{\text{пр}} + C_{\text{зп}} = 35,3 * 10^3 + 29,4 * 10^3 = 64,7 * 10^3 \text{ Н/м}$$

Угловая жесткость подвески автомобиля:

$$\Sigma C_{\phi} = m_{\text{п}} * h_{\phi} * (j_y / \phi + g)$$

где  $m_{\text{п}}$  – подрессоренная масса автомобиля, кг;

$h_{\phi}$  – плечо крена (расстояние от центра масс до оси крена),

м;  $j_y$  – боковое ускорение автомобиля,  $\text{м/с}^2$

$\phi$  – допускаемый угол крена, рад;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$$m_{\text{п}} = 1468 \text{ кг}$$

$$j_y = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_{\phi} = B/2 = 1400/2 = 700 \text{ мм} = 0,7 \text{ м.}$$

$B$  – колея передних колес;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Допускаемый угол крена автомобиля после преобразований:

$$\phi = \Sigma C_{\phi} / m_{\text{п}} * h_{\phi} * j_y - g / j_y$$

$$\phi = 64,7 * 10^3 / 1468 * 0,7 * 4 - 9,81 / 4 = 3,2^{\circ} < 4^{\circ}$$

**Вывод:** произвести расчет элементов подвески.



### Практическое занятие № 3

#### Тема: Расчет элементов тормозного привода и тормозных механизмов

**Цель:** изучить способы расчета элементов тормозного привода и механизмов автомобиля, произвести расчет.

**Задачи:** практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ МДК 3.3. Тюнинг автомобилей, приобретение практических навыков по изучаемой теме. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса.

**Оборудование и материалы:** разрезные макеты, детали, плакаты, иллюстрированные альбомы, справочная литература.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

#### Ход работы

1. Изучить тормозных приводов и механизмов.
2. Рассмотреть дисковый тормозной механизм с гидравлическим приводом.
3. Произвести расчет дискового тормозного механизма с гидравлическим приводом.

#### Методические указания

##### Определение максимально возможного тормозного (требуемого) момента

При торможении автомобиля происходит перераспределение нормальных нагрузок: нагрузка увеличивается на колёсах передней оси и уменьшается на колёсах задней оси. У легковых автомобилей статические нагрузки на переднюю и заднюю оси практически одинаковы. При торможении нормальная нагрузка (реакция) на переднюю ось  $Z_{T1} > Z_{T2}$ .

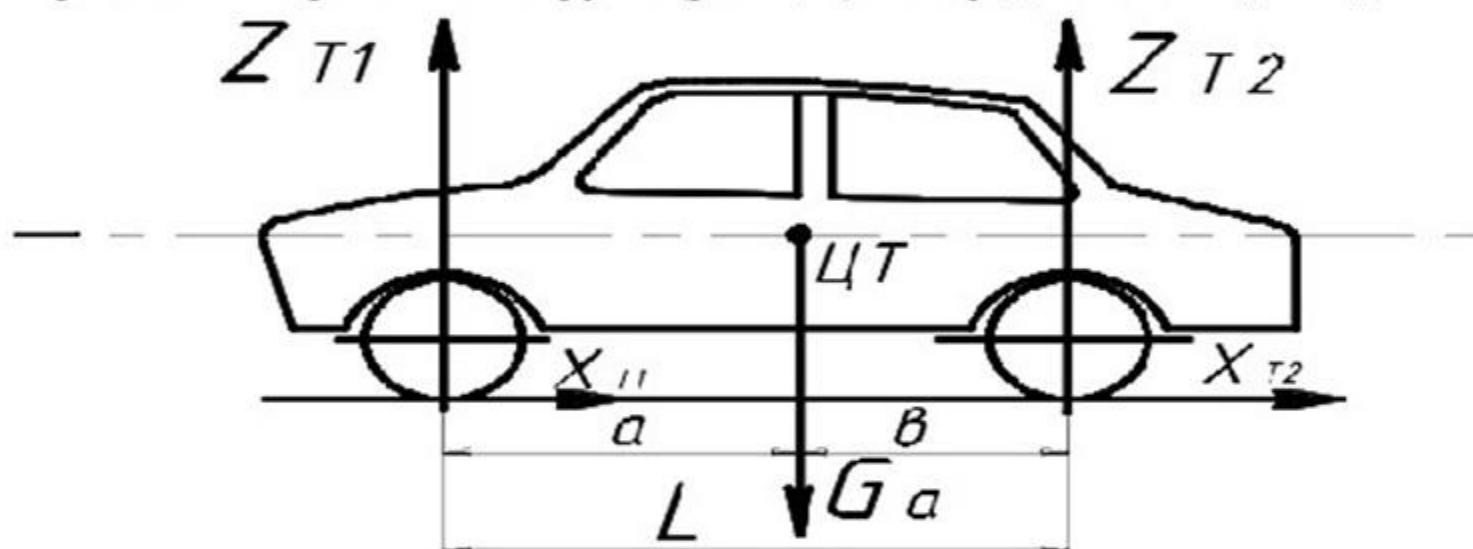


Рис. 1

Нормальные нагрузки (реакции) соответственно на переднюю и заднюю оси для горизонтальной дороги будут [1]

$$Z_{T1} = \frac{G_a (b + \varphi h_g)}{L}, \quad Z_{T2} = \frac{G_a (a - \varphi h_g)}{L}, \quad (1.1) \quad (1.2)$$

где  $G_a$  – сила тяжести автомобиля при полной нагрузке, Н;  $L$  – база автомобиля (расстояние между осями передних и задних колёс), м;  $h_g$  – высота центра тяжести, м;  $a$  и  $b$  – координаты центра тяжести, в продольной плоскости автомобиля (рис.1).

Какие большие тормозные моменты не были бы подведены к колёсам автомобиля, реализованы могут быть лишь тормозные моменты, не превышающие моментов сцепления колёс с дорогой.

Суммарные моменты сцепления соответственно передних и задних колёс

$$M_{T1} = Z_{T1} \varphi r_k = \frac{G_a (b + \varphi h_g) \varphi r_k}{L}, \quad (1.3)$$

$$M_{T2} = Z_{T2} \varphi r_k = \frac{G_a (a - \varphi h_g) \varphi r_k}{L}. \quad (1.4)$$

Здесь  $\varphi$  – коэффициент сцепления шин колёс с дорогой;  $r_k$  – радиус колёс, м.

Тормозные моменты, приходящиеся соответственно на одно переднее и одно заднее колёса, будут

$$M'_{T1} = \frac{Z_{T1} \varphi r_k}{2} = \frac{G_a (b + \varphi h_g) \varphi r_k}{2L}, \quad (1.5)$$

$$M'_{T2} = \frac{Z_{T2} \varphi r_k}{2} = \frac{G_a (a - \varphi h_g) \varphi r_k}{2L}. \quad (1.6)$$

Моменты сцепления колес с дорогой (1.3 – 1.6) являются максимально возможными и получаются при одновременном доведении всех колес автомобиля до блокировки.

Для обеспечения автомобилю наибольшей интенсивности затормаживания, необходимо, чтобы величины тормозных моментов, создаваемых тормозными механизмами на колесах автомобиля были равны (или близки) требуемым (1.3), (1.4) или (1.5), (1.6).

#### Расчёт тормозных моментов, создаваемых на дисковом тормозном механизме

Тормозной механизм каждого колеса имеет две фрикционные накладки 1, охватывающие с обеих сторон тормозной диск 2, установленный на ступице колеса (рис.2). Фрикционные накладки прижимаются к тормозному диску с помощью поршней двух колёсных цилиндров.

Тормозной момент  $M_{Td}$ , создаваемый на диске одного тормозного механизма, будет равен

$$M_{Td} = 2N \mu r_c, \quad (1.7)$$

где  $N$  – нормальная сила, развиваемая одним поршнем и действующая на одну накладку, Н;  $\mu$  – коэффициент трения между тормозным диском и фрикционной накладкой;  $r_c$  – средний радиус фрикционной накладки, м.

Поскольку на диске установлены две накладки, то в уравнение (1.7) введена цифра 2.

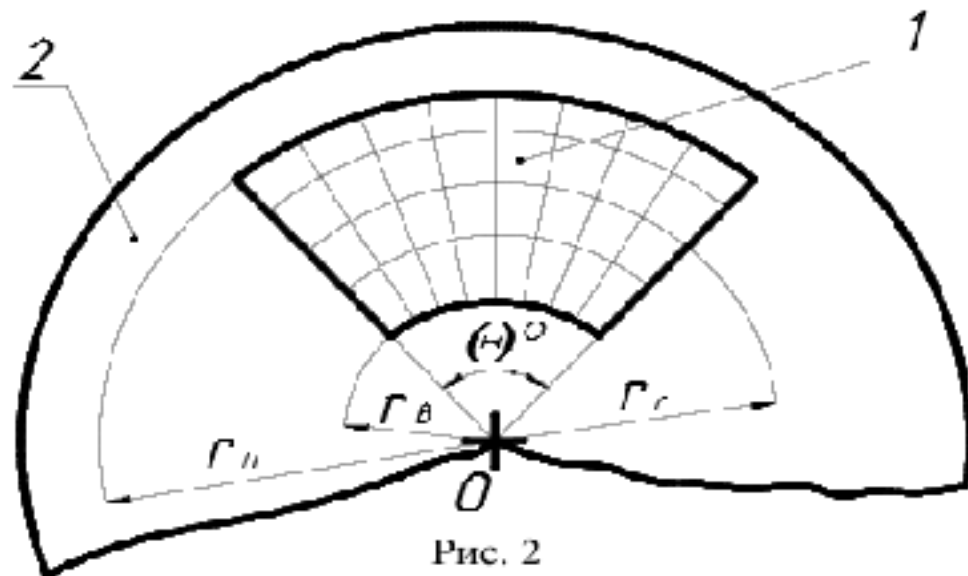


Рис. 2

Приравняв требуемый момент  $M'_{T1}$  (1.5) к тормозному моменту  $M_{Td}$  (1.7), можем рассчитать величину силы  $N_{\Pi}$ , необходимую для создания  $M_{Td}$  на одном переднем колесе автомобиля

$$M'_{T1} = M_{Td};$$

$$\frac{G_a (a + \varphi h_g) \varphi r_k}{2L} = 2N_{\Pi} \mu r_c. \quad (1.8)$$

Из (1.8) имеем

$$N_{\Pi} = \frac{M'_{T1}}{2\mu r_c} = \frac{G_a (a + \varphi h_g) \varphi r_k}{4\mu r_c L}. \quad (1.9)$$

Аналогичное уравнение мы можем записать и для тормозного механизма задних колес, если на них установлены дисковые тормоза



$$N_3 = \frac{M'_{T2}}{2\mu r_c} = \frac{G_a(a - \varphi h_g)\varphi r_k}{4\mu r_c L}. \quad (1.10)$$

Зная величину нормальной силы  $N_{\Pi}$  (1.9) и, задавшись внутренним давлением  $P_i$  в гидросистеме тормозного привода, можно рассчитать диаметр колёсного цилиндра  $d_1$ , или задавшись его диаметром, – найти величину внутреннего давления  $P_i$  в приводе

$$N_{\Pi} = \frac{\pi d_1^2}{4} P_i. \quad (1.11)$$

Здесь:  $d_1$  – диаметр тормозного цилиндра переднего колеса, м;  $P_i$  – внутреннее давление тормозной жидкости в МПа.

Максимальное допустимое давление тормозной жидкости в гидросистеме не должно превышать 1000 – 1200 Н/см<sup>2</sup> или 10 – 12 МПа.

Пояснения, например:

$$1200 \text{ Н/см}^2 = 1200 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 = \frac{1200 \cdot 10^4}{10^6} \text{ МПа} = 12 \text{ МПа}.$$

### Определение хода педали дискового тормоза

Определяется, исходя из объёма жидкости, вытесняемой поршнем главного тормозного цилиндра с диаметром  $D$

$$S = (S_1 + \delta_0) i_{\text{П}} = (S_1 + \delta_0) \frac{l}{l'}, \quad (1.12)$$

где  $S_1$  – ход поршня главного тормозного цилиндра;  $\delta_0$  – зазор между поршнем и штоком главного тормозного цилиндра в расторможенном состоянии ( $\delta_0 = 1,5 - 2,5$  мм);  $i_{\text{П}}$  – передаточное число педали

$$i_{\text{П}} = \frac{l}{l'}. \quad (1.13)$$

Здесь:  $l$  и  $l'$  – соответственно большее и меньшее плечи педали.

Записываем равенство объёмов главного и колёсных тормозных цилиндров в предположении, что дисковые тормозные механизмы установлены как на передних, так и на задних колёсах автомобиля

$$\frac{\pi D^2}{4} S_1 = 4 \frac{\pi d_1^2}{4} \delta_1 + 4 \frac{\pi d_2^2}{4} \delta_2, \quad (1.14)$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – диаметры колёсных цилиндров соответственно тормозных механизмов передних и задних колёс (рис. 3);

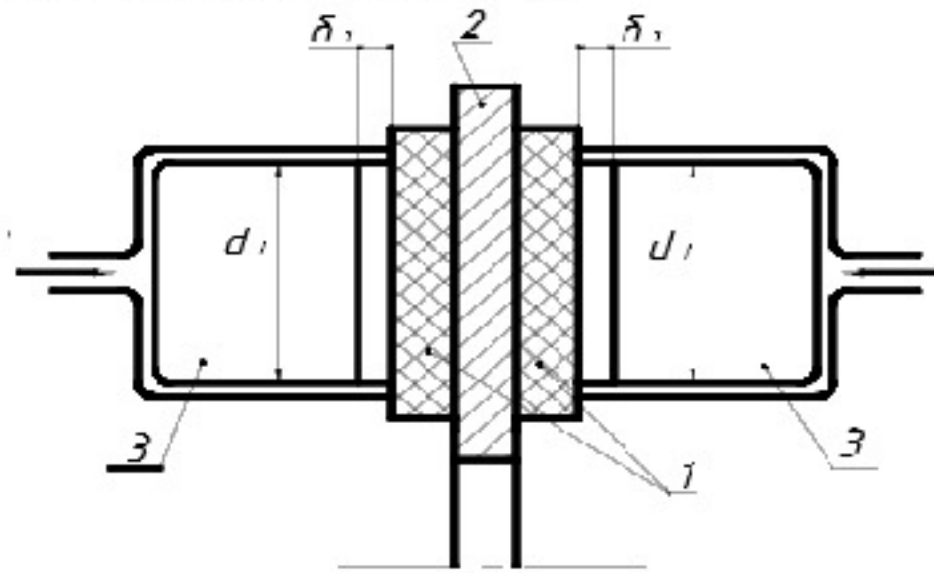


Рис. 3

$\delta_1$  и  $\delta_2$  – зазоры между поршнями и фрикционными накладками тормозных механизмов соответственно передних и задних колёс ( $\delta_1 \approx \delta_2 = 0,05 - 0,15$  мм).

Цифры 4 в числителях правой части уравнения (1.14) поставлены в связи с тем, что в тормозном механизме каждого колёса установлены два поршня, т. е. как в передних, так и в задних колёсах имеются по четыре поршня.

После сокращений получаем ход поршня главного тормозного цилиндра

$$S_1 = \frac{4(d_1^2 \delta_1 + d_2^2 \delta_2)}{D^2}. \quad (1.15)$$

Подставляя  $S_1$  из (1.15) в уравнение (1.12), имеем

$$S = \left[ \frac{4(d_1^2 \delta_1 + d_2^2 \delta_2)}{D^2} + \delta_0 \right] i_{\text{П}}. \quad (1.16)$$

Если максимально допустимые износы фрикционных накладок тормозных механизмов передних и задних колёс обозначить соответственно через  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , то максимальный ход педали тормоза будет

$$S_{\text{max}} = \left\{ \frac{4[d_1^2 (\delta_1 + \lambda_1) + d_2^2 (\delta_2 + \lambda_2)]}{D^2} + \delta_0 \right\} i_{\text{П}}. \quad (1.17)$$

При  $\lambda = 2 - 3$  мм максимальный допустимый ход педали: для легкового автомобиля 150 мм, для грузового – 180 мм.

### Среднее удельное давление на фрикционную накладку тормозного механизма

Среднее удельное давление будет равно отношению нормальной силы  $N$ , развиваемой одним поршнем тормозного механизма (1.9) к площади  $F$  одной накладки, т.е. для передних колёс

$$P'_{уд} = \frac{N_{II}}{F_{II}} = \frac{G_a (b + \varphi h_g) \varphi r_k}{4 \mu r_c L F_{II}} \quad (1.18)$$

Для задних колёс, имеем

$$P''_{уд} = \frac{N_{I}}{F_{I}} = \frac{G_a (a - \varphi h_g) \varphi r_k}{4 \mu r_c L F_{I}} \quad (1.19)$$

Площадь фрикционной накладки будет,  $m^2$

$$F = \frac{\pi(r_n^2 - r_b^2)\theta^\circ}{360^\circ} \quad (1.20)$$

где  $r_b$ ,  $r_n$  – радиусы соответственно внутренней и наружной окружностей фрикционной накладки тормозного механизма;

$\theta^\circ$  – центральный угол (см. рис. 2), стороны которого охватывают фрикционную накладку тормозного диска (угол охвата).

Среднее удельное давление не должно превышать 2 МПа (один МПа =  $10^6$  Н/м<sup>2</sup>) [2]. Среднее удельное давление можно уменьшить за счёт повышения коэффициента трения  $\mu$  и увеличения площади фрикционной накладки  $F$ .

### Удельная работа трения

Удельная работа трения равна отношению кинетической энергии, которой обладает автомобиль в начале торможения со скорости  $V_n = 60$  км/ч, к суммарной площади всех его тормозных накладок:

$$I_{уд} = \frac{G_a V_n^2}{2g \cdot 3,6^2 F_\Sigma} = \frac{G_a V_n^2}{254 F_\Sigma} \quad (1.21)$$

Здесь:  $I_{уд}$  – удельная работа трения, Нм/см<sup>2</sup> (Дж/см<sup>2</sup>);  $V_n$  – скорость (км/ч), с которой начинается торможение;  $G_a/g$  – масса полностью гружённого автомобиля, кг;  $F_\Sigma$  – суммарная площадь всех тормозных накладок автомобиля, см<sup>2</sup>

$$F_\Sigma = 4F_r + 4F_z = 4(F_r + F_z). \quad (1.22)$$

Число 4 в (1.22) поставлено потому, что в тормозных механизмах как передних, так и задних колёс установлены четыре накладки.

Допустимые величины  $L_{уд}$  при торможении с  $V_n = 60$  км/ч составляют 400 – 1500 Дж/см<sup>2</sup> [2]. Меньшие значения 400 – 800 Дж/см<sup>2</sup> принимают для тягачей, грузовых автомобилей и автобусов, большие – для легковых автомобилей.

### Повышение температуры тормозного диска при однократном торможении

Количество теплоты, необходимое для нагревания тормозного диска массы  $m_T$ , кг от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2$ , °C

$$Q_T = C_{уд} m_T (t_2 - t_1) = C_{уд} m_T \Delta t, \quad (1.23)$$

где  $Q_T$  – количество теплоты, ккал;  $C_{уд}$  – удельная теплоёмкость материала тормозного барабана (ккал/кг\*град); для стали и чугуна  $C_{уд} = 0,125$  ккал/кг\*град; для силумина  $C_{уд} = 0,21$  ккал/кг\*град;  $m_T$  – масса диска одного колеса, кг;  $\Delta t$  – повышение температуры, °C.

Считаем, что вся кинетическая энергия автомобиля, движущегося со скоростью  $V_n$  км/ч, превращается в тепло, идущее на нагрев всех тормозных дисков (или дисков и барабанов). Учитывая, что одна килокалория (ккал) соответствует работе, равной  $4,1868 \cdot 10^3$  Дж, и используя уравнения (1.21) и (1.23), получаем

$$\Delta t = \frac{Q_T}{C_{уд} m_T n_T} = \frac{G_a V_n^2}{254 \cdot 4,19 \cdot 10^3 \cdot C_{уд} m_T n_T} \quad (1.24)$$

Здесь:  $n_T$  – число затормаживаемых колёс.

После преобразований имеем (°C).

$$\Delta t = \frac{1,034 \cdot 10^{-6} G_a V_n^2}{C_{уд} m_T n_T} \quad (1.25)$$

При однократном торможении автомобиля со скорости  $V_n = 30$  км/ч повышение температуры тормозного диска  $\Delta t$  не должно превышать 15 °C. Уменьшить повышение температуры тормозного диска возможно не только за счёт улучшения отвода тепла, но и за счёт уменьшения массы автомобиля и увеличения массы тормозных дисков.

## Примерный расчет дискового тормозного механизма

Таблица 1.

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение
Масса автомобиля	$Ma$	кг	1875
Диаметр главного тормозного цилиндра	$D$	мм	32
Передаточное число педали	$i_{\Pi} = \frac{l}{l'}$		5
КПД привода	$\eta$		0,92
Максимальное усилие на педали	$P_{\Pi}$	Н	500
Требуемый момент	$M_{\text{ТП}} = M_{\text{ТД}}$	Нм	1670
Средний радиус фрикционной накладки	$r_c$	м	0,115
Коэффициент трения	$\mu$		0,4
Диаметры тормозных цилиндров соответственно передних и задних колёс.	$d_1 - d_2$	мм	50
Радиус внутренней окружности фрикционной накладки тормозного механизма	$r_{\text{в}}$	мм	90
Радиус наружной окружности фрикционной накладки тормозного механизма	$r_{\text{н}}$	мм	140
Угол охвата фрикционной накладки	$\theta^{\circ}$	градус	60

### Уточнение диаметров $d_1$ и $d_2$ тормозных цилиндров и необходимого давления в тормозном гидроприводе

Усилие, подводимое от педали к штоку поршня главного тормозного цилиндра, Н

$$P_{\Pi} i_{\Pi} \eta = \frac{\pi D^2}{4} P_i \quad (2.1)$$

Давление жидкости в гидроприводе тормозной системы (2.1), создаваемое водителем при давлении на педали  $P_{\Pi} = 500$  Н

$$P_i = \frac{4 P_{\Pi} i_{\Pi} \eta}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 500 \cdot 5 \cdot 0,92}{3,14 \cdot 3,2^2} = 286 \text{ Н/см}^2 = 2,84 \text{ МПа}.$$

Нормальная сила  $N$ , действующая на один поршень (1.9) передних колёс

$$N_{\Pi} = \frac{M'_{T1}}{2\mu r_c} = \frac{1670}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,115} = 18150 \text{ Н.}$$

Давление в гидросистеме  $P_i$ , необходимое для создания на поршне колёсного цилиндра с  $d_1=50$  мм силу  $N_{\Pi}=18150$  Н получим из (1.11)

$$P_i = \frac{4N_{\Pi}}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 18150}{3,14 \cdot 5^2} = 925 \text{ Н/см}^2 = 9,25 \text{ МПа.}$$

Чтобы реализовать на поршне тормозного цилиндра  $d_1$  силу  $N_{\Pi} = 18150$ Н, необходимо создать в гидросистеме тормозного привода давление  $P_i = 925$ Н/см<sup>2</sup>. При усилии на педали  $P_{\Pi}=500$  Н в гидросистеме создаётся давление  $P_i = 284$  Н/см<sup>2</sup>. Есть два выхода:

а) увеличить давление в гидросистеме с помощью гидровакуумного усилителя в  $925/284 = 3,26$  раз;

б) увеличить диаметр колёсного цилиндра при  $P_i = 284$  Н/см<sup>2</sup> до величины (11)

$$d_1 = \sqrt{\frac{4N_{\Pi}}{\pi P_i}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18150}{3,14 \cdot 286}} = \sqrt{81,4} = 8,99 \text{ см} \approx 90 \text{ мм.}$$

#### Расчёт хода педали дискового тормоза

Ход педали для изношенного механизма рассчитываем по уравнению (1.17). Принимая холостой ход поршня  $\delta_1 = \delta_2 = 0,1$ мм, а зазор между поршнем и штоком главного цилиндра  $\delta_0 = 2$  мм и, наконец, —  $d_1 = d_2$ , получаем при износе тормозной накладки  $\lambda_1 = \lambda_2 = 2,5$  мм (1.17)

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left\{ \frac{4[d_1^2(\delta_1 + \lambda_1) + d_2^2(\delta_2 + \lambda_2)]}{D^2} + \delta_0 \right\} i_{\Pi} = \\ &= \left\{ \frac{4[5^2(0,01 + 0,25) + 5^2(0,01 + 0,25)]}{3,2^2} + 0,2 \right\} \cdot 5 = \\ &= \left( \frac{4 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 0,26}{10,2} + 0,2 \right) \cdot 5 = 5,4 \cdot 5 = 27 \text{ см} = 270 \text{ мм} \end{aligned}$$

Расчёт не учитывает деформации гидропривода и жидкости.



Максимальный ход педали тормоза (270 мм) превышает допустимый – равный 150 мм. Получить меньший ход педали возможно за счёт корректировки параметров тормозного механизма и гидропривода. Из уравнения (1.17) следует, что снижая диаметры колёсных цилиндров  $d_1$ ,  $d_2$  и увеличивая диаметр главного цилиндра  $D$ , можно уменьшить ход педали до необходимого уровня. Однако, уменьшая диаметры колёсных цилиндров  $d_1$ ,  $d_2$  и увеличивая диаметр главного гидроцилиндра, мы должны увеличивать удельное давление  $P_i$  в системе, а это возможно лишь при установке гидровакуумного усилителя. В этом случае надо уменьшить величину допустимого износа до  $\lambda_1 = \lambda_2 = 1,4 \text{ мм} = 0,14 \text{ см}$ , тогда (1.17)

$$S_{\max} = \left\{ \frac{4[5^2(0,01 + 0,14) + 5^2(0,01 + 0,14)]}{3,2^2} + 0,2 \right\} \cdot 5 =$$

$$\left( \frac{4 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 0,15}{10,2} + 0,2 \right) \cdot 5 = 15,7 \text{ см} = 157 \text{ мм}.$$

Небольшое превышение вполне допустимо

#### Определение среднего удельного давления на фрикционную накладку тормозного механизма

Расчёт ведём для передних колёс, как наиболее нагруженных (1.18)

$$P_{\text{уд}} = \frac{N_{\Pi}}{F_{\Pi}} = \frac{18150}{60} = 302,5 \text{ Н/см}^2 = 3,1 \text{ МПа}.$$

Площадь фрикционной накладки (1.20)

$$F = \frac{\pi(r_n^2 - r_b^2)\theta^\circ}{360^\circ} = \frac{3,14(14^2 - 9^2)60^\circ}{360^\circ} = \frac{3,14(196 - 81)}{6} = 60 \text{ см}^2.$$

Удельное давление находится в допустимых пределах. Оно должно быть не свыше 2 МПа.

#### Удельная работа трения

Расчёт удельной работы трения ведём по формуле (1.21).

$$L_{\text{уд}} = \frac{G_a V_n^2}{254 F_{\Sigma}} = \frac{1875 \cdot 9,8 \cdot 60^2}{254 \cdot 480} = 543 \text{ Дж/см}^2.$$

$$F_{\Sigma} = 8F = 8 \cdot 60 = 480 \text{ см}^2.$$

(на каждое колесо приходится по две накладки).

Удельная работа трения не превышает допустимых пределов.

#### Повышение температуры при однократном торможении

Повышение температуры определим по (1.25)

$$\Delta t = \frac{1,034 \cdot 10^{-6} G_a V_n^2}{C_{\text{уд}} m_T n_T} = \frac{1,034 \cdot 10^{-6} 1875 \cdot 9,8 \cdot 30^2}{0,125 \cdot 5,5 \cdot 4} = 6,2^\circ \text{С}.$$

Масса одного диска ( $d = 300 \text{ мм}$ ; толщина  $h = 10 \text{ мм}$ ;  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ )

$$m_T = \frac{\pi d^2}{4} h \gamma = \frac{3,14 \cdot 30^2 \cdot 1 \cdot 7,8}{4} = 5500 \text{ г} = 5,5 \text{ кг}.$$

Повышение температуры не должно быть больше  $15^\circ \text{С}$ .

При расчёте  $\Delta t$  предполагалось, что тормозной диск сплошной с  $d = 300 \text{ мм}$ . В действительности, он имеет ещё и ступицу, которая крепится к ступице колеса, что увеличивает массу диска. Таким образом, в расчёте использована меньшая масса диска и результат получается несколько больше действительного, но не превышает допустимого  $\Delta t \leq 15^\circ$ .

**Вывод:** произвести расчёт элементов тормозной системы.

## Практическое занятие № 4

### Тема: Восстановление деталей автомобиля

**Цель:** изучить способы восстановления деталей автомобиля.

**Задачи:** практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ МДК 3.3. Тюнинг автомобилей, приобретение практических навыков по изучаемой теме. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса.

**Оборудование и материалы:** разрезные макеты, детали, плакаты, иллюстрированные альбомы, справочная литература.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

#### Ход работы

1. Ознакомиться с организацией проектирования технологических процессов восстановления деталей.
2. Рассмотреть классификацию технологических процессов по восстановлению деталей.
3. Рассмотреть способы восстановления деталей и сборочных единиц автомобиля.

#### Методические указания

##### *1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН*

Восстановление детали — это совокупность технологических воздействий с целью придания изношенной детали формы, размеров и эксплуатационных свойств, необходимых для приведения ее в исправное состояние. Устраняемые при восстановлении дефекты относятся к следующим основным разновидностям: износ и разрушения поверхностей; механические повреждения деталей; потеря физико-механических свойств материалов; повреждения антикоррозионных покрытий и т.п.

Восстановление детали (независимо от степени износа) возможно различными экономически целесообразными методами. Множество применяемых на практике технологических методов восстановления обусловлено разнообразием дефектов деталей машин. Выбор конкретного метода зависит, в первую очередь, от того, какие эксплуатационные свойства детали должны быть обеспечены при ее восстановлении. К ним относятся:

- целостность и масса детали, распределение массы между отдельными элементами и ее уравновешенность;
- сплошность, состав и структура материала;
- усталостная прочность, жесткость и другие характеристики детали;
- точность геометрической формы, размеров и относительного расположения поверхностей;
- шероховатость, микротвердость и физико-механические свойства (износостойкость, коррозионная стойкость, жаростойкость и т.д.) рабочих поверхностей и др.

В зависимости от характера дефектов, для их устранения применяются разнообразные технологические методы, относящиеся к следующим основным группам:

1. Слесарно-механическая обработка
2. Объемное и поверхностное пластическое деформирование
3. Сварка и пайка
4. Наплавка
5. Приварка металлического слоя
6. Металлизация и напыление порошковых покрытий
7. Гальванические и химические покрытия
8. Электрофизическая и электрохимическая обработка
9. Термическая и химико-термическая обработка
10. Применение неметаллических (полимерных) материалов.

По воздействию на материал восстанавливаемой детали применяемые технологические методы делятся на три группы:

1. Методы, осуществляемые без съема материала:
  - поверхностная и объемная обработка давлением (калибрование, формообразование);



- термическая обработка (для улучшения обрабатываемости и других технологических свойств, поверхностное или объемное упрочнение материала и т.д.);
  - химико-термическая обработка (для диффузионного легирования поверхностного слоя, насыщения неметаллами и т.д.) и др.
2. Методы, осуществляемые со съемом материала:
- механические (однолезвийными и многолезвийными инструментами, связанным и свободным абразивом);
  - электрофизические (электромеханические, электроэрозионные, ультразвуковые, лучевые и др.), электрохимические и химические;
  - комбинированные (электрохимические механические, электроэрозионные химические и др.).
3. Методы, сопровождаемые нанесением материала:
- термические и термомеханические методы нанесения металлических и неметаллических материалов (наплавка, металлизация и напыление порошковых покрытий, припекание порошковых материалов, приварка металлического слоя и др.);
  - электрофизические (электроискровые, вакуумные конденсационные, электролитические и др.) и химические.
- Наиболее широко применяемые на практике методы восстановления деталей машин, относящиеся к указанным группам, представлены на рисунке.

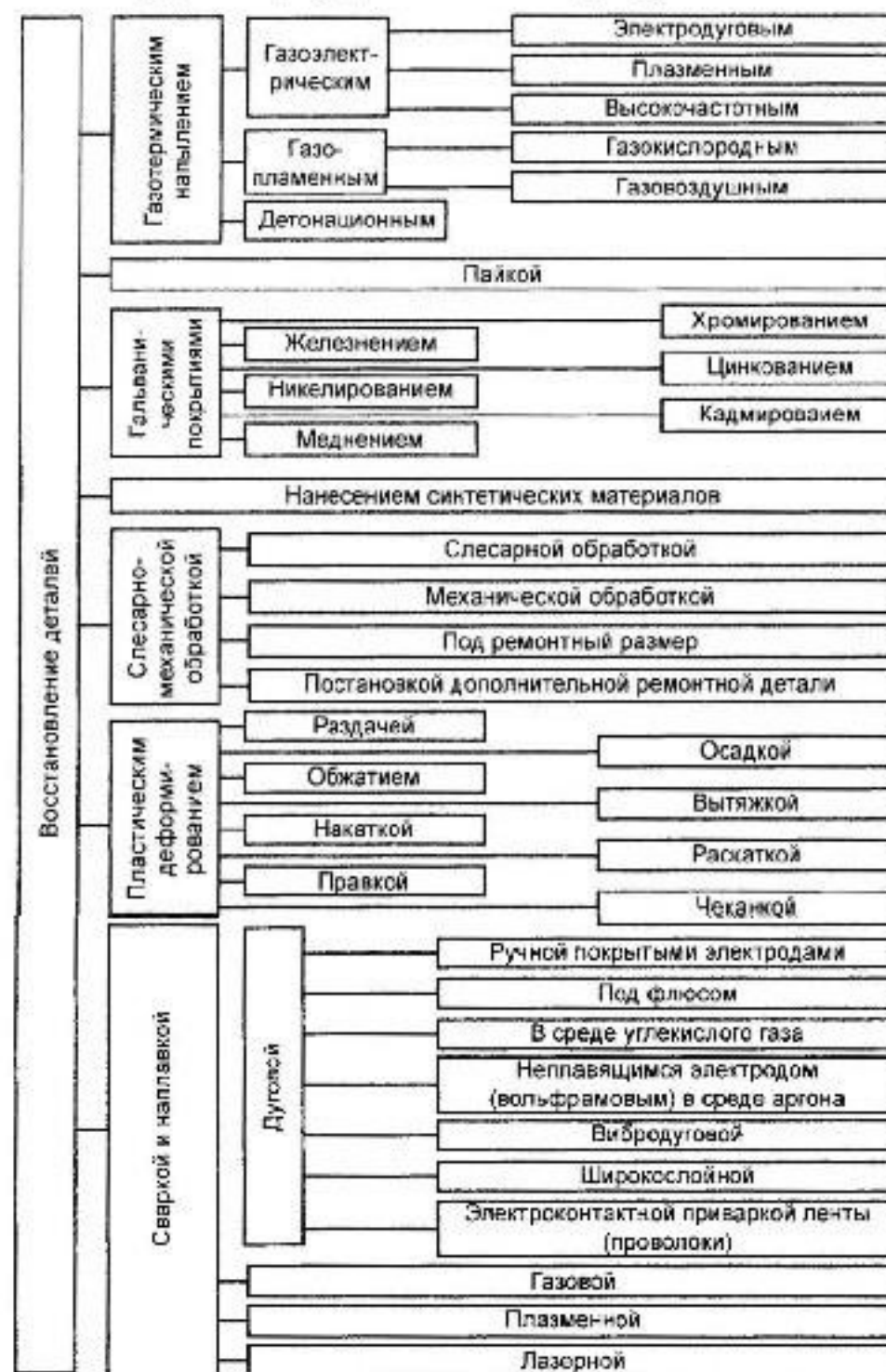


Рис. 4.1. Технологические методы восстановления деталей машин

Рассмотрим назначение и область применения основных методов.

Механическая обработка применяется: как самостоятельный метод восстановления деталей под ремонтный размер и постановку дополнительных ремонтных деталей; для подготовки заготовки к выполнению определенной технологической операции, например

металлизации; для окончательной обработки заготовок после пластического деформирования или наращивания слоя металла на изношенные поверхности.

Обработкой под ремонтный размер восстанавливают геометрическую форму, требуемую шероховатость и точность изношенных поверхностей деталей, величину зазора в соединении деталей.

Дополнительные ремонтные детали применяют с целью компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части сложных деталей. При этом за счет материала дополнительной ремонтной детали экономично могут быть обеспечены заданные эксплуатационные требования к изделию в отношении износостойкости, противозадирных свойств, контактной прочности и т.д.

Пластическое деформирование применяют при восстановлении размеров деталей, их формы, усталостной прочности, жесткости, износостойкости и других физико-механических свойств.

Сварка и пайка предназначены для восстановления целостности и устранения механических повреждений деталей (трещин, отколов, пробоин и т.п.), а наплавка и напыление — для наращивания слоя материала на изношенные поверхности деталей, как правило, под последующую механическую обработку с целью восстановления их размеров и массы, износостойкости и других свойств.

Гальванические и химические методы восстановления широко применяются в ремонтном производстве для:

— нанесения слоя материала на изношенные поверхности деталей (хромирование, железнение, никелирование) с целью восстановления размеров и эксплуатационных свойств (износостойкости и др.);

— защиты деталей от коррозии (цинкование, оксидирование);

— защитно-декоративных целей (хромирование, никелирование, цинкование, оксидирование);

— придания поверхностям деталей специальных свойств — хорошей прирабатываемости (меднение, лужение), повышенной отражательной способности (хромирование, никелирование) или электрической проводимости (меднение, серебрение) и т.д.;

— защиты от науглероживания при цементации (меднение), а также как подслоя под другое покрытие (медь, никель) или как грунт под окраску.

Электрофизические и электрохимические методы, предназначенные для удаления слоя металла, применяют в основном при обработке покрытий с высокой твердостью, когда традиционные методы механической обработки невозможны или экономически невыгодны. Электрофизические методы, обеспечивающие нанесение слоя металла, применяются, преимущественно, для упрочнения и повышения износостойкости поверхностного слоя детали (электроискровое упрочнение, лазерное микролегирование, вакуумные конденсационные методы нанесения покрытий и др.).

Термическая и химико-термическая обработка применяются для восстановления и придания материалу заготовки требуемой структуры и физико-механических свойств, необходимых для обработки заготовки (отжиг) и эксплуатации детали (закалка, легирование поверхностного слоя и т.д.).

Отмеченные способы восстановления деталей обеспечивают требуемый уровень качества, который достигается благодаря правильному выбору способа, а также в результате управления процессами нанесения покрытий и последующей обработки деталей. Основными управляющими факторами, влияющими на качество восстановленных деталей, являются свойства исходных материалов, применяемых при нанесении покрытий, и режимы обработки.

При анализе различных технологических методов с точки зрения применения для восстановления деталей следует исходить из их физической сущности и степени влияния на геометрические параметры детали и физико-механические свойства ее материала, от которых зависит достижение цели восстановительной операции.

Например, повышение усталостной прочности при восстановлении детали обеспечивается уменьшением концентраторов напряжений и созданием в ее поверхностном слое напряжений сжатия. Это обстоятельство следует учитывать при окончательной обработке



восстановленной поверхности. В данном случае задача повышения усталостной прочности решается, например, пластическим деформированием поверхностного слоя (накатыванием роликом или шариком, выглаживанием, дробеструйной обработкой, чеканкой и т.д.). Этот метод обеспечивает выполнение обоих указанных условий: снижается высота микронеровностей, устраняются поры и повышается плотность металла, изменяется структура и твердость поверхностного слоя, в котором образуются напряжения сжатия, препятствующие образованию усталостных трещин.

Второй пример относится к восстановлению жесткости детали. Известно, что жесткость материала зависит от модуля его упругости, поэтому для повышения жесткости пригодны технологические методы, влияющие на эту характеристику материала — механическая (обкатывание, ультразвуковая обработка), термомеханическая и химико-термическая обработка, обеспечивающая необходимые изменения структуры материала.

Зачастую определенная задача может быть решена различными технологическими методами. Например, повышение износостойкости поверхностного слоя детали может быть обеспечено методами, относящимися ко всем указанным выше группам. По физической сущности эти методы делятся на две основные группы:

— методы, основанные на формировании структуры и субструктуры поверхностного слоя металла за счет изменения его химического состава (термическая и химико-термическая обработка, лазерное микролегирование и т.д.);

— методы, основанные на создании на восстанавливаемой детали слоя металлического или неметаллического материала (установка дополнительной ремонтной детали, наплавка и напыление материала, электролитическое покрытие, осаждение материала из газовой и паровой фаз, нанесение полимерных материалов, эмалирование и т.д.).

Вопросы, относящиеся к физической сущности технологических методов, технологии их осуществления, области применения и др. рассмотрены ниже для широко распространенных в ремонтном производстве и некоторых прогрессивных, но мало используемых методов восстановления деталей машин.

## ***2. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ***

Восстановление сопряжения с применением ремонтных размеров заключается в том, что более дорогую и ответственную деталь обрабатывают по изношенной поверхности под ремонтный размер, а сопряженную деталь заменяют новой, имеющей тот же ремонтный размер, обеспечивая требуемый зазор между деталями. Вместо новой детали может использоваться восстановленная до соответствующего размера изношенная деталь. Следовательно, ремонтный размер — это ближайший к номинальному размер, получаемый обработкой изношенной детали при обеспечении требуемой геометрической формы и шероховатости поверхности. Различают стандартные, регламентированные и свободные ремонтные размеры.

Стандартные ремонтные размеры применяют при производстве запасных частей. Восстанавливаемая деталь может иметь несколько ремонтных размеров: 1-й, 2-й и т.д., каждому из которых соответствует определенный размер поверхности. Стандартные ремонтные размеры и допуски на них устанавливает разработчик изделия или завод-изготовитель. Все ремонтные предприятия восстанавливают сопряженные детали в соответствии с ними.

Регламентированные ремонтные размеры устанавливаются техническими условиями на ремонт ряда деталей и соединений.

Обработку под стандартные и регламентированные ремонтные размеры ведут до тех пор, пока не будет достигнут последний ремонтный размер детали. Преимущество этого способа заключается в том, что он позволяет иметь готовые для замены детали и осуществлять ремонт, соблюдая принцип частичной взаимозаменяемости.

Свободные ремонтные размеры предусматривают обработку деталей до получения правильной геометрической формы и требуемой шероховатости рабочих поверхностей. Сопряженная деталь подгоняется к отремонтированной детали до ее размера. В этом случае заранее изготовить детали с окончательными размерами нельзя.



Количество ремонтных размеров зависит от износа деталей соединения (изношенных поверхностей соответственно отверстия и вала) и припуска на обработку. Припуск на обработку, т. е. слой металла, который в процессе механической обработки удаляется с поверхности детали, должен обеспечить получение правильной геометрической формы и заданной шероховатости. Поверхность восстановленной детали не должна иметь следов износа, рисок, царапин, микроскопических трещин и других дефектов.

Ориентировочно припуск на сторону при чистовой обточке и расточке составляет 0,05—0,1 мм, при шлифовании — 0,03—0,05 мм.

Допуски на ремонтные размеры назначаются такими же, как и у номинального размера поверхности.

Минимально допустимый диаметр вала определяется прочностью детали и минимально допустимой толщиной термически обработанного поверхностного слоя. По прочности детали определяют и максимально допустимый диаметр отверстия.

Восстановление деталей под ремонтный размер — общедоступный экономически эффективный метод, который не требует сложного оборудования, сохраняет принцип взаимозаменяемости деталей в пределах определенного ремонтного размера. Недостатки этого метода восстановления — усложнение контроля и сортировки деталей, сборки узлов и агрегатов, увеличение номенклатуры запасных частей и площадей складских помещений для хранения деталей.

Способом ремонтных размеров восстанавливают и резьбовые соединения. В этом случае изношенную резьбу в более дорогой детали резьбовой пары удаляют и заново нарезают резьбу меньшего размера на валу или большего — во втулке.

### 3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕМОНТНОЙ ДЕТАЛИ

Дополнительные ремонтные детали применяются при восстановлении изношенных деталей под ремонтные, а чаще под номинальные размеры. На предварительно обработанную изношенную поверхность детали устанавливают специально изготовленную дополнительную деталь (ДРД) в виде втулки (рис. 4.3, а, б), резьбового свертыша (рис. 4.3, в), зубчатого венца шестерни (рис. 4.3, г) и т.д. Этим способом восстанавливают посадочные поверхности под подшипники качения на валах и в корпусных деталях, отверстия с изношенной резьбой, блоки зубчатых колес и т.д.

Крепление дополнительной детали может осуществляться за счет гарантированного натяга, установки стопорных винтов или шпилек (для крепления втулок, резьбовых свертышей), привариванием в нескольких точках или по всему контуру соединения деталей, склеиванием.

Сборку дополнительной и восстанавливаемой деталей выполняют обычно под прессом. При этом происходит изменение размеров втулки, что необходимо учитывать при окончательной обработке ее рабочей поверхности. При напрессовке втулки на вал увеличивается ее наружный диаметр, а при запрессовке в отверстие уменьшается ее внутренний диаметр.

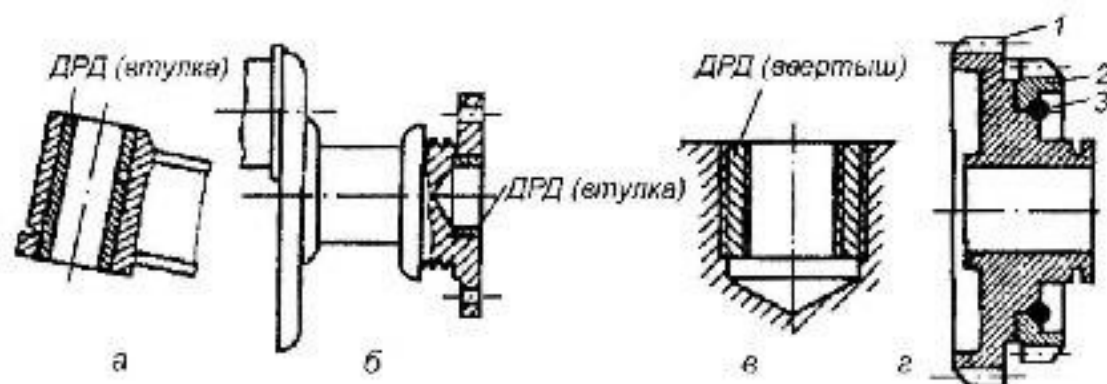


Рис. 4.3. Примеры применения дополнительных ремонтных деталей для восстановления: а, б — цилиндрических отверстий; в — резьбового отверстия; г — венца зубчатого колеса. К расчетной толщине втулки необходимо прибавить припуск на ее механическую обработку после запрессовки.

При больших натягах, а также для повышения прочности соединения втулки с восстанавливаемой деталью их сборку осуществляют с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали.

Стальные втулки, например, нагревают до температуры не более 600 °С. Охлаждение производят в различных средах: в жидком кислороде, жидком азоте или твердом диоксиде углерода, температура испарения которых составляет соответственно -196 °С, -183 °С и -79 °С.

Независимо от способа соединения посадка втулки с натягом считается годной, если она исключает любое относительное перемещение деталей соединения в процессе эксплуатации

Технологический процесс восстановления изношенного отверстия в корпусе или шейки вала включает следующие операции:

- механическая обработка изношенной поверхности по 7-му качеству точности с шероховатостью  $Ra = 1,25—0,32$  мкм;
- запрессовка в отверстие (напрессовка на вал) ремонтной втулки и при необходимости ее фиксация за счет установки штифтов, винтов, склеивания, сварки и т.д.;
- механическая обработка ремонтной втулки с требуемой точностью.

При восстановлении этим способом чугунных деталей применяют стальные ремонтные втулки.

Разновидностью рассматриваемого метода ремонта является восстановление посадочных отверстий под подшипники качения свертными втулками.

Технологический процесс включает в себя следующие подготовительные операции:

- изготовление свертной втулки;
- растачивание отверстия и нарезание в нем винтовой канавки треугольного профиля;
- установку втулки в ремонтируемое отверстие и ее раскатку;
- обработку установленной втулки в соответствии с чертежом на новую деталь.

Заготовки свертных втулок получают резкой стальной ленты на полосы

Заготовку сворачивают во втулку с помощью специального приспособления, после чего с одного из ее торцов снимают фаску. Используя специальную оправку 3 (рис. 4.4), которая крепится в пиноли 5 задней бабки токарного станка, свертную втулку 2 устанавливают в подготовленное отверстие восстанавливаемой детали 1, закрепленной в патроне 6. Затем специальным раскатником производят раскатку втулки в отверстии при окружной скорости 50—70 м/мин и подаче 0,3—0,4 мм/об. Заключительной операцией является механическая обработка установленной втулки в соответствии с чертежом на новую деталь. Требуемая точность внутренней поверхности втулки обеспечивается раскатником.

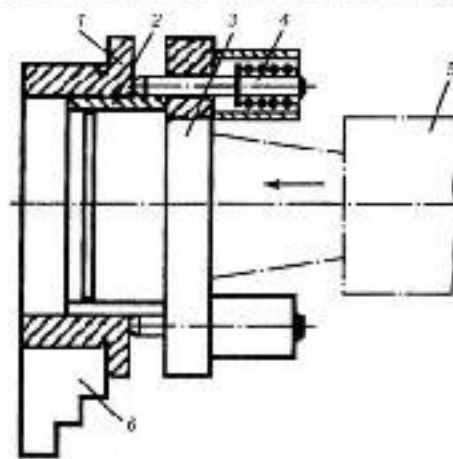


Рис. 4.4. Схема установки свертной втулки: 1 — деталь; 2 — свертная втулка; 3 — оправка; 4 — штифты; 5 — пиноль задней бабки; 6 — патрон токарного станка

При восстановлении резьбового отверстия дополнительную ремонтную деталь выполняют в виде резьбовой спиральной вставки (рис. 4.5). Такие вставки увеличивают надежность резьбовых соединений деталей, особенно из алюминиевых сплавов и чугуна. Спиральные вставки изготавливают из коррозионно-стойкой упругой проволоки ромбического сечения. Для восстановления резьбового отверстия необходимо:

- рассверлить отверстие по кондуктору и снять фаску, при этом смещение осей отверстий допускается не более 0,15 мм, а их перекос не более 0,15 мм на длине 100 мм;
- нарезать резьбу в рассверленном отверстии;
- установить резьбовую вставку в отверстие и удалить ее технологический поводок;
- проконтролировать качество восстановления резьбы с помощью «проходного» и «непроходного» калибров или контрольного болта.



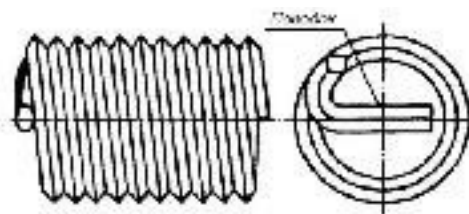


Рис. 4.5. Резьбовая спиральная вставка

Восстановление заменой части детали. Этим методом восстанавливают дорогостоящие элементы конструкции. Изношенную часть детали удаляют, а изготовленную вместо нее деталь соединяют с восстанавливаемой деталью напрессовкой, сваркой, склеиванием и т.п. На рис. 4.3, г показан вариант восстановления блока зубчатых колес, в котором зубчатый венец 2 заменен новым. Для этого старый венец срезают, напрессовывают новый, который дополнительно фиксируют сварным швом 3, и нарезают новые зубья. Если заменяемый зубчатый венец подлежит закалке, то для уменьшения деформаций блока и предупреждения окисления его поверхностей венец нагревают токами высокой частоты. Применяется также механическое соединение нового венца с блоком без сварки.

#### **4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

Общая характеристика и назначение методов восстановления.

Пластическое деформирование — это необратимое изменение формы и размеров тела без нарушения его сплошности в результате механического воздействия. Восстановление деталей этим способом основано на использовании пластических свойств материала, благодаря которым можно приложением нагрузки изменять форму и размеры заготовки при постоянном ее объеме за счет перераспределения металла на изношенные поверхности. В зависимости от свойств металла пластическому деформированию могут подвергаться детали, как в холодном, так и в горячем состоянии (при нагреве до температуры свыше 400 °С).

Для деформирования деталей в холодном состоянии необходимы значительные внешние усилия, так как в металле необходимо создать напряжения, превышающие предел его упругости. Поэтому деформирование деталей производится в специальных приспособлениях на прессах.

Детали из низкоуглеродистых сталей твердостью до HRC330, а также из цветных металлов и сплавов обычно деформируют в холодном состоянии без предварительной термообработки. Деформирование металла сопровождается сдвигом атомов или групп их (зерен, кристаллов), при этом происходит упрочнение (наклеп) металла, повышаются его твердость и предел прочности при одновременном понижении пластических свойств.

Для уменьшения усилия деформирования часто применяют нагрев детали. При этом необходимо учитывать верхний предел нагрева и температуру завершения пластического деформирования металла. Относительно низкая температура в конце процесса деформирования металла может привести к наклепу и появлению трещин. В зависимости от конструкции детали, характера и места износа применяют общий или местный нагрев.

В нагретом состоянии восстанавливают детали из средне- и высокоуглеродистых сталей.

Пластическое деформирование применяют при восстановлении формы и размеров деталей, а также физико-механических свойств материала. Детали восстанавливают правкой, осадкой, вдавливанием, раздачей, обжатием, вытяжкой и накаткой. Форму деталей, измененную вследствие деформаций от изгиба и кручения, восстанавливают правкой статическим нагружением или наклепом.

Восстановление механических свойств материала деталей повышением их усталостной прочности и износостойкости осуществляют способами поверхностного пластического деформирования, к которым относятся: обкатка роликами и шариками, чеканка, алмазное выглаживание, дробеструйная обработка и др.

Восстановление размеров изношенных деталей пластическим деформированием достигается в процессе перераспределения металла с нерабочих элементов деталей на изношенные. Восстановление первоначальной формы деталей правкой основано на упругих свойствах материала детали. Восстановление усталостной прочности и износостойкости деталей производится повышением твердости поверхностного слоя металла и созданием в нем благоприятных остаточных напряжений сжатия.

Восстановление деталей осадкой. Осадка применяется для уменьшения внутреннего или увеличения наружного диаметра деталей типа втулок, а также увеличения наружного диаметра сплошных деталей за счет уменьшения их длины (рис. 4.6, а). Уменьшение высоты деталей в зависимости от величины воспринимаемой в процессе эксплуатации нагрузки не превышает 8—15%.

При осадке направление деформации детали перпендикулярно направлению действия нагрузки. Для сохранения формы отверстий, канавок и прорезей перед осадкой в них устанавливают стальные вставки. Осадку проводят в специальных приспособлениях с помощью винтовых или гидравлических прессов (рис. 4.6, б). После осадки отверстие во втулке обрабатывают для обеспечения требуемой точности и шероховатости поверхности.

Восстановление деталей раздачей. Раздачей восстанавливают наружный диаметр полых деталей (втулки, пальцы и др.) за счет увеличения их внутреннего диаметра при приложении радиально направленных усилий (рис. 4.7, а). Направления усилий и деформаций совпадают, поэтому высота деформируемых деталей при раздаче практически не изменяется.

В зависимости от свойств материала раздача деталей проводится как в холодном, так и нагретом состоянии. Для раздачи детали через отверстие

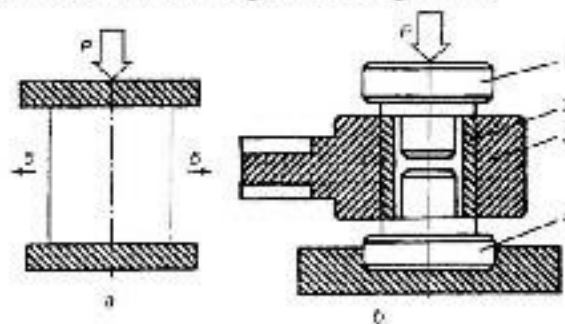


Рис. 4.6. Пластическое деформирование осадкой: а — принципиальная схема метода; б — схема приспособления для осадки втулки; 1,4 — оправки; 2 — втулка; 3 — изделие

Восстановление деталей раздачей. Раздачей восстанавливают наружный диаметр полых деталей (втулки, пальцы и др.) за счет увеличения их внутреннего диаметра при приложении радиально направленных усилий (рис. 4.7, а). Направления усилий и деформаций совпадают, поэтому высота деформируемых деталей при раздаче практически не изменяется.

В зависимости от свойств материала раздача деталей проводится как в холодном, так и нагретом состоянии. Для раздачи детали через отверстие продавливают пуансон, в качестве которого часто используют шарик (рис. 4.7, б). Остаточная деформация (увеличение диаметра) детали зависит от упругих свойств материала и температуры, диаметра пуансона. Максимальное значение деформации ограничено из-за возможности образования в детали трещин. Условия деформирования существенно улучшаются при исключении перемещения пуансона вдоль оси детали и устранении благодаря этому трения между ними. Раздача детали в этом случае осуществляется радиально перемещающимися элементами.

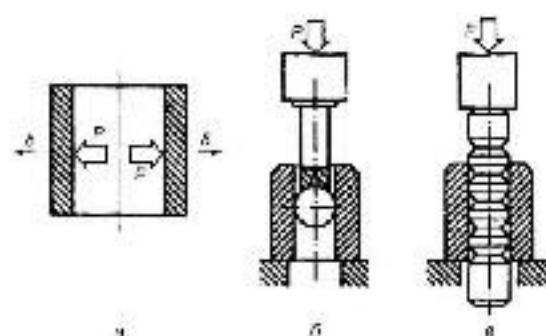


Рис. 4.7. Пластическое деформирование раздачей: а — принципиальная схема метода; б — схема раздачи шариком; в — схема раздачи оправкой

На этом принципе основано приспособление (рис. 4.8) для раздачи втулок. Оно выполнено в виде штампа с расходящимися в радиальном направлении клиньями-секторами 7, каждый из которых для ориентации снабжен направляющей шпонкой 3. Восстанавливаемая втулка 4 охватывает сектора, которые, опираясь на плиту 5, при перемещении конического пуансона 2 вдоль его оси получают перемещение в радиальном направлении и растягивают втулку 4 до заданного размера.



Чем больше секторов, тем точнее внутренняя поверхность втулки приближается к цилиндрической. Обычно количество секторов не превышает 12, а угол при вершине конической поверхности пуансона принимается равным  $8-10^\circ$ .

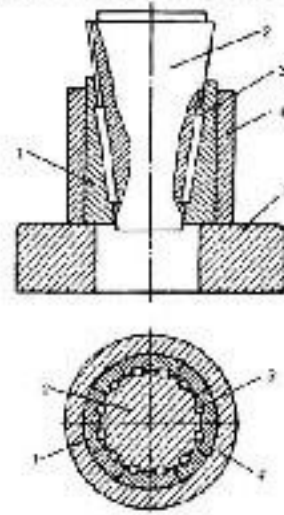


Рис. 4.8. Схема приспособления для раздачи втулки: 1 — клин-сектор; 2 — пуансон; 3 — направляющая шпонка; 4 — деформируемая втулка; 5 — плита

**Восстановление выдавливанием.** Выдавливание позволяет увеличить наружные размеры детали путем вытеснения металла в направлении, перпендикулярном усилию  $P$  (рис. 4.9, а).

От осадки оно отличается тем, что высота детали не изменяется, а увеличение ее диаметра происходит за счет выдавливания металла из нерабочей части. Выдавливанием восстанавливают зубчатые колеса (рис. 4.9, б), боковые поверхности шлицев на валах (рис. 4.9, в) и т.д.

Шлицы прокатывают вдоль их продольной оси заостренным роликом, который внедряется в металл и разводит шлиц в обе стороны. Инструментом служат ролики диаметром 60 мм с радиусом при вершине 0,3—0,4 мм. Нагрузка на ролик составляет 2,0—2,5 кН.

Восстановление по наружному диаметру выдавливанием деталей типа дисков (зубчатые колеса и др.) производится на прессах в штампах (рис. 4.9, б). Заготовку (восстанавливаемую деталь) устанавливают с помощью оправки 2 и центрирующей разрезной втулки 3 в матрице 7. Выдавливание происходит под действием пуансона 4, а правильная геометрическая форма наружной поверхности заготовки обеспечивается ограничительным кольцом 5.

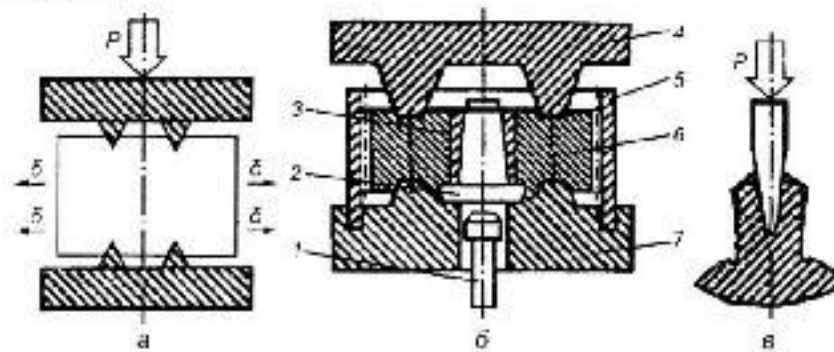


Рис. 4.9. Пластическое деформирование выдавливанием: а — принципиальная схема выдавливания; б — схема выдавливания в штамп; в — схема восстановления шлица; 1 — выталкиватель; 2 — оправка; 3 — центрирующая втулка; 4 — пуансон; 5 — кольцо; 6 — заготовка; 7 — матрица

**Восстановление обжатием.** Обжатие применяют для восстановления внутреннего диаметра полых деталей типа колец и втулок с изношенным отверстием, уменьшая их наружный диаметр (рис. 4.10, а) по направлению действия сжимающего усилия.

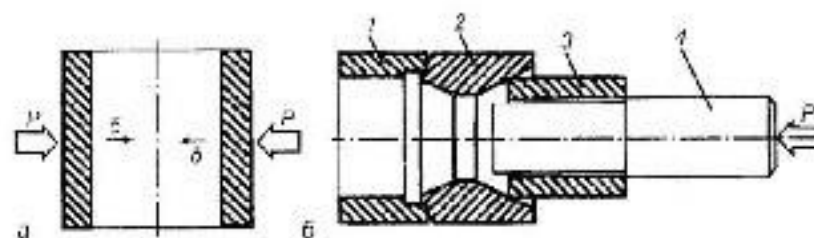


Рис. 4.10. Схема пластического деформирования обжатием: а — принципиальная схема; б — схема приспособления для обжатия втулок; 1 — опорное кольцо; 2 — матрица; 3 — восстанавливаемая втулка; 4 — оправка



Этим методом восстанавливают также детали с изношенными внутренними поверхностями за счет уменьшения наружных размеров, которые не влияют на их работоспособность (корпуса гидравлических насосов, проушины рычагов, вилок и др.). Обжатие производится в холодном состоянии под прессом в специальном приспособлении (рис. 4.10, б). Втулку 3 проталкивают через матрицу 2, которая имеет сужающее входное отверстие под углом  $7-8^\circ$ , калибрующую часть и выходное отверстие, расширяющееся под углом  $18-20^\circ$ . Калибрующая часть матрицы позволяет уменьшить внутренний диаметр детали на величину износа с учетом припуска на развертывание до требуемого размера.

Восстановление вытяжкой. Вытяжка применяется для увеличения длины деталей в результате местного обжатия в направлении, перпендикулярном усилию (рис. 4.11), и некоторого уменьшения площади их поперечного сечения. Вытяжку производят обычно в холодном состоянии.

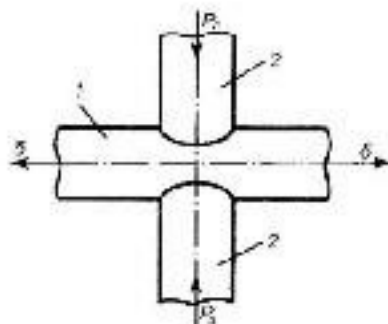


Рис. 4.11. Схема пластического деформирования вытяжкой: 5 — направление деформации детали;  $P_d$  — действующее усилие; 1 — заготовка; 2 — пуансоны

Восстановление накаткой. Накатка применяется для увеличения диаметра изношенных наружных поверхностей за счет вытеснения металла. В качестве накатного инструмента используют зубчатый ролик (рис. 4.12) с шагом зубьев  $1,5-1,8$  мм, обеспечивающим высоту подъема металла на сторону не более  $0,2$  мм и уменьшение опорной поверхности не более  $50\%$ . Ролик устанавливается в приспособлении 2 на суппорте токарного станка. Скорость накатки зависит от материала заготовки и составляет для стали —  $8-20$ , медных сплавов —  $30-50$ , алюминиевых сплавов — до  $90$  м/мин при обильной подаче машинного масла. Число проходов зависит от материала детали и толщины выдавливаемого слоя.

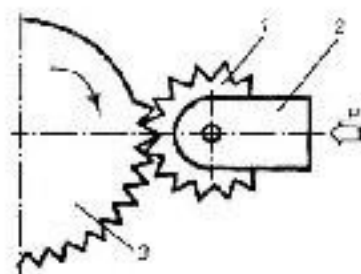


Рис. 4.12. Принципиальная схема восстановления накаткой: 1 — накатный ролик; 2 — приспособление; 3 — восстанавливаемая деталь

Метод позволяет увеличивать диаметр накатываемой детали на  $0,3-0,4$  мм и применяется для восстановления изношенных посадочных мест под подшипники качения и других деталей, воспринимающих удельную нагрузку не более  $7$  МПа.

Восстановлению накатыванием в холодном состоянии подлежат детали с твердостью не более HRC330. При более высокой твердости деталь подвергают отпуску.

Восстановление электромеханической обработкой. Электромеханическая обработка предназначена для восстановления поверхностей деталей неподвижных сопряжений и состоит в искусственном нагреве металла электрическим током в зоне деформации, что способствует повышению пластических свойств металла. Схема обработки приведена на рис. 4.13, а.

Процесс состоит из двух операций (рис. 4.13, б): высадки металла и сглаживания выступов до необходимого размера.

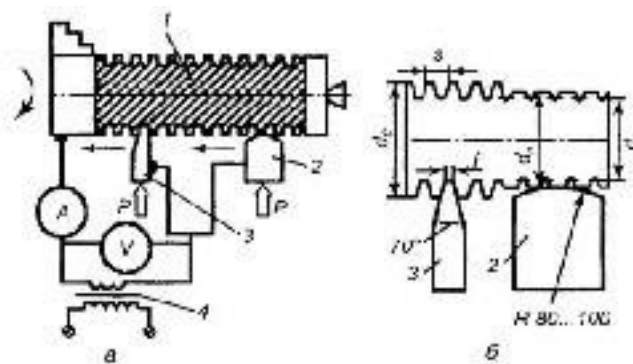


Рис. 4.13. Пластическое деформирование электромеханической обработкой: а — схема обработки; б — схема высадки и сглаживания; 1 — деталь; 2 — сглаживающая пластина; 3 — вытесняющая пластина; 4 — понижающий трансформатор

Обработку ведут на токарном станке. В резцедержатель закрепляют оправку с рабочим инструментом. Деталь 1 и инструменты 2, 3 подключают к вторичной обмотке понижающего трансформатора 4. При вращении детали к ней прижимают инструмент, имеющий продольную подачу  $S$ , которая должна быть в 3 раза больше ширины контактной поверхности пластины 3. Через зону контакта детали и инструмента (площадь контакта мала) пропускают ток 350—700 А напряжением 1—6 В. Деталь нагревается до 800—900 °С и поэтому легко деформируется инструментом. Обработка осуществляется с охлаждением, что способствует закалке поверхностного слоя.

В качестве высаживающего и сглаживающего инструмента используют пластину или ролик из твердого сплава (для высаживания заостренная, а для сглаживания закругленная). При выдавливании образуются выступы, аналогичные резьбе. Диаметр детали увеличивается. Увеличение диаметра незакаленных деталей возможно на 0,4 мм, а закаленных на 0,2 мм. Сглаживание поверхности осуществляют до номинального диаметра  $dH$ . Ширина сглаживающей пластины 2 должна быть в 3—5 раз больше подачи. Обработанная поверхность детали получается прерывистой, поэтому площадь ее контакта с сопряженной деталью уменьшается. Допускается уменьшение площади контакта не более 20 %.

Восстановление деталей термоупругопластическим деформированием. Из способов восстановления деталей машин пластическим деформированием выделяется способ термоупругопластического деформирования (ТПД), при котором изменение размеров восстанавливаемой детали происходит не за счет приложения к ней нагрузки со стороны прессового оборудования, а в результате пластической деформации, возникающей при нагреве и охлаждении детали. Перераспределение металла детали на изношенные ее рабочие поверхности с одновременным упрочнением осуществляется за счет пластического деформирования, происходящего вследствие того, что при интенсивном нагревании детали менее нагретый слой металла препятствует температурной деформации более нагретого слоя. Например, при нагревании изнутри полый детали типа втулка, ее свободному температурному расширению препятствует имеющий более низкую температуру внешний слой, что и вызывает пластическую деформацию металла. При последующем охлаждении эта деформация сохраняется, что и обуславливает изменение первоначальных размеров детали.

На способе ТПД основаны применяемые на практике технологии восстановления, например, поршневых пальцев и гильз цилиндров. Основные его преимущества связаны с тем, что для восстановления номинальных размеров детали не требуется наращивать слой металла или применять энергоемкое прессовое оборудование.

Нагревание детали при ТПД может осуществляться в матрице (для тонкостенных деталей) или свободном состоянии. На рис. 4.14 показаны схемы восстановления внутренней поверхности втулки 1 способом ТПД в жесткой матрице 4, непрерывно охлаждаемой водой с помощью устройства 3.

За счет того, что матрица исключает тепловые деформации детали 1 в радиальном направлении, за один цикл, включающий нагревание и охлаждение детали, ее относительная пластическая деформация достигает 1,6 %. Благодаря этому происходит радиальная усадка внутренней поверхности детали и формируется припуск для ее обработки. Величина усадки зависит от материала детали, температуры и скорости нагрева, скорости охлаждения, размеров детали и других факторов.



Восстановление детали происходит в следующей последовательности. Движением матрицы 4 вверх в нее вводится индуктор 2. В его нижнем крайнем положении одновременно включаются нагрев детали 1 током высокой частоты и ее вращение с определенной частотой  $n$ . После прогрева в течение 10—15 с деталь, двигаясь с матрицей вниз со скоростью  $v = 1,8—2,3$  мм/с, нагревается до температуры 730—750 °С и, взаимодействуя с матрицей, осаживается. По завершении цикла деталь, охлажденную до температуры 550—400 °С, извлекают из матрицы и далее охлаждают на воздухе.

Для совмещения процессов усадки и закалки установка дополнительно оснащается устройством 5 (рис. 4.14, б) для охлаждения детали 1, нагретой до закалочной температуры. В этом случае восстановленные детали проходят средний отпуск.

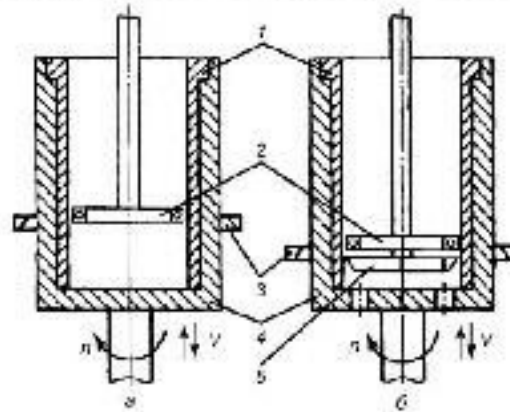


Рис. 4.14. Схемы восстановления внутренней поверхности втулки в жесткой матрице а — незакаливаемых втулок; б — закаливаемых втулок; 1 — восстанавливаемая деталь; 2 — индуктор; 3 — устройство для охлаждения матрицы; 4 — матрица; 5 — устройство для охлаждения детали

После ТПД выполняется механическая обработка внутренней и наружной поверхностей детали для обеспечения требований к точности и шероховатости ее поверхностей, установленных конструкторской документацией. Себестоимость восстановления деталей рассмотренным способом не превышает 60 % стоимости новых.

При восстановлении наружной цилиндрической поверхности способом ТПД (рис. 4.15) деталь 1 помещают в индуктор 3 установки для закалки ТВЧ, нагревают объемно до температуры фазовых превращений (840—860 °С), а затем зажимают по торцам и охлаждают водяным душем изнутри посредством устройства 4. В результате деталь получает остаточную деформацию в виде увеличения наружного  $D$  и внутреннего  $d$  диаметров и длины  $L$  детали, что обеспечивает компенсацию износа и создание припуска под последующую механическую обработку наружной и торцовых поверхностей детали. При наличии у детали цементированного слоя одновременно осуществляется поверхностная закалка на глубину 0,15 мм.

После ТПД деталь подвергается отпуску при температуре 190—220 °С в течение 2 ч с последующим охлаждением на воздухе и проходит механическую обработку для обеспечения требуемой точности и шероховатости. Детали, восстановленные способом ТПД, по физико-механическим и эксплуатационным свойствам не уступают новым. Этот способ может использоваться также для устранения брака при механической обработке.

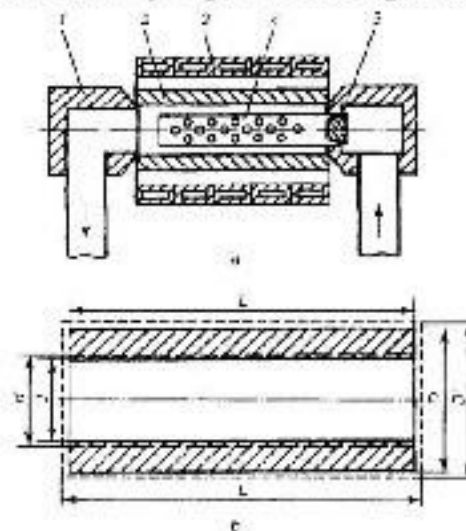


Рис. 4.15. Схема восстановления наружной поверхности втулки способом ТПД (а) и изменение его линейных размеров (б): 1 — втулка; 2 — восстанавливаемая деталь; 3 — индуктор; 4 — охлаждающее устройство; 5 — гидроклапан.



**Ответить на вопросы:**

1. Какие технологические методы восстановления деталей существуют?
2. В чем заключается метод ремонтных размеров?
3. В чем заключается метод постановки дополнительной ремонтной детали?
4. Сущность восстановления деталей пластическим деформированием?

## Практическое занятие № 5

### Тема: Подбор колесных дисков по типу транспортного средства

**Цель:** изучить способы подбора колесных дисков по типу транспортного средства.

**Задачи:** практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ МДК 3.3. Тюнинг автомобилей, приобретение практических навыков по изучаемой теме. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса.

**Оборудование и материалы:** разрезные макеты, детали, плакаты, иллюстрированные альбомы, справочная литература.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

### Ход работы

1. Ознакомиться с устройством колесного диска.
2. Рассмотреть классификацию колесных дисков.
3. Рассмотреть маркировку колесных дисков.

### Методические указания

Вполне понятно желание каждого водителя использовать для своего автомобиля всё самое лучшее. Если по применению различных чехлов и аудиосистемы вопросов обычно не возникает, их выбор вполне может определяться личными пристрастиями, то все, что влияет непосредственно на режимы движения, надежность и безопасность, должно рассматриваться только с точки зрения допустимости установки на авто. Именно так и надо оценивать влияние автомобильных дисков на поведение машины.



Эти изделия относятся к категории, так называемой неподрессоренной массы, в процессе движения она оказывает непосредственное влияние на поведение авто. От правильного выбора дисков будет зависеть динамика разгона автомобиля, его управляемость и надежность работы подвески. Из этого, а не из цвета дисков, необходимо исходить, выбирая колеса для своего авто, а определяющими в данном случае должны стать рекомендации его изготовителя.

Чтобы лучше их выполнить и тем самым обеспечить долгую жизнь для своего автомобиля и безопасные условия движения, существует маркировка колесных дисков, а производителями указывается, какие из них можно ставить на авто.

### **КАК РАСШИФРОВЫВАЕТСЯ МАРКИРОВКА ДИСКОВ.**

Потребность в понимании того, что означает вся эта аббревиатура, возникает всякий раз, когда появляется необходимость в замене колес. Существующая маркировка автомобильных дисков одинакова во всем мире, и она одинакова для литых или кованных дисков, применяющихся для грузовых или легковых автомобилей, т.е. для всех колесных средств передвижения.

Расшифровка маркировки станет более понятной, если воспользоваться помощью приведенных ниже рисунков. Для примера рассмотрим такой ее вариант как 7,5Jx15H25x100ET40d54.1. Каким образом подобная маркировка соотносится с конструкцией диска, хорошо видно на правом рисунке. — поверхностная и объемная обработка давлением (калибрование, формообразование);



## РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЯ



1. Обозначение посадочной ширины идет первым в маркировке дисков автомобиля. В нашем конкретном примере это цифра 7,5. Она обозначает в дюймах именно ширину обода, т.е. непосредственно того места, где будет располагаться шина. Должно быть понятно, что подобный параметр определяет ее тип, который потом будет использоваться. Если значения ширины дисков и шины не соответствуют друг другу, то это создает трудности с установкой покрышки и ухудшает условия эксплуатации колеса в целом.

2. Обозначение типа закраины обода – J в нашем примере. Под этим скрывается ее конструкция, высота и форма. Типы закраины могут быть разными – JJ, JK, B, K и другие. Как правило, для обычного автомобиля применяется закраина типа J, тогда как JJ используется для полноприводных машин. Она влияет на установку грузиков при балансировке и имеет отношение к смещению шины в экстремальных условиях.

3. Контуры и геометрия закраин разные для грузовых и легковых авто, и они обозначаются соответствующими буквами, поэтому лучше всего выбирать изделия, рекомендованные производителем.

4. Символ «x» обозначает неразъемную конструкцию дисков, т.е. что они состоят из одного элемента. На них монтируют шины с эластичными бортами, их используют для легковых авто. Разъемный обод предназначен для грузовых машин и автобусов, маркировка такого диска содержит символ «-«. Шины для монтажа на них отличаются жесткостью и не допускают установку через край обода.

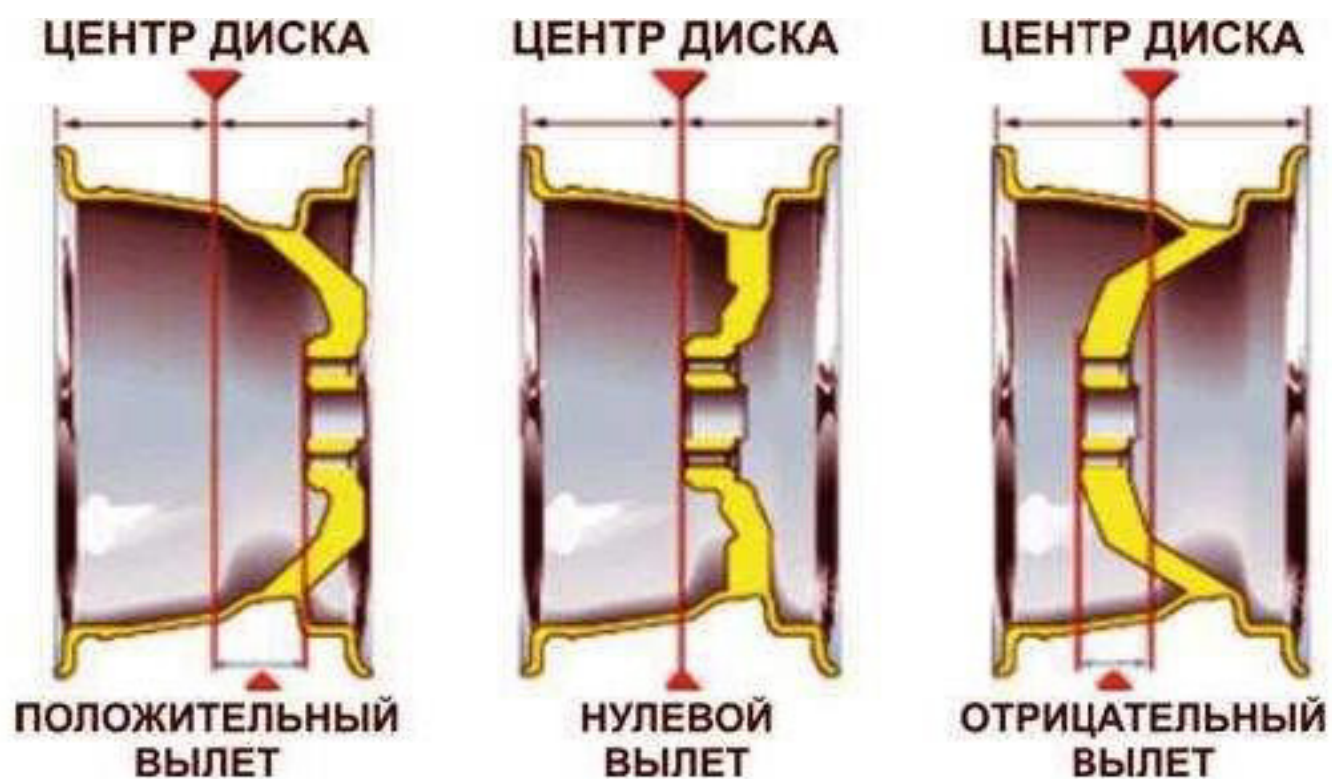
5. Диаметр дисков обозначается в нашем примере как 15 и задается без учета закраин.

6. Число отверстий и диаметр окружности расположения крепежа – такая расшифровка у обозначения 5x100 из рассматриваемого примера маркировки дисков.

7. H2 – индекс хампов, так называют кольцевые выступы, расположенные вдоль закраин диска. Их назначение – фиксация бортов бескамерных покрышек в поворотах, исключая разгерметизацию колеса. Его хорошо заметно на первом из приведенных рисунков. Возможны и другие обозначения, а также полное отсутствие хампов в конструкции.

Вылет дисков измеряется в миллиметрах и обозначается ET (в нашем примере ET40). Под ним понимается расстояние между вертикальной осью симметрии диска и его плоскостью крепления к ступице. Как это выглядит на авто, поможет понять рисунок. Это крайне важный параметр и он требует пристального внимания за его соблюдением, именно под него рассчитывают производители подвеску и [рулевой механизм](#). Вылет может быть как положительным, так и отрицательным. Уменьшение ET приводит к тому, что диски начинают выступать из колёсных арок, колея из-за этого становится шире, увеличение вылета приводит к ее уменьшению. В любом случае, отклонение от заданного производителем значения вылета приводит к изменению прикладываемых к подвеске усилий и отражается на ее надежности и безопасности движения.





8. Диаметр центрального отверстия –  $d_{54.1}$ , подбирается под диаметр посадочного отверстия на ступице.

### ***О ЧЕМ ЕЩЕ МОЖЕТ РАССКАЗАТЬ МАРКИРОВКА ДИСКОВ АВТО.***

Кроме уже затронутой маркировки, на дисках дополнительно может быть указано:

- PCD – присоединительные размеры;
- MAX LOAD – максимальная нагрузка на диск;
- дата изготовления, чаще всего это будет год и неделя;
- маркировка соответствия требованиям международных правил;
- может быть указан способ изготовления, например FORGED (кованый).

Нельзя считать диск автомобиля чем-то незначительным и пустяшным и подходить к выбору, исходя из соответствия его цвета обивке салона. На безопасность движения влияют многие факторы, непосредственно связанные с дисками, необходимо при их подборе следовать рекомендациям изготовителя авто и использовать диски с соответствующей маркировкой.

### ***Ответить на вопросы:***

1. Факторы, влияющие на выбор колесных дисков.
2. Основные параметры колесных дисков.
3. Маркировка колесных дисков.
4. Факторы, влияющие на выбор автомобильных шин.
5. Основные параметры автомобильных шин.
6. Маркировка автомобильных шин.



## Практические занятия № 6

### Тема: Головное освещение автомобиля

**Цель:** изучить устройство и ремонт головного освещения автомобиля.

**Задачи:** практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ МДК 3.3. Тюнинг автомобилей, приобретение практических навыков по изучаемой теме. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса.

**Оборудование и материалы:** разрезные макеты, детали, плакаты, иллюстрированные альбомы, справочная литература.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

### Ход работы

1. Ознакомиться с устройством головного освещения автомобиля.
2. Рассмотреть классификацию головного освещения автомобиля.
3. Рассмотреть способы восстановления головного освещения автомобиля.

### Методические указания

Автомобильная светотехника — комплекс световой техники, использующийся для сигнализации и освещения. Автомобильное освещение монтируется в передней, в задней, а также в боковых частях транспортного средства в виде фар или фонарей. Установка может быть как выступающим элементом кузова автомобиля, так и спрятана заподлицо.

*Основными назначениями автомобильного освещения заключается:*

1. Обеспечение освещения дорожного покрытия и пространства впереди после наступления темноты
2. Обозначение транспортного средства, его габаритов и направления движения для других участников дорожного движения как в темное, так и в светлое время суток
3. Предупреждение других участников дорожного движения о намерении водителя изменить скорость или направление движения
4. В основе автомобильного освещения лежит цветовая мнемоника, обозначающая красный цвет как опасность, жёлтый цвет — предупреждение, а белый цвет — нейтральность.

### I. Внешние световые приборы

#### Передние огни и фары

Фара — электрический светотехнический прибор, используемый на транспортном средстве и применяющийся для освещения дороги. На специальной технике может использоваться для освещения места проведения работ. Обычно фара размещается спереди транспортного средства, на специальной технике может быть и сзади, а также иметь поворотный механизм. Каждое транспортное средство должно иметь не менее 1 пары фар установленных симметрично относительно продольной оси транспортного средства.

#### Ближний свет.

Фары ближнего света применяются для освещения части обочины и дорожного полотна ограниченной площади. Световой пучок фар ближнего света распространяется вниз и в противоположную сторону от встречного потока. Ближний свет может быть представлен отдельной фарой, блок-фарой или дополнительной нитью накала двунитьевой лампы в зависимости от конструкции автомобиля. Создаваемый фарой ближний свет не слепит встречных водителей, благодаря чему включение этих фар используется при разезде автомобилей. Использование только ближнего света на больших скоростях движения автомобиля невозможно из-за ограниченной видимости дороги, поэтому в ночное время суток при приближении водители переключают фары из режима дальнего света на ближний, а после разъезда восстанавливают дальний свет.

В России движение по загородным трассам обязывает водителей включать ближний свет даже в светлое время суток для обозначения транспортного средства. Сейчас рекомендуют использовать ближний свет при движении и в городах. Это правило пришло в Россию из стран Европы.

#### Дальний свет



Дальний свет распространяется мощным пучком параллельно полотну дороги и рассчитывается для освещения большей площади дороги. Из-за этих своих особенностей дальний свет должен выключаться при сближении с встречным автомобилем во избежание ослепления водителя.

### **Передние фонари (Габаритные огни).**

Существует несколько обозначений передних фонарей: габаритные огни, подфарники, парковочные лампы (для Северной Америки) и просто передние фонари (для Англии). В Северной Америки фонари могут иметь как белый, так и янтарный цвет, во всем остальном мире только белый. Сила свечения находится в пределах от 4 до 125 кд.

Габаритные огни могут быть в составе блок-фары, а также и в виде отдельного фонаря имеющего белое свечение. Устанавливается парой по обе стороны автомобиля и на одной линии. Основное назначение габаритных огней — это обозначение автомобиля, а также в качестве стояночного освещения. При маневрировании световая сигнализация предупреждает других водителей о начале движения транспортного средства и о его размерах. Правила обязывают использование в дневное время суток при движении транспортного средства габаритных огней совместно с противотуманными фарами.

### **Передние противотуманные фары**

Противотуманные фары создают горизонтальный широкий пучок обрезанный сверху и направленный вниз. Цвет излучаемого фарами света может быть как белый, так и отборный жёлтый. Фары используются на низкой скорости для увеличения освещенности дорожного покрытия и обочины в условиях недостаточной видимости из-за дождя, тумана, пыли или метели. Из-за своего устройства разумней их использовать отдельно от включения ближнего света, так как это уменьшает самоослепление водителя от стены тумана или падающего снега, но по правилам включение противотуманок обязательно должно сопровождаться включением ближнего света фар.

В условиях ограниченной видимости использование противотуманных фар запрещено (например, в Англии), так как это создает блики и слепит встречных водителей, особенно на мокрой мостовой.

Противотуманные фары часто путают с фарами ближнего света как раз из-за необязательности их иметь отборный желтый цвет света. В дилерских центрах ссылаются на взаимозаменяемость и устанавливают в топовых версиях автомобилей, а также в качестве дополнительного оборудования. Все приводит к тому, что многие водители используют противотуманные фары в сухую погоду чисто в косметических целях, так как нет никакой юридической ответственности за неправильное использование противотуманных фар.

Автомобили используемые в ралли, соревнованиях по бездорожью или просто эксплуатируемые на очень высоких скоростях часто комплектуются дополнительными лампами помогающими расширить область видимости водителя впереди автомобиля.

Для внедорожников в качестве защиты от повреждений дополнительные фары крепятся на специальную балку над крышей автомобиля, что повышает дальность видимости. Использование таких огней на гражданских автомобилях запрещено, однако отключенные и закрытые крышками фары транспортироваться на крыше по дорогам общего пользования могут. Сложные конструкции могут содержать также боковые противотуманные фары и простые направленные по сторонам для освещения обочин в условиях плохой видимости.

В России внедорожные огни, установленные над крышей автомобиля получили прозвище «люстра».

### **Фонари дневного света**

Некоторые страны разрешают или требуют оснащения автомобиля фонарями дневного света. Это может быть функционально независимый фонарь или эти функции может нести фары ближнего или дальнего света, передние сигналы поворота или передние противотуманные фары в зависимости от местного законодательства. По правилам ЕЭК фонари дневного света должны излучать свет не менее 400 кд, но не более 1200 кд во всех направлениях. Многие страны допускают использование фар ближнего света. Канада, Швеция, Норвегия, Словения, Финляндия, Исландия и Дания требуют отдельного независимого фонаря дневного света. Страны, не требующие установку фонарей, допускают их использование

В Северной Америке фонари дневного света могут выдавать до 7000 кд и могут быть представлены фарами дальнего света, работающими на низком напряжении. Это вызвало



большое количество жалоб на ослепление.

Использование передних, боковых и задних габаритных огней разрешено, требуется или запрещено одновременно с фонарями дневного света в зависимости от законодательства и принципа работы дневных фонарей. Кроме того, по правилам, фонари дневного света, установленные близко с сигналами поворота, могут или должны выключаться или переключаться на интенсивность излучения габаритных фонарей отдельно в соответствии с включенным сигналом поворота. Основная проблема фонарей в путанице водителей, которые используют фонари дневного света вместо фар ближнего и дальнего света и забывают включать фары при наступлении сумерек. Так же фонари дневного хода не освещают задние фонари автомобиля, что создает еще большую опасность.

### **Боковые фонари**

На некоторых моделях автомобилей имелась боковая белая лампа, которая включалась в направлении предполагаемого поворота или перестроения. Хотя их включение связано с поворотниками, боковые фонари светили постоянно. Так же их включение сопровождало движение автомобиля задним ходом, например, на автомобилях марок Saab и Chevrolet Corvette. Технические стандарты в Северной Америке содержат положения о работе как передних, так и задних боковых фонарей. Согласно международным правилам ЕЭК ООН боковые фонари были запрещены, но с недавнего времени их использование разрешается на скорости до 40 км/ч.

### **Фонари поворотов**

Фонари сигнала поворотов размещаются на углах автомобиля, реже по бокам. Используются для предупреждения других водителей о совершении поворота, разворота или перестроения. Цвет излучаемого фонарями света должен быть янтарный, в Северной Америке допускается красный. Начиная со своего первого появления электрических поворотов в 1907 году и началом их промышленного применения с 1939 года наличие этих светотехнических приборов на автомобиле обязательно. В случае отсутствия или неисправности приборов можно воспользоваться знаками подаваемыми рукой выставленной из окна автомобиля: вытянутая влево левая рука будет означать поворот налево, согнутая в локте под прямым углом левая рука — поворот направо.

### **Указатель поворота**

С 1920 по 1950 год на некоторых автомобилях использовались указатели поворота. В отличие от сигналов поворота указатели излучали свет постоянно. Они обычно устанавливались выше передних дверей и выкатывались в горизонталь. Но сами фонари были хрупкими и часто ломались, а иногда оставались в сложенном состоянии.

*Два вида индикаторов включения сигнала поворота.*

Во всех странах мира кроме Северной Америки обязательна установка боковых повторителей поворота, которые позволяют увидеть сигнал поворота не только спереди и сзади автомобиля. Но устанавливать повторители на крылья совсем не обязательно, существует множество вариантов совмещения бокового и фронтального сигнала поворота в один фонарь, например на автомобиле Mercedes-Benz R170.

Включение сигнала поворотов осуществляется специальной ручкой расположенной под рулем путем ее поворота в сторону предполагаемого движения. На большинстве автомобилей ручка сама возвращается в исходное положение по завершении манёвра. Ручка включения сигнала поворота находится со стороны двери водителя и близко к рулевому колесу так, что водитель при переключениях не теряет управления автомобилем.

Частота вспышек света постоянна и лежит в пределах от 60 до 120 включений в минуту. На приборной панели автомобиля вспыхивает зеленый индикатор включения сигнала поворота, а также создается щёлкающий или пищащий звук, позволяющий водителю не забыть выключить сигнал после завершения манёвра.

Одновременное включение мигания всех указателей поворота осуществляется специальной кнопкой с эмблемой в виде красного треугольника на центральной консоли или под рулем. Такое включение означает аварийную неисправность автомобиля и предупреждает других водителей о невозможности этого автомобиля продолжить движение. По правилам включение сигнала аварийной остановки должно сопровождаться выставлением знака аварийной остановки на безопасном расстоянии от неисправного автомобиля. Так же включение аварийных огней происходит при резком сбросе скорости автомобиля в случае экстренного



торможения или дорожно-транспортного происшествия.

### **Задние фонари**

#### **Габаритные огни**

Задние габаритные огни используются для обозначения транспортного средства в темное время суток и в условиях недостаточной видимости. В условиях тумана и плохой видимости используются совместно с задними противотуманными фонарями. Цвет задних габаритных огней красный. На автомобилях используется пара расположенных по обе стороны на одной линии. При этом нормируются углы обзора излучаемого света и стороны. Для высоких транспортных средств, например, автобусов, обязательно наличие габаритных огней вверху как можно ближе к краям.

#### **Стоп-сигналы**

Стоп-сигнал обязательно красного цвета включается при нажатии водителем на педаль тормоза. Мощность излучения стоп-сигнала выше, чем у габаритных огней. Необходима установка двух стоп-сигналов по обе стороны автомобиля. В Северной Америке разрешенный диапазон излучения света с одним источником света находится в пределах от 80 до 300 кд, во всем остальном мире от 60 до 185 кд.

Как альтернатива сигналу торможения может быть использован знак руки поднятой вверх для Европы и вниз для Северной Америки.

Начиная с 1986 года в Северной Америке, в Австралии и Новой Зеландии с 1990 года, а в Европе (за исключением Ирландии) начиная с 1998 года обязательно наличие на автомобиле дополнительного центрального стоп-сигнала, расположенного выше линии правого и левого стоп-сигналов. Также его называют центральный, третий, безопасный стоп-сигнал или стоп-сигнал, расположенный на уровне глаз. Еще одно название — Свет Лидди — по имени Элизабет Доул, которая была госсекретарем транспорта США и внедрила центральный стоп-сигнал. Дополнительный стоп-сигнал может быть одиночной лампой, полосой или матрицей светодиодов, или неоновой трубкой.

Центральный стоп-сигнал обеспечивает однозначность нажатия на педаль тормоза в странах, где красный цвет имеют также сигналы поворота, и дает избыточность на случай, если какой-либо стоп-сигнал выйдет из строя. Дополнительный стоп-сигнал включается на постоянную работу, кроме случаев экстренного торможения, тогда сигнал может работать вспышками.

Конструктивно на легковых автомобилях центральный стоп сигнал может быть установлен под задним стеклом вверху, на крышке багажника или в задний спойлер. Другие способы установки встречаются редко, например, на Jeep Wrangler и Land Rover Freelander дополнительный стоп-сигнал установлен на держателе запасного колеса. На коммерческих автомобилях, фургонах и грузовиках часто крепят на кромке крыши автомобиля. Во всем мире третий стоп-сигнал обязательно должен располагаться по центру, но допускается боковое смещение до 15 см, если поперечный центр автомобиля не совпадает с панелью кузова, но отделяет подвижные его части, такие как двери. На фургоны Renault Master по этой причине установка центрального стоп-сигнала производится смещённой. Также регламентируется расположение, как по абсолютной высоте, так и относительно горизонтали фонарей тормоза.

#### **Требования к световой технике**

Световая техника транспортного средства должна быть исправна, отрегулирована и должна иметь тот тип и мощность ламп, которые установил завод-изготовитель. Последнее требование основано на работе дефлектора фары, который рассчитан на определенный световой поток. Регулировка наклона пучка ближнего и/или дальнего света в зависимости от нагрузки транспортного средства, профиля дороги, условий видимости может осуществляться как вручную, так и автоматически с помощью корректора фар. Так же ограничения накладываются на цвет испускаемого фарами света и наличия омывателя фар для газоразрядной светотехники. Однако в России многие водители стали устанавливать светотехнику не соответствующую требованиям стандарта завода-изготовителя, вследствие чего пришлось увеличить ответственность водителя за нарушения правил. К подобной практике ранее уже прибегли в Татарстане. Так же не имеют права эксплуатироваться на дорогах России машины с заклеенными цветной пленкой фарами и светодиодной подсветкой форсунок стеклоочистителя лобового стекла.

Имеющиеся требования к автомобилю и методы проверки транспортных средств направлены на повышение безопасности дорожного движения. Транспортные средства не прошедшие

Государственный технический осмотр транспортных средств не могут эксплуатироваться на дорогах России до устранения причин неисправности.

К размещению световых приборов установлены следующие требования:

Все световые приборы, за исключением боковых световозвращателей, должны быть установлены на транспортном средстве таким образом, чтобы их оси отсчета были параллельны опорной плоскости

транспортного средства и средней продольной вертикальной Плоскости транспортного средства с погрешностью не более  $\pm 3^\circ$ .

Световые приборы, выполняющие одну и ту же функцию на транспортном средстве, при парной установке должны быть размещены симметрично относительно вертикальной средней продольной плоскости транспортного средства. Допускается несимметричное расположение фар ближнего света, если это не снижает безопасность движения.

Для транспортных средств, выполненных конструктивно асимметричными относительно средней продольной плоскости, допускается асимметричное размещение световых приборов относительно этой плоскости.

Высоту расположения внешних световых приборов, устанавливаемых на транспортных средствах, следует проверять на ровной горизонтальной площадке, имеющей твердое покрытие. Транспортное средство должно быть без нагрузки, в снаряженном состоянии, без водителя.

Углы геометрической видимости и линейные размеры следует измерять от освещающей поверхности светового прибора.

На транспортном средстве не должно быть каких-либо устройств, закрывающих при его движении осветительные приборы в пределах углов видимости, установленных данным стандартом. При наличии таких устройств, например, декоративных щитков, закрывающих фары, и т.п., эти устройства должны убираться при включении световых приборов.

При отсутствии особых указаний ни один фонарь, предусмотренный настоящим стандартом, не должен работать в прерывистом режиме, за исключением указателей поворота и аварийной сигнализации.

К внешним световым приборам предъявляют следующие требования:

**Фары дальнего света:**

На каждом транспортном средстве, кроме прицепов и полуприцепов, должно быть установлено не менее двух и не более четырех фар дальнего света.

Общее число фар должно быть четным.

Сила света всех фар дальнего света, горящих одновременно, не должна превышать 225000 кд.

Внешний край светового отверстия фары дальнего света должен быть расположен не ближе к плоскости бокового габарита транспортного средства, чем внешний край светового отверстия фары ближнего света.

Установка фар дальнего света не обязательна на транспортных средствах, расчетная максимальная скорость которых не превышает 40 км/ч.

Фары дальнего света должны излучать белый свет. Допускается применение фар с селективно-желтым светом.

**Фары ближнего света:**

На каждом транспортном средстве, кроме прицепов и полуприцепов, должны быть установлены две фары ближнего света.

Расположение фар ближнего света на транспортном средстве должно соответствовать указанному на рис. 1.



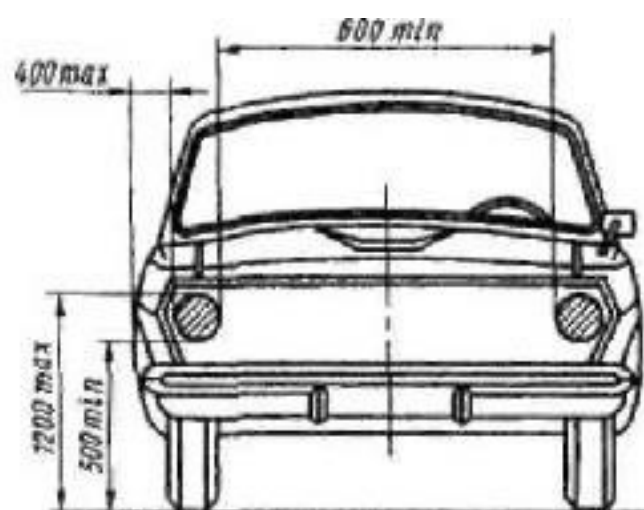


Рис. 1

Примечания:

Размер 1200 max не распространяется на грузовые полноприводные автомобили и на колесные тракторы класса 2 т и выше, а также тягачи, разработанные на базе колесных тракторов.

Допускается уменьшение размера 600 min до 200 min для колесных тракторов класса 0, 6—2, 0 т.

Допускается увеличение размера 400 max до 700 max для колесных тракторов класса 1, 4—2, 0 т при обязательном соблюдении размера 400 мм для передних габаритных огней.

Фары ближнего света должны излучать белый свет. Допускается применение фар с селективно-желтым светом.

Фары ближнего света, устанавливаемые на транспортных средствах, проектирование которых началось с 01.01.86, должны быть видны в вертикальной и горизонтальной плоскостях в пределах углов видимости, указанных на рис. 1а.

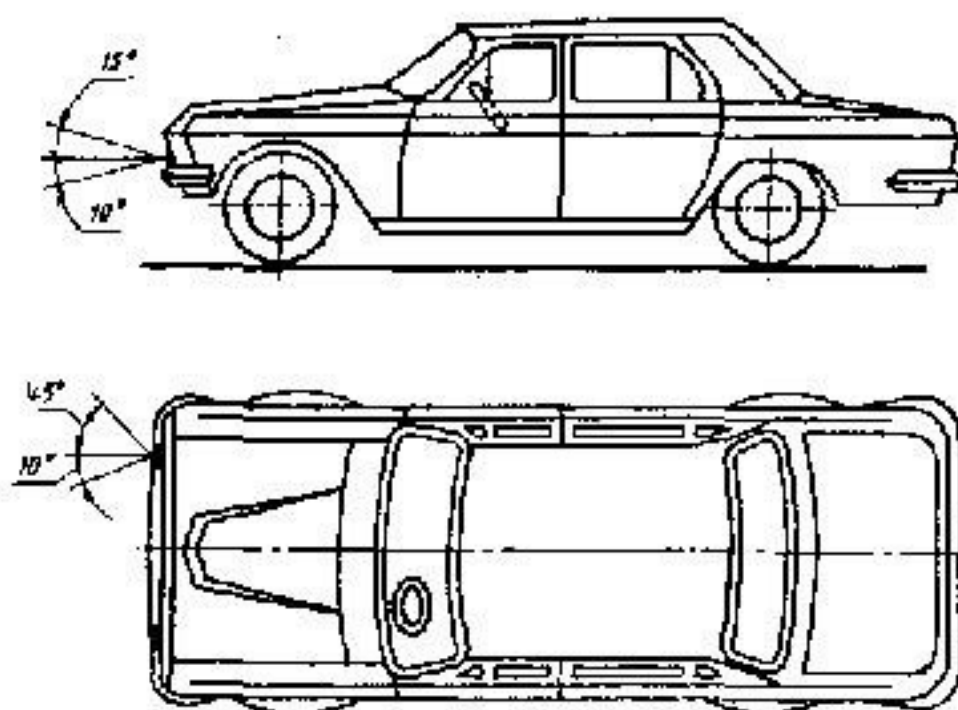


Рис. 1а

Для механических транспортных средств, за исключением колесных тракторов, проектирование которых начнется с 01.01.91, вертикальное направление лучей ближнего света, измеряемое в статических условиях и при всех условиях нагрузки, определенных в приложении 3, должно оставаться в пределах от минус 0,5 до минус 2,5 % без ручной регулировки.

В случае «порожнего транспортного средства» это вертикальное направление должно первоначально регулироваться от минус 1 до минус 1,5 %. Для каждого типа транспортного средства предприятие-изготовитель должно указывать это первоначальное направление на табличке, устанавливаемой на каждом транспортном средстве.

Если указанное вертикальное направление обеспечивается при помощи устройства, регулирующего положение фары относительно транспортного средства, то в случае отказа этого устройства должна быть исключена возможность возвращения луча в положение более низкое, чем то, при котором произошел отказ данного устройства. Это условие должно обеспечиваться автоматически.

Допускается применение ручных регулировочных устройств непрерывного или ступенчатого действия, если предусмотрено исходное положение, обеспечивающее первоначальную

регулировку фар в вертикальном направлении, указанном в п. 2.2.5, с помощью обычных регулировочных винтов. Эти ручные регулировочные устройства должны приводиться в действие с места водителя.

На регулировочных устройствах непрерывного действия должны быть контрольные точки, указывающие основные условия нагрузки.

Регулировочные устройства ступенчатого действия должны иметь такое число ступеней, чтобы, начиная с первоначального значения вертикального направления, находящегося между 1 и 1,5 %, оно могло обеспечить все значения, находящиеся в пределах от 0,5 до 2,5 % для всех условий нагрузки. Условия нагрузки для каждой ступени должны быть ясно указаны около привода управления.

Противотуманные фары:

На каждом механическом транспортном средстве допускается установка спереди двух противотуманных фар. Для туристских и горных автобусов установка противотуманных фар обязательна.

Расположение противотуманных фар на транспортном средстве должно соответствовать указанному на рис. 2.

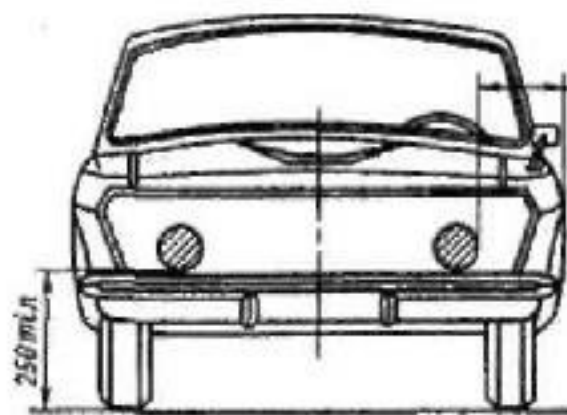


Рис.2.

Ни одна точка светового отверстия противотуманной фары не должна находиться выше верхней точки светового отверстия фары ближнего света.

Противотуманные фары должны быть видны в вертикальной и горизонтальной плоскостях в пределах минимально допустимых углов видимости (далее — углы видимости), указанных на рис. 3.

Противотуманные фары должны излучать белый или селективно-желтый свет, но одинаковый для обеих фар, установленных на транспортном средстве.

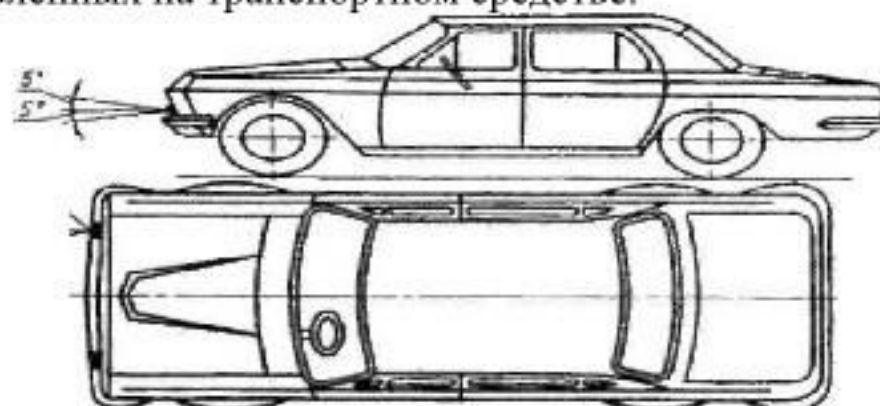


Рис.3.

#### Вывод:

1. Какие внешние световые приборы устанавливаются на автомобиль?
2. В чем особенность тюнингованных внешних световых приборов?
3. Устройство задних автомобильных фонарей?
4. Какие требования предъявляют к световой технике?
5. Какие мероприятия допускаются при тюнинге световой техники автомобиля?