

Среднее профессиональное образование

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

В. М. Виноградов  
О. В. Храмцова

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебное пособие



ACADEM'A

соответствует  
ФГОС

УДК 656.071.8(075.32)  
ББК 30.82я723  
В493

Рецензенты:

председатель цикла спецдисциплин ГОУ СПО «Мытищинский  
машиностроительный техникум» Ю. А. Коган;  
главный инженер ОАО «Мосавторемсервис» М. А. Бобков;  
преподаватель спецдисциплины ГОУ СПО «Колледж автоматизации  
и радиоэлектроники № 27 им. П. М. Вострухина» г. Москвы С. В. Сингаевский

**Виноградов В. М.**

В493 Техническое обслуживание и ремонт автомобилей : Основные и вспомогательные технологические процессы : Лабораторный практикум : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. М. Виноградов, О. В. Храмцова. — 5-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 176 с.

ISBN 978-5-4468-0038-4

Изложена методика проведения лабораторных работ по основным разделам курса «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей». Приведено описание необходимого оборудования, инструмента и приспособлений. Отражены правила безопасности при проведении работ, даны необходимые расчеты и справочный материал.

Учебное пособие может быть использовано при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» (МДК.01.02) по специальности 190631 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 656.071.8(075.32)  
ББК 30.82я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-4468-0038-4

© Виноградов В. М., Храмцова О. В., 2009  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по специальности 190631 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта».

Учебное пособие предназначено для изучения профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект по дисциплине «Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей» для профессии «Автомеханик» включает в себя электронный образовательный ресурс «Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей». Предлагаемый электронный образовательный ресурс может быть полезен при изучении профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» для специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта».

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

Изучение учебных дисциплин «Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании», «Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов», «Технологические процессы в сервисе», «Механизмы и приспособления для ремонта автомобилей» должно сопровождаться лабораторными работами и практическими занятиями, закрепляющими теоретические знания студентов.

С учетом систематизации, содержания, последовательности изучения и объема тем лабораторных работ в настоящем практикуме предложен следующий порядок их проведения.

В первой главе приведены лабораторные работы по разработке системы и выбору оборудования для подготовки и очистки сжатого воздуха, питающего пневмоинструмент и технологические установки автосервисного производства.

Во второй главе представлены лабораторные работы по сборке и регулированию агрегатов трансмиссии автомобиля при его восстановительном ремонте.

В третьей главе приведены работы по основным технологическим процессам восстановительного ремонта автомобильных кузовов и их элементов.

В четвертой главе представлены лабораторные работы по использованию современных высоких технологий при ремонте и восстановлении базовых деталей автомобиля.

В процессе выполнения предлагаемого комплекса лабораторных работ студенты лучше усваивают теоретические знания, приобретают определенные практические навыки, получают представление о методологии проведения научно-исследовательских работ в области сервисного восстановительного ремонта деталей и узлов автомобиля.

Описание лабораторных работ снабжено краткими теоретическими сведениями, а также обоснованиями и расчетами, необходимость которых в каждом случае обусловлена содержанием работы. В каждой лабораторной работе даны порядок ее выполнения, перечень необходимого оборудования, приборов, материалов и техни-

ческой документации, а также содержание отчета по результатам работы.

При проведении лабораторных работ предусмотрено применение простейшей аппаратуры и экспериментальных установок, схемы которых позволяют в случае необходимости изготовить их.

В Приложениях 1 — 4 изложены основные требования техники безопасности при выполнении лабораторных работ с использованием плазматронов, сварочного оборудования и лакокрасочных материалов.

Разнообразие лабораторных работ и их количество позволяют сделать выбор с учетом отраслевого уклона, специализации, оснащенности учебных лабораторий в зависимости от количества учебных часов, отведенных для их выполнения в каждом конкретном учебном заведении.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ НУЖД АВТОСЕРВИСНОГО ПРОИЗВОДСТВА

## Лабораторная работа № 1

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ПИТАНИЯ ПНЕВМОИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Цель работы** — изучение основных принципов работы оборудования, ознакомление со схемой станции подготовки сжатого воздуха, формулирование рекомендаций по организации системы очистки и осушения воздуха в условиях автосервисного предприятия.

**Необходимая литература:** справочники, справочные пособия.

#### Порядок выполнения работы:

- изучить физические процессы, происходящие при сжатии воздуха в компрессоре и его расширении в пневмоинструменте;
- выбрать метод очистки и осушения воздуха для использования его на кузовном участке предприятия;
- ознакомиться по справочным материалам с аппаратурой и оборудованием для осушения и очистки сжатого воздуха;
- разработать схему компрессорной станции подготовки сжатого воздуха с учетом рекомендаций, изложенных в теоретической части;
- оформить отчет.

**Физические процессы, происходящие при сжатии воздуха в компрессоре и при его расширении в пневмоинструменте.** Окружающий воздух, попадающий в компрессор для сжатия, содержит в своем составе 4 % пыли, 6 % органических соединений, 19 % диоксида серы, 19 % оксида азота, 52 % оксидов углерода и некоторое количество влаги (обычно в виде пара, легко проходящего через любые механические фильтры). Для работы пневмоинструмента необходим сжатый воздух, должным образом подготовленный и очищенный.

Главный враг оборудования — влага, содержащаяся в атмосфере, вызывающая коррозию любого инструмента и являющаяся причиной многих дефектов окрашенной поверхности кузова. Механические примеси, также содержащиеся в атмосферном воздухе (см. Приложение 5), вызывают быстрый абразивный износ инструмента и дефекты поверхности.

Относительная влажность  $H$  воздуха, %, которую можно узнать из ежедневных сводок погоды, может быть выражена формулой

$$H = (A/B)100,$$

где  $A$  — фактическое содержание воды в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, г;  $B$  — содержание воды в  $1 \text{ м}^3$  воздуха в состоянии насыщения (точка росы),  $\text{г}/\text{м}^3$ , зависящее только от его температуры (увеличивается примерно в 2 раза при ее повышении на каждые  $10^\circ\text{C}$  и также уменьшается при ее понижении (табл. 1.1)).

Воспользовавшись приведенной формулой и данными табл. 1.1, легко подсчитать, что при температуре  $20^\circ\text{C}$  и влажности 70 % количество воды в  $1 \text{ м}^3$  воздуха составляет:

$$A = BH/100 = (17,69 \cdot 70)/100 \approx 12,4 \text{ г.}$$

При повышении давления или понижении температуры в момент, когда концентрация пара достигает уровня насыщения, он конденсируется и при контакте с охлажденными поверхностями оседает в виде относительно крупных капель.

Таблица 1.1. Содержание воды  $B$  в  $1 \text{ м}^3$  воздуха в состоянии насыщения,  $\text{г}/\text{м}^3$ , в зависимости от его температуры

Температура воздуха, $^\circ\text{C}$	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
$B$ , $\text{г}/\text{м}^3$	54,11	31,64	17,69	9,51	4,98	2,37	1,08	0,45	0,18

В момент сжатия воздуха в рабочем цилиндре компрессора воздух уменьшается в объеме в 8—10 раз и одновременно нагревается за счет приложенной механической работы примерно до 300 °С. Содержание воды в нем повышается в 8—10 раз и достигает 300 г/м<sup>3</sup>. Однако конденсация воды при этом не происходит, так как порог насыщения из-за повышения температуры возрастает в еще большей степени. Кроме того, при такой высокой температуре происходит частичное испарение масла со стенок компрессора и сжатый воздух насыщается еще и парами масла.

После компрессора горячий воздух попадает в ресивер, где охлаждается при контакте с холодными стенками, а влага в виде капель воды и масла осажается на стенках.

К сожалению, за время нахождения воздуха в ресивере (примерно 25 с) в виде конденсата выпадает незначительная часть влаги, а остальная проходит дальше через редуктор, шланги и фильтры к окрасочному пистолету или другому пневмоинструменту.

В пневмоинструменте воздух совершает механическую работу и его температура понижается. Перепад температур может достигать 20 °С, при этом содержание воды в воздухе в состоянии насыщения понижается в 4 раза. Большая часть (75 %) еще оставшегося в воздухе пара превращается в туман и далее в мелкие капли. Концентрация влаги резко возрастает до 300...400 г/м<sup>3</sup> несжатого воздуха. В итоге количество воды в факеле окрасочного пневмоинструмента (например, пистолета) может почти сравняться с количеством краски, образуя грубые дефекты лакокрасочного покрытия.

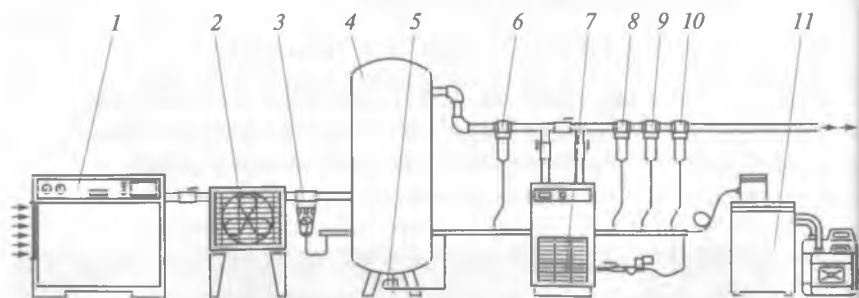


Рис. 1.1. Комплексная компрессорная станция подготовки сжатого воздуха:

1 — компрессор; 2 — предварительный охладитель воздуха (до комнатной температуры); 3 — циклонный сепаратор конденсата; 4 — ресивер; 5 — дренажный клапан ресивера; 6 — керамический предфильтр; 7 — осушитель воздуха; 8 — собственно фильтр (абсорбционный); 9 — фильтр тонкой очистки; 10 — фильтр-поглотитель; 11 — сепаратор конденсата паров воды и масла



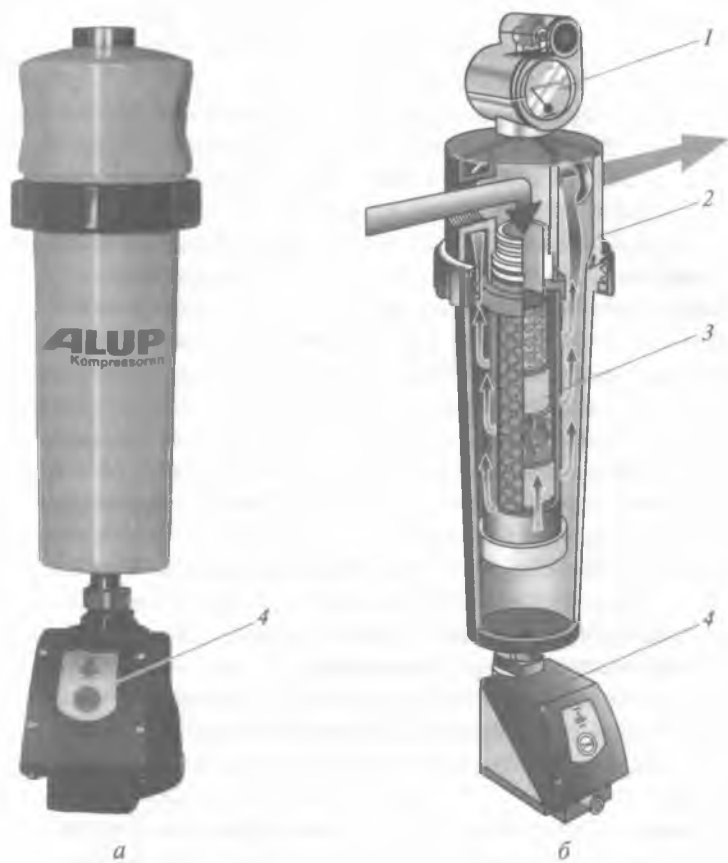


Рис. 1.2. Конструкция циклонного сепаратора конденсата (а) и керамического предфильтра (б):

1 — манометр; 2 — корпус фильтра; 3 — керамический фильтрующий элемент; 4 — автомат для удаления конденсата

Например, если температура окружающего воздуха  $20^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность воздуха  $70\%$ , то в течение 1 ч в компрессор вместе с воздухом поступит приблизительно 2 л воды и 10...30 г пыли, а в компрессоре увлажненный и запыленный воздух насыщается маслом (до 60 г масла за 1 ч работы компрессора).

Отрицательные факторы присутствия влаги в пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом автосервисного предприятия следующие:

конденсат эмульгируется с маслом и забивает протоки в пневмоинструменте, вызывая его поломку;

конденсат вызывает коррозию элементов пневмомагистрали, образуя оксидные обломки или пыль, которые загрязняют пневмоинструмент и приводят к его поломке;

в случае замерзания конденсата в трубопроводах при пониженных температурах могут произойти разрывы труб;

влага вызывает коррозию изделий, подвергнутых пескоструйной обработке с применением влажного воздуха;

при окраске конденсат образует в краске неэстетические кратеры, с которых со временем может начаться коррозия;

повышенная влажность приводит к преждевременной потере работоспособности элементов электропневматических систем управления (датчиков расхода воздуха, давления, температуры).

Во избежание нежелательных воздействий следует установить, до какого значения точки росы необходимо довести влажность воздуха. При выборе схемы и метода подготовки сжатого воздуха для конкретного применения можно пользоваться соответствующими стандартами (см. Приложение 5).

**Методы осушения и очистки сжатого воздуха.** Существует несколько методов снижения влажности воздуха. Наиболее простым из применяемых в промышленных и лабораторных условиях является метод химико-абсорбционного осушения с использованием колонн, заполненных активированным углем и другими поглотителями. После прохождения воздуха через такую установку концентрация влаги в нем не превышает нескольких десятков миллиграммов на 1 м<sup>3</sup>.

Основным недостатком химико-абсорбционных установок является то, что даже следы масла в осушаемом воздухе быстро и необратимо выводят из строя фильтрующий элемент, стоимость которого составляет существенную часть стоимости всей установки. Поэтому они сравнительно редко используются в малярных отделениях автосервисных предприятий.

Чаще всего применяют комбинированный метод осушения и очистки сжатого воздуха, основанный на сочетании различных сепараторов, механических фильтров и рефрижераторных осушителей.

**Оборудование для осушения и очистки воздуха.** Комплексная компрессорная станция подготовки сжатого воздуха (рис. 1.1) автосервисного предприятия включает в себя следующие элементы: компрессор, предварительный охладитель сжатого воздуха до комнатной температуры, сепаратор конденсата (лагоотделитель), ресивер, устройство для автоматического или ручного слива конденсата из ресивера и дренажный клапан, предфильтр для удаления

частиц и капель влаги, рефрижераторный осушитель воздуха, абсорбционный собственно фильтр, фильтр тонкой очистки, фильтр-поглотитель, сепаратор конденсата паров воды и масла. Станция позволяет получать практически сухой воздух при любых условиях окружающей среды в любое время года. Иногда вся станция подготовки сжатого воздуха монтируется в едином блоке с компрессором.

**Компрессор** — это агрегат, который производит сжатый воздух под определенным давлением и в объеме, необходимом для потребителей. Существуют конструкции компрессоров различных типов: поршневые, мембранные и винтовые.

**Предварительный охладитель воздуха** служит для принудительного охлаждения сжатого воздуха до комнатной температуры и устанавливается непосредственно после компрессора. Он представляет собой радиатор, рассчитанный на максимальное давление, создаваемое компрессором. Обдув обеспечивается мощным электрическим вентилятором.

**Циклонный сепаратор конденсата** (рис. 1.2, а) устанавливается после охладителя. В нем поток воздуха закручивается благодаря косым прорезям. Вследствие этого достаточно крупные капли воды и масла отбрасываются к стенкам и по мере накопления стекают вниз. Конденсат автоматически удаляется из донной части сепаратора при снижении давления в магистрали до значения менее 50 кПа.

**Ресивер** служит для накопления охлажденного сепарированного воздуха, для демпфирования пиковых нагрузок и сглаживания пульсаций давления в сети. На стенках ресивера продолжается процесс конденсации тумана. Чем больше объем ресивера, тем больше время контакта сжатого воздуха со стенками, следовательно, эффективнее осаждение влаги из тумана. Как правило, ресиверы снабжают устройством для автоматического или ручного удаления конденсата и дренажным клапаном.

Многоступенчатая система фильтрации воздуха состоит из следующих фильтров:

**керамический предфильтр** (рис. 1.2, б), предназначенный для понижения концентрации масляного тумана и предотвращения образования крупных капель воды (более 3 мкм);

**абсорбционный собственно фильтр**, улавливающий частицы до 1 мкм;

**фильтр тонкой очистки**, изготовленный из полимерных материалов, для улавливания частиц до 0,01 мкм;

**фильтр-поглотитель** на базе активированного угля.

**Осушитель воздуха** рефрижераторного типа служит для понижения влажности и позволяет удалить до 95...97 % всего конденсата паров воды и масла (системы, не оборудованные таким осушителем, позволяют удалить не более 80 % конденсата). Идеальное место рефрижераторного осушителя — после керамического префильтра, перед абсорбционным собственно фильтром.

**Сепаратор конденсата паров воды и масла** позволяет разделить маслосодержащую эмульсию на техническую воду, которую допустимо сливать в канализацию, и отработанное масло, утилизируемое обычным путем.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованной литературы;
- обоснование выбора метода очистки и осушения сжатого воздуха для использования в малярном отделении автосервисного предприятия;
- эскиз схемы комплексной компрессорной станции подготовки сжатого воздуха с обоснованием места размещения каждой единицы оборудования и аппаратуры.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Какие включения содержит воздух, попадающий в компрессор?
2. Как влияет влага, содержащаяся в сжатом воздухе, на работу окрасочного пневмоинструмента?
3. Как узнать величину относительной влажности воздуха?
4. Как определить фактическое содержание воды в 1 м<sup>3</sup> воздуха в конкретных производственных условиях?
5. Какие физические процессы происходят при сжатии воздуха в компрессоре и его расширении в пневмоинструменте?
6. Какое количество воды, пыли и масла поступает на вход в компрессор в течение 1 ч при относительной влажности воздуха 70 % и температуре окружающей среды 20 °С?
7. Каковы отрицательные факторы присутствия влаги в пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом автосервисного предприятия?
8. Перечислите методы осушения и очистки сжатого воздуха.
9. Какая аппаратура и оборудование применяются на автосервисных предприятиях для осушения и очистки сжатого воздуха?
10. Из каких элементов состоит многоступенчатая система фильтрации сжатого воздуха?

11. Каково назначение сепаратора конденсата паров воды и масла в составе комплексной компрессорной станции подготовки сжатого воздуха?
12. Чего нельзя делать при обслуживании пневмомагистрали автосервисного предприятия в соответствии с требованиями охраны окружающей среды?

## Лабораторная работа № 2

### ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПНЕВМОМАГИСТРАЛИ СНАБЖЕНИЯ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ ОКРАСОЧНОГО ПНЕВМОИНСТРУМЕНТА

**Цель работы** — изучение основных принципов работы оборудования пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом окрасочного пневмоинструмента малярного отделения автосервисного предприятия.

**Необходимая литература:** справочники, каталоги, справочные пособия.

#### Порядок выполнения работы:

- изучить особенности циркуляции сжатого воздуха в пневмомагистрали;
- выявить основные препятствия для нормальной циркуляции воздуха в пневмомагистрали автосервисного предприятия;
- предложить комплекс мероприятий по устранению препятствий нормальной циркуляции воздуха в пневмомагистрали и уменьшению потерь давления на трение;
- по справочной литературе ознакомиться с пневмоаппаратурой пневмомагистралей отечественных и зарубежных автосервисных предприятий;
- рекомендовать оптимальный материал для трубопроводов пневмомагистрали;
- обосновать выбор способа подключения потребителей сжатого воздуха к пневмомагистрали и привести примеры подключения краскопульта, шлифовальной машинки и гайковерта;

- разработать эскизный проект пневмомагистрали небольшого автосервисного предприятия;
- оформить отчет.

**Циркуляция сжатого воздуха в пневмомагистрали.** Атмосферный воздух, сжатый компрессором до 10... 12 атм (1... 1,2 МПа), при работе окрасочного пневмоинструмента циркулирует в пневмомагистрали по замкнутому контуру. Необходимое давление в пневмосети поддерживается с помощью компрессора, ресивера и редукционного клапана. Для каждого конкретного пневмоинструмента давление регулируется специальным редуктором, оснащенным манометром.

Создавая пневмомагистраль, необходимо придерживаться следующих правил:

- температура всасываемого компрессором воздуха должна быть как можно более низкой, а забор воздуха в компрессор желательно обеспечить с улицы (зимой это понизит концентрацию влаги в 4—5 раз);
- воздух в ресивере должен находиться под максимально возможным для установленного компрессора давлением;
- стационарный компрессор желательно устанавливать в хорошо вентилируемом прохладном помещении;
- если ресивер нагревается до температуры выше 40 °С, то необходим дополнительный ресивер, включенный последовательно и размещенный на улице, либо охладитель воздуха;
- фильтры-влагоотделители следует размещать в точках пневмомагистрали, имеющих максимальное давление и минимальную температуру;
- при использовании редуктора для понижения давления фильтр должен быть установлен до редуктора, а не после (в противном случае эффективность влагоотделения снижается в 3—4 раза);
- не следует допускать повышенного расхода воздуха из-за утечек в шлангах и соединениях, так как количество влаги в магистрали прямо пропорционально количеству воздуха, сжатого компрессором;
- в случае невозможности снизить количество влаги в магистрали необходимо непосредственно к окрасочному пистолету подсоединить дополнительный влагоотделитель (это позволит исключить грубые дефекты окраски, создаваемые крупными каплями воды).

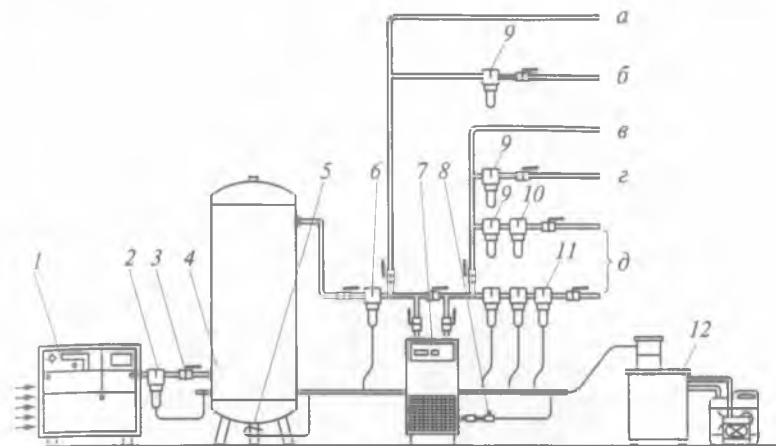


Рис. 1.3. Оптимизированная схема поста подготовки сжатого воздуха:

1 — компрессор; 2 — циклонный сепаратор конденсата; 3 — вентиль; 4 — ресивер; 5 — автоматическое устройство для слива конденсата; 6 — керамический предфильтр; 7 — осушитель; 8 — электронное устройство для слива конденсата; 9, 10 — фильтры тонкой очистки (для частиц 1 мкм и 0,01 мкм); 11 — угольный фильтр (для частиц 0,003 мкм); 12 — водно-масляный сепаратор; а — минимально очищенный воздух; б — очищенный воздух; в — воздух стандартного качества для пескоструйной очистки деталей; г — воздух для пневмоинструмента; д — воздух для краскораспылительного инструмента

В зависимости от требуемой степени очистки воздуха пост подготовки сжатого воздуха оснащается соответствующим дополнительным оборудованием. Оптимизированная схема такого поста показана на рис. 1.3.

**Особенности проектирования пневмомагистрали снабжения потребителей сжатым воздухом.** Проектируя пневмомагистраль снабжения потребителей сжатым воздухом, необходимо помнить, что она является элементом сопротивления для движущегося воздуха. Сопротивление магистрали тем выше, чем меньше ее диаметр. С уменьшением диаметра сопротивление стремительно возрастает. Это хорошо видно из графика (рис. 1.4), где показана зависимость потерь давления  $\Delta p$  в трубе круглого сечения длиной 10 м от ее внутреннего диаметра и расхода  $G$  воздуха. При ошибках в проектировании магистрали (использование труб малого диаметра и водопроводных запорных устройств, нерациональная прокладка магистрали) эти потери могут достигать существенной величины и стать причиной неэффективной работы пневмооборудования. Вся энергия воздуха при этом пойдет на преодоление сил трения, преобразуется в тепловую и бесцельно рассеется в атмосфере.

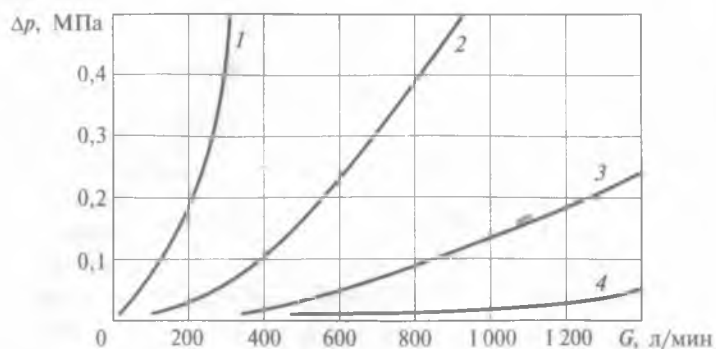


Рис. 1.4. Потери давления  $\Delta p$  в трубе круглого сечения длиной 10 м в зависимости от расхода  $G$  воздуха и внутреннего диаметра трубы (кривые 1—4):

1 — 6 мм; 2 — 10 мм; 3 — 15 мм; 4 — 20 мм

Сопротивление пневмомагистрали во многом зависит и от материалов, из которых она изготовлена. На отечественных автосервисных предприятиях магистраль снабжения потребителей сжатым воздухом монтируется из стальных труб, подверженных интенсивной коррозии (даже оцинкованных). Зарубежные предприятия используют алюминиевые профили и полимеры.

Создавая пневмомагистраль снабжения сжатым воздухом, необходимо учитывать следующие условия:

- вся магистраль должна проходить с некоторым уклоном от компрессора к своей конечной точке, что обеспечивает стекание водяного конденсата в конец магистрали и последующее удаление его с помощью дренажа;
- для дополнительной очистки воздуха отводы к потребителям нужно осуществлять через петлевые участки;
- пневмомагистраль не должна иметь тупиковых окончаний без дренажа;
- в целях интенсификации сбора конденсата из трубопровода и последующего его удаления рекомендуется оснащать магистраль встроенными завихрителями воздуха, которые могут устанавливаться в любом ее месте. Оптимальным местом их установки являются перегибы и ответвления.

При проектировании пневмомагистрали следует учитывать и то обстоятельство, что хорошо осушенный и очищенный сжатый



воздух вполне пригоден для окрасочных работ, но не годится для пневмоинструмента (для его нормальной работы необходимо присутствие определенного количества масла в воздухе).

Соответствующее насыщение воздуха маслом обеспечивается специальными устройствами — лубрикаторами, работающими по

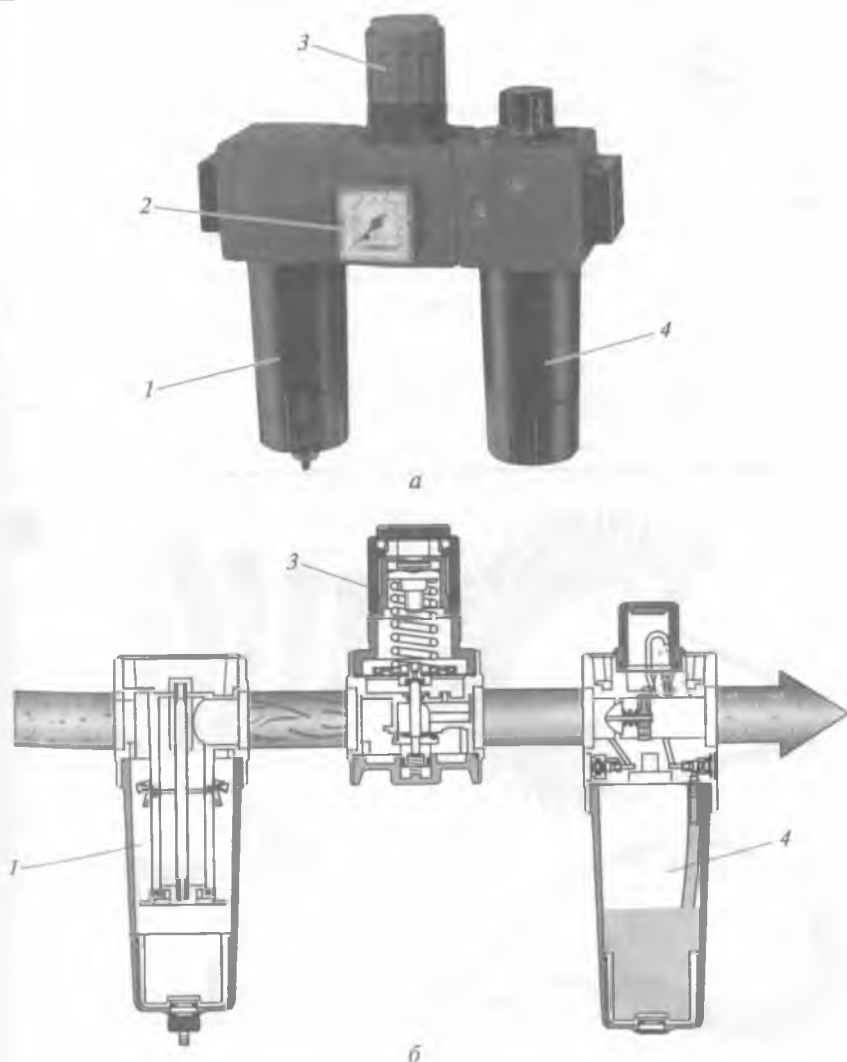


Рис. 1.5. Блок устройств подготовки сжатого воздуха:  
а — общий вид; б — конструкция в разрезе; 1 — фильтр; 2 — манометр; 3 — регулятор давления; 4 — лубрикатор

принципу обычного пульверизатора. Иногда используют упрощенные модели лубрикаторов, подключая их ко входу самого инструмента. Целесообразнее и выгоднее оснащать пневмомагистраль стационарными лубрикаторами с регулируемым дозированием масла, а воздух для работы инструмента, не требующего смазки (обдучных пистолетов, пистолетов для подкачки шин, шлифовального инструмента малярного участка и т.д.), забирать от разъема, установленного до лубрикатора.

Для удобства монтажа, эксплуатации и технического обслуживания пневмомагистрали проектируются по модульному принципу. Все элементы блока устройств подготовки сжатого воздуха (рис. 1.5, а) могут использоваться самостоятельно. Блок имеет собственную присоединительную резьбу и его можно легко перестраивать, менять конфигурацию и состав путем применения промежуточных элементов (рис. 1.5, б), которые соединяют между собой отдельные аппараты и одновременно служат для крепления всего блока к стене здания автосервисного предприятия.

Отдельные элементы пневмомагистрали соединяются между собой с помощью арматуры — разнообразных резьбовых и байонетных соединительных деталей.

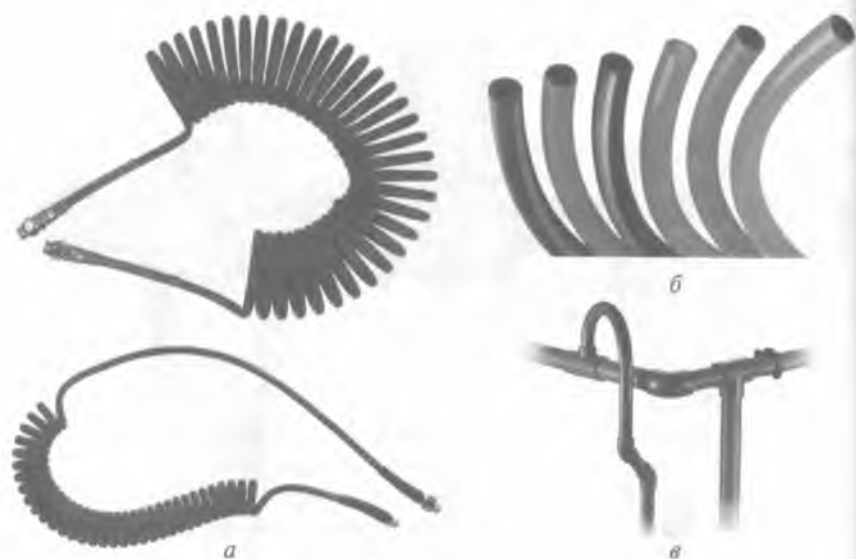


Рис. 1.6. Устройства для непосредственного подключения потребителей: а — спиральные полиуретановые шланги; б — армированные шланги; в — магистральные трубы из алюминия с полимерным покрытием и пропиленовыми фитингами

Важную роль при проектировании пневмомагистрали играет выбор устройств для непосредственного подключения потребителей (рис. 1.6). Особенно удобны для этих целей спиральные шланги, которые подсоединяются к магистрали с помощью специальных соединителей — разъемов. Главная трудность состоит в выборе универсальных стыковочных узлов, совместимых с большинством наконечников, установленных на инструменте.

Отличительной особенностью современных разъемов (см. Приложение 6) является оснащение их разгрузочными клапанами — пока давление в участке магистрали не будет сброшено с помощью специальной кнопки, разъем отсоединить невозможно.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованной справочной и другой литературы;
- эскизный проект пневмомагистрали автосервисного предприятия (схема здания) с указанием и обоснованием места размещения поста подготовки сжатого воздуха, мест подключения к магистрали обдувочных и окрасочных пистолетов, шлифовальных машинок, гайковертов и прочего пневмоинструмента (с активным использованием приложений);
- рекомендации по выбору материала трубопроводов пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом;
- обоснование выбора способа подключения потребителей сжатого воздуха к пневмомагистрали с разработкой примера конкретного подключения краскопульта или любого другого пневмоинструмента;
- расчет протяженности трубопроводов пневмомагистрали автосервисного предприятия и ориентировочных потерь давления воздуха на трение в них.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Каким образом поддерживается необходимое давление в пневмомагистрали автосервисного предприятия?
2. Как регулируется давление, необходимое для каждого конкретного пневмоинструмента?

3. Каким дополнительным оборудованием оснащается пост подготовки сжатого воздуха в зависимости от требуемой степени очистки воздуха?
4. В какой части помещения целесообразнее устанавливать компрессор?
5. При каком давлении должен находиться воздух в ресивере?
6. Что необходимо сделать, если ресивер нагревается до температуры выше 30...40 °С?
7. На каком участке пневмомагистрали следует размещать фильтры-влажнители?
8. До или после редуктора для понижения давления должен устанавливаться фильтр?
9. Каких правил необходимо придерживаться при создании пневмомагистрали малярного отделения автосервисного предприятия?
10. Почему энергонасыщенность сжатого воздуха снижается по мере удаления от компрессора?
11. Что влияет на снижение энергонасыщенности сжатого воздуха при его циркуляции в пневмомагистрали при включенных потребителях?
12. Из каких материалов желательно изготавливать элементы пневмомагистрали автосервисного предприятия?
13. Что необходимо учитывать при проектировании пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом потребителей?
14. Каковы особенности подготовки сжатого воздуха для окрасочного оборудования и пневмоинструмента?
15. Каково назначение лубрикаторов и принцип их действия?
16. По какому принципу проектируют пневмомагистрали?
17. Какими аппаратами комплектуются блоки устройств подготовки сжатого воздуха?
18. Как необходимо соединять между собой элементы пневмомагистрали?
19. Каковы особенности выбора устройств для непосредственного подключения потребителей?

### Лабораторная работа № 3

#### **ВЫБОР КОМПЛЕКТА ПНЕВМООБОРУДОВАНИЯ КУЗОВНОГО УЧАСТКА И РАСЧЕТ СУММАРНОГО РАСХОДА СЖАТОГО ВОЗДУХА ЕГО ЗАПЛАНИРОВАННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ**

*Цель работы* — изучение основных рекомендаций по выбору оборудования кузовного участка автосервисного предприятия и ме-

тоадки формирования пневмомагистрали с расчетом ее основных параметров в соответствии с выбранным пневмооборудованием.

**Необходимая литература, оборудование:** справочники, каталоги, справочные пособия; компрессор, ресивер вместимостью 250 л с манометром, пневмоинструмент, секундомер.

### Порядок выполнения работы:

- сформулировать задание на проектирование кузовного участка;
- сформировать массив исходных данных для проектирования участка (эскиз планировки и оснащения цеха предприятия, типаж оборудования для подготовки сжатого воздуха, типаж пневмоинструмента, окрасочной аппаратуры);
- выбрать необходимый пневмоинструмент для оснащения кузовного участка и составить ведомость с указанием основных параметров инструмента и оборудования его пневмомагистрали в соответствии с техническими паспортами;
- экспериментально определить расходную характеристику одного из инструментов, не снабженных паспортом (с неизвестными паспортными данными);
- определить суммарный расход воздуха и рабочее давление пневмомагистрали малярного отделения;
- рассчитать примерную вместимость ресивера;
- оформить отчет.

**Пневмооборудование для слесарно-сборочных, арматурных и кузовных работ.** В практике автосервисных предприятий пневмооборудование находит широкое применение для работ с силовым крепежом для выполнения слесарно-сборочных, арматурных, кузовных и окрасочных работ.

Универсальным инструментом, который используется на всех этапах ремонта автомобиля, является пневматическая дрель, сочетающая небольшую массу и высокую мощность. Обычно дрели выпускаются в двух конструктивных исполнениях (с прямой и pistolетной рукояткой) и оснащаются быстрозажимными патронами для крепления сверл диаметром не более 13 мм. В зависимости от назначения они могут быть низко- и высокооборотными, с реверсом или без него.

Для ускорения арматурных работ выпускаются шуруповерты, рассчитанные на разный максимальный крутящий момент, регулируемый в необходимых пределах. Все шуруповерты реверсивные, оснащены универсальными магнитными держателями для насадок с квадратным хвостовиком и выпускаются с прямой или пистолетной рукояткой.

Полезным инструментом для работ с силовым крепежом является профессиональный ударный гайковерт с уникальным соотношением мощности и собственной массы. Современные конструкции таких гайковертов рассчитаны на 1 млн рабочих циклов и оснащены компьютерным чипом, фиксирующим в своей памяти количество отработанных циклов, даты приобретения, обслуживания и ремонта инструмента. Ударные гайковерты оснащены ударным механизмом двойного действия, который повышает эффективность и увеличивает срок службы инструмента.

Различный пневмоинструмент используется для механизации различных этапов кузовных работ. Для зачистки металлических поверхностей обычно используются традиционные углошлифовальные или ленточные машинки с системой пылеудаления. Прекрасно показали себя эксцентриковые шлифовальные машинки для грубого предварительного шлифования, для промежуточной и финишной обработки поверхности. Они относительно тихо работают, имеют гаситель вибраций и тепловую изоляцию корпуса, предохраняющую руки оператора от переохлаждения холодным потоком воздуха. В машинках фирмы Festo (Германия) имеется специальный штуцер для подсоединения к интегрированной системе пылеудаления, где подвод сжатого и отвод отработанного воздуха, а также отсос продуктов обработки осуществляется по коаксиальным шлангам, заключенным в единый гибкий корпус.

Конструктивно все шлифовальные машинки различаются по виду движения рабочего инструмента (вибрационное, возвратно-поступательное или вращательное) и форме подошвы (плоская, круглая, треугольная).

Особенность шлифовальных машинок — мягкая шлифовальная тарелка с механическим тормозом. Сама тарелка и листы шлифовальной бумаги имеют по девять отверстий. Два дополнительных канала вместе с девятым отверстием позволяют избежать засаливания центра бумаги, за счет чего увеличивается время работы одного листа (примерно на 30 %) и улучшается пылеотсос в рабочей зоне.

Для зачистки металлической поверхности используются также пневмощетki в комплекте с пакетом твердосплавных игл и песко-

струйные установки. С их помощью легко удаляется старое антикоррозионное покрытие, проржавевший металл. В ряде случаев зачистку удобно выполнять пневмощарошками со сменными абразивными или твердосплавными насадками, которые легко устанавливаются на конус шпинделя инструмента.

Разделка листового металла выполняется мобильными универсальными миниатюрными отрезными машинками (диаметр абразивного диска 75 мм) либо пневмоножницами с режущими механизмами различной конструкции (в зависимости от конкретных условий обработки).

Поврежденные панели кузова удаляются обычно с помощью пневматического зубила, отрезной машинки или пневмолобзика. Последний удобен также при монтаже акустической аппаратуры и при установке люков.

Область применения пневматического зубила расширяется благодаря набору сменного инструмента с режущими кромками различной конфигурации. В частности, имеются модели пневматического зубила, предназначенные для удаления старых прокладок и очистки уплотняемых фланцевых поверхностей.

Демонтаж приварных элементов кузова с минимальными повреждениями в условиях автосервисного предприятия часто выполняется приспособлением для высверливания точек контактной сварки. Для замены вклеенных автомобильных стекол изготовители пневмоинструмента предлагают осциллирующий резак, оснащенный стальными ножами различной конфигурации.

При монтаже новых деталей кузова удобно пользоваться пневматическим устройством для формирования отбортовок, который одновременно можно использовать и для просечки отверстий диаметром 5 мм. При монтаже панелей эффективен заклепочник для установки заклепок из мягких материалов (алюминий, медь) и стальных заклепок диаметром до 6 мм.

Пневматические приспособления широко используются при нанесении герметиков, поставляемых в пластиковых картриджах, при распылении антикоррозионных и противозумовых консистентных мастик, при покрытии поверхностей грунтами и эмалями.

Помимо упомянутого пневмоинструмента и приспособлений пневматического действия на автосервисных предприятиях применяются обдувочные пистолеты и нагнетатели консистентных смазок.

**Выбор комплекта оборудования кузовного участка.** В современных авторемонтных технологиях пневмооборудование находит широкое применение, так как заметно превосходит электрические

аналоги по надежности и электробезопасности, а по мощности приходится на 1 кг массы, выигрывает почти вдвое.

Постоянным источником сжатого воздуха для работы пневмооборудования служат компрессоры различных типов (поршневые, винтовые, мембранные). Правильный выбор компрессора оказывается едва ли не самой трудной задачей в формировании всего комплекта оборудования кузовного участка. Здесь требуется обоснованный методический подход. Отправная точка в выборе компрессора — реальный учет запланированных потребителей сжатого воздуха.

Простейшая схема пневмомагистрали включает в себя компрессор, ресивер и подключаемых потребителей (оборудование, приспособления, инструмент). Компрессор обеспечивает основные показатели, определяющие баланс всей пневмомагистрали: рабочее давление и расход воздуха. Следовательно, выбор компрессора нужно начинать с определения состава комплекта и рабочих параметров оборудования участка.

Номинальные параметры основного пневмооборудования кузовного участка и его малярного отделения представлены в табл. 1.2.

Примером оптимального комплекта пневмооборудования, используемого для выполнения основных технологических операций

Таблица 1.2. Номинальные параметры пневмооборудования

Пневмооборудование	Давление $p$ , МПа	Расход воздуха $G$ , л/мин	Коэффициент использования $K_v$
Окрасочный пистолет	0,3...0,4	300...400	0,6...0,7
Шлифовальная, полировальная машинка	0,65	350...450	0,6...0,7
Отрезная машинка	—	800...1200	0,5
Обдувочный пистолет	—	150...250	0,2
Пневмозубило	—	150...200	0,3
Угловой гайковерт	—	150...200	0,3
Ударный гайковерт	—	400...500	0,2



Таблица 1.3. Комплект оборудования для подготовки кузова к окраске

Технологическая операция	Наименование и модель шлифовальных машинок фирмы Festo	Основная характеристика
Быстрое удаление старых лакокрасочных покрытий, сошлифовывание шпатлевок, шлифование сварных швов	Углошлифовальная ротационная RAS 115/03E, эксцентриковая круглошлифовальная ES 150/5 EQ, эксцентриковая круглошлифовальная LEX 150/7, углошлифовальная ротационно-эксцентриковая RO 150 E	Высокая производительность
Выравнивание плоскостей	Эксцентриковая плоскошлифовальная RS 1 C, эксцентриковая плоскошлифовальная LRB-IAS 2	Высокая производительность при наличии плоской подошвы больших размеров
Промежуточное шлифование	Эксцентриковая круглошлифовальная ES 150/5 EQ, эксцентриковая круглошлифовальная LEX 150/7, углошлифовальная ротационно-эксцентриковая RO 150 E	Большая амплитуда эксцентрикового движения
Тонкое шлифование, суперфиниширование, удаление дефектов методом «сухого» полирования	Эксцентриковая круглошлифовальная ES 150/5 EQ, эксцентриковая круглошлифовальная LEX 150/3	Малая амплитуда эксцентрикового движения
Шлифование углов, кантов, ливнеотводов, порожков	Эксцентриковая треугольношлифовальная DX 93 E, ленточная BF 1 E	Наличие специальных насадок

подготовки кузова к окраске, может служить комплект оборудования, рекомендованный фирмой Festo (Германия) (табл. 1.3).

Основные характеристики пневмоинструмента — рабочее давление и номинальный расход воздуха, — как правило, содержатся

Таблица 1.4. Соотношение наиболее распространенных единиц давления

Обозначение	Паскаль	Атмосфера	lbf/in <sup>2</sup>	pdl/ft <sup>2</sup>
Паскаль (Н/м <sup>2</sup> )	1	1,0197 · 10 <sup>-5</sup>	1,4504 · 10 <sup>-4</sup>	0,672
Атмосфера (кгс/см <sup>2</sup> )	9,8067 · 10 <sup>4</sup>	1	14,2234	6,5896 · 10 <sup>4</sup>
Фунт-сила на квадратный дюйм (lbf/in <sup>2</sup> )	6894,76	0,07031	1	4,633 · 10 <sup>3</sup>
Паундаль на квадратный фут (pdl/ft <sup>2</sup> )	1,4882	1,5175 · 10 <sup>-5</sup>	2,1585 · 10 <sup>-4</sup>	1

в технических паспортах (см. Приложение 6). Однако могут возникнуть осложнения из-за разнобоя в единицах измерения. Чаще давление указывают в атмосферах или мегапаскалях, но встречаются и англо-американские меры — фунт-сила на квадратный дюйм (lbf/in<sup>2</sup>) и паундаль на квадратный фут (pdl/ft<sup>2</sup>). Для перевода единиц измерения давления можно использовать данные, приведенные в табл. 1.4.

Что касается единиц измерения расхода воздуха, потребляемого пневмоинструментом, то переводные соотношения здесь будут следующими: 1 м<sup>3</sup>/мин = 1 000 л/мин = 35,32 ft<sup>3</sup>/min (в паспортах бывает и другое обозначение — c. f. m, т. е. кубический фут в минуту) и 1 ft<sup>3</sup>/min = 28,31 л/мин = 0,02831 м<sup>3</sup>/мин.

Если пневмоинструмент и оборудование не имеют паспортов, то при определении их рабочего давления следует ориентироваться на аналогичные устройства, у которых оно известно. Небольшая неточность на параметры пневмомагистралей существенно не повлияет, поскольку в ее рабочие параметры закладывается допуск в 10... 15 %.

Определение расходной характеристики пневмоинструмента несколько более сложная задача. Расход воздуха можно определить опытным путем с помощью расходомера. Если его нет, то можно воспользоваться косвенным методом, основанным на законе сохранения массы.

Эксперимент выполняется в определенной последовательности. К баллону со сжатым воздухом по очереди подсоединяются все потребители воздуха, которые нагружаются так, как во время обычной работы. При этом падение рабочего давления в ресиве-

ре за определенный промежуток времени замеряется. После этого расход  $G_{\pi}$  воздуха каждого потребителя (л/мин) рассчитывают по формуле

$$G_{\pi} = V_{\text{рес}}(p_1 - p_2)/(tp_0),$$

где  $V_{\text{рес}}$  — вместимость ресивера, л;  $p_1, p_2$  — начальное и конечное рабочее давление в ресивере, МПа;  $t$  — промежуток времени, мин, за который рабочее давление в ресивере упало с  $p_1$  до  $p_2$ ;  $p_0$  — атмосферное давление, МПа.

Все значения давления, подставляемые в формулу, должны быть выражены в одинаковых единицах.

Погрешность такой экспериментальной оценки обычно не превышает 15 %, что вполне приемлемо для производства.

Определив тем или иным способом характеристики потребителей, необходимо рассчитать суммарный расход  $G$  воздуха, который станет ориентиром для дальнейших расчетов параметров пневмомагистрали. Сложность состоит в том, что просто суммировать потребление воздуха всеми потребителями бессмысленно, так как большинство из них работают попеременно и непродолжительное время. Исключение обычно составляют шлифовальные и полировальные машинки, пневмошарошки, окрасочные пистолеты. Для простоты можно применить коэффициенты  $k_{\pi}$  использования инструмента (см. табл. 1.2) и сложить расход воздуха всех потребителей с учетом этих коэффициентов:

$$G = G_1k_{\pi 1} + G_2k_{\pi 2} + \dots + G_nk_{\pi n}.$$

Таким образом, для дальнейших расчетов теперь имеются два параметра: суммарный расход воздуха, обеспечивающий стабильную работу пневмомагистрали, и рабочее давление в ней, принятое в соответствии с максимальным значением рабочего давления каждого потребителя.

**Разработка схемы пневмомагистрали малярного отделения.** На основании плана цеха автосервисного предприятия (рис. 1.7) разрабатываем схему пневмомагистрали малярного отделения с примерным расположением окрасочного, пылеудаляющего, шлифовального и прочего оборудования.

Используя справочные данные, составляем ведомость необходимого пневмооборудования малярного отделения и прорабатываем монтажную схему его соединения в пневмомагистраль.

**Определение вместимости ресивера.** Примерный расчет вместимости ресивера основан на законе сохранения массы. Вместимость ресивера определяется по формуле

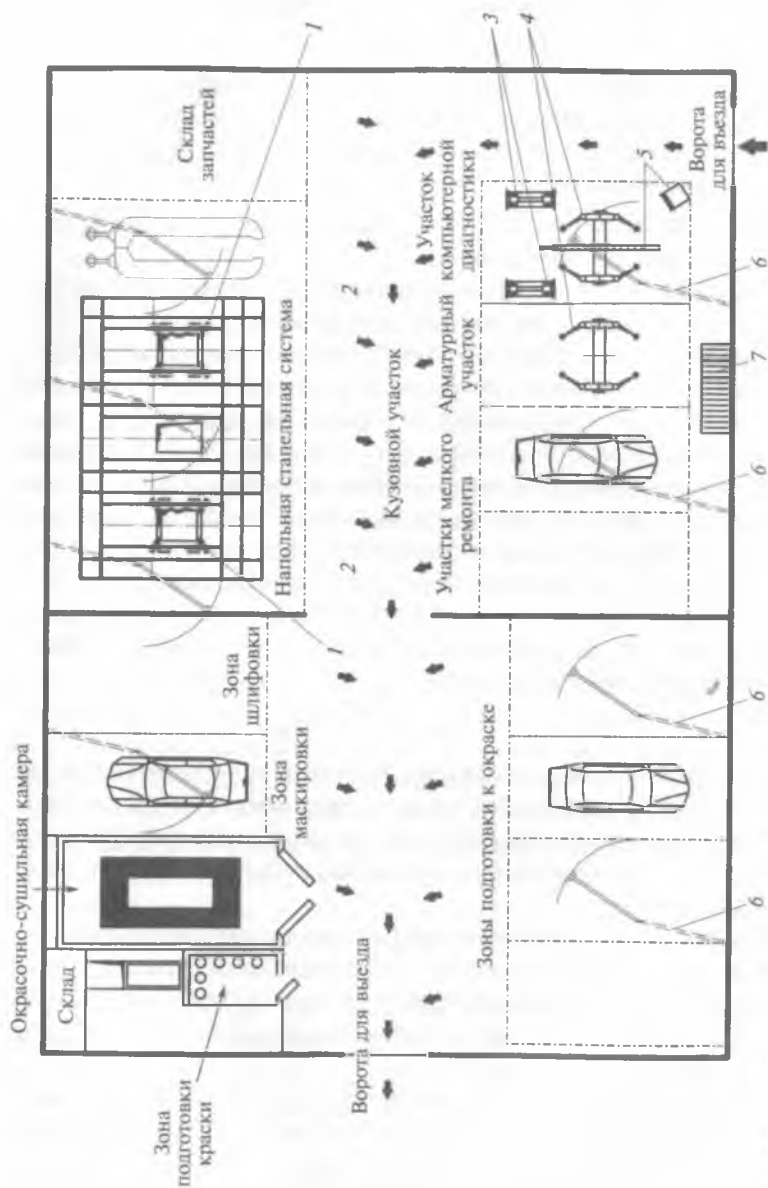


Рис. 1.7. План цеха авторемонтного предприятия:

1 — телескопические стойки для подачи сжато воздуха; 2 — сварочные аппараты; 3 — стеллажи; 4 — двухстоечные подъемники; 5 — измерительная система; 6 — стеллажи; 7 — верстак

$$V_{\text{pec}} = Gtp_0 / (p_1 - p_2),$$

где  $V_{\text{pec}}$  — вместимость ресивера, л;  $G$  — суммарный расход воздуха всех потребителей, л/мин;  $t$  — время, зависящее от технических особенностей компрессора (для предварительных расчетов принимается 2 мин);  $p_0$  — атмосферное давление (принимается 0,1 МПа);  $p_1 - p_2$  — фиксированный перепад рабочих давлений в пневмомагистрали (принимается 0,2 МПа).

На основании вышеизложенного можно заключить, что для выбора и приобретения компрессора необходима информация по следующим основным параметрам пневмомагистрали малярного отделения кузовного участка:

- рабочее давление  $p$ , МПа;
- суммарный расход воздуха  $G$ , л/мин;
- вместимость ресивера  $V_{\text{pec}}$ , л.

**Пример.** Расчет основных параметров пневмомагистрали слесарного отделения.

Планируется работа трех потребителей сжатого воздуха, основные данные которых содержатся в их технических паспортах: пневмозубило (0,65 МПа, 150 л/мин), угловой гайковерт (0,65 МПа, 200 л/мин), отрезная машинка (0,65 МПа, 800 л/мин). В слесарном отделении имеется еще ударный гайковерт (пневмогайковерт), не снабженный паспортом. На основании осмотра нескольких аналогичных инструментов принимаем рабочее давление ударного гайковерта равным 0,65 МПа. Экспериментальным путем получаем следующие данные: при подключении пневмогайковерта к ресиверу вместимость 240 л давление в нем за 1 мин и 8 с (т. е. 1,13 мин) понизилось с 0,75 до 0,55 МПа. Атмосферное давление принимают равным 0,1 МПа. Тогда расход  $G_{\text{пг}}$  воздуха пневмогайковерта

$$G_{\text{пг}} = 240(0,75 - 0,55) / (1,13 \cdot 0,1) = 425 \text{ л/мин.}$$

Коэффициенты использования пневмоинструмента  $k_i$  принимаем следующие: для пневмозубила (пз) — 0,3; для углового гайковерта (у.г) — 0,3; для отрезной машинки (о.м) — 0,5; для пневмогайковерта (пг) — 0,2.

Суммарный расход воздуха

$$G = G_{\text{пз}}k_{\text{пз}} + G_{\text{у.г}}k_{\text{у.г}} + G_{\text{о.м}}k_{\text{о.м}} + G_{\text{пг}}k_{\text{пг}} = 150 \cdot 0,3 + 200 \cdot 0,3 + 800 \cdot 0,5 + 425 \cdot 0,2 = 590 \text{ л/мин.}$$

Приняв  $t = 2$  мин, определяем вместимость удовлетворяющего нас ресивера по формуле

$$V_{\text{pec}} = 590 \cdot 2 \cdot 0,1 / 0,2 = 590 \text{ л.}$$

## Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованной литературы;
- перечень оборудования, использованного при проведении экспериментальной части работы;
- расчет расходных характеристик двух разных пневмоинструментов по результатам эксперимента;
- эскиз планировки и оснащения цеха предприятия (можно использовать план, изображенный на рис. 1.7);
- предложение по оснащению малярного участка цеха необходимым оборудованием для подготовки сжатого воздуха и пневмоинструментом для подготовки кузова к окраске (сводная ведомость);
- планировка цеха с нанесенной на нее трассой пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом потребителей с указанием мест размещения оборудования и компрессорной станции;
- сводная ведомость оборудования, оснастки и пневмоинструмента пневмомагистрали малярного отделения кузовного участка с указанием основных параметров и моделей;
- расчет суммарного расхода воздуха и давления в пневмомагистрали малярного отделения;
- расчет необходимой вместимости ресивера.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды пневмоинструмента находят применение на автосервисном предприятии?
2. Какова рациональная область использования пневмодрелей и пневмогайковертов?
3. Какие конструктивные особенности имеют шлифовальные машинки фирмы Festo?
4. В каких случаях используются пневмошетки?
5. Какой инструмент применяется для удаления поврежденных панелей кузова?
6. Какой пневмоинструмент применяется на малярном участке автосервисного предприятия?
7. Каким образом определяется расходная характеристика пневмоинструмента?
8. Как определяется вместимость ресивера?
9. Как выполняется расчет пневмомагистрали слесарного отделения кузовного участка автосервисного предприятия?

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТИ ПРИ ЦИРКУЛЯЦИИ СЖАТОГО ВОЗДУХА В ЭЛЕМЕНТАХ ПНЕВМОМАГИСТРАЛИ

**Цель работы** — экспериментально-аналитическая оценка потерь энергонасыщенности сжатого воздуха в зависимости от параметров, состояния трубопровода и его материала.

**Необходимая литература, оборудование, инструмент, приборы:** справочники, каталоги и справочные пособия; экспериментальная установка, включающая в себя компрессорную станцию; элементы пневмомагистрали из разных материалов; сменные насадки; измерительные приборы.

### Порядок выполнения работы:

- сформулировать цели и задачи экспериментального исследования;
- разработать принципиальную схему экспериментальной установки;
- разработать методику проведения экспериментов;
- оформить результаты экспериментов в виде таблиц;
- сделать выводы по результатам проведенных экспериментальных исследований;
- оформить отчет.

**Факторы, влияющие на потери энергонасыщенности сжатого воздуха при его циркуляции.** Атмосферный воздух в зависимости от конструкции компрессора, через который он проходит, сжимается (в среднем в соотношении 1 : 10) и при включенных потребителях циркулирует по пневмомагистрали. На пути циркуляции воздух преодолевает ряд препятствий (воздухопроводы, гибкие шланги, резьбовые и быстросъемные соединения, воздушные фильтры), которые тормозят его движение, поскольку сужают проходное сечение трубопровода. Все это ведет к потерям энергонасыщенности сжатого воздуха и падению давления на трение в пневмомагистрали.

Традиционно пневмоинструмент и окрасочная аппаратура производственных участков автосервисных предприятий снабжаются

сжатым воздухом (особенно на большие расстояния) с помощью металлических трубопроводов: в основном из оцинкованной или коррозионно-стойкой стали, алюминиевых профилей, медных сплавов, часто из пластика. Длинные гибкие шланги для этих целей обычно не применяются из-за их быстрого износа и возможности возникновения утечки.

Идеальным материалом для пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом пневмоинструмента является полимер рилсан, из которого изготавливают трубы, уголки и соединительную арматуру разного диаметра. Рилсан обладает невысокой теплопроводностью и прекрасными механическими свойствами (гарантия на пневмомагистрали из этого материала — 50 лет), но довольно дорог.

Из отечественных материалов можно использовать поливинилхлорид. Трубы из этого пластика технологичны в обработке, обладают достаточной механической прочностью, к ним подобраны все современные разветвители и ответвители. При этом стоимость комплектующих примерно на 20 % выше, чем для трубопровода из оцинкованной стали.

Сопротивление потоку воздуха в пневмомагистрали в большой степени зависит от рабочего диаметра трубопровода. Диаметр должен быть больше, чем размер выходного штуцера компрессора или ресивера. Исходя из этого минимальные потери давления и энергии в пневмомагистрали будут при наибольшем внутреннем диаметре трубопровода и наименьшей его протяженности. Кроме того, радиус изгибов пневмомагистрали должен быть максимально возможным, маршрут трубопровода от компрессора до потребителей должен быть несложным, с минимальным числом изгибов, перегибов, врезок или соединений.

Рекомендации по выбору трубопроводов приведены в табл. 1.5.

Важной характеристикой пневмомагистрали является ее техническое состояние, которое оценивается потерями воздуха на участках соединения трубопровода и в отверстиях, образовавшихся в результате коррозии металла. График на рис. 1.8 показывает, что зависимость потерь воздуха в трубопроводе от диаметра отверстия через которое происходит утечка, носит нелинейный характер.

**Принципиальная схема экспериментальной установки.** В экспериментальной части лабораторной работы поставлены две задачи:

определение потерь давления сжатого воздуха в зависимости от материала трубопровода и его протяженности и от состава оборудования компрессорной станции;

определение зависимости потерь воздуха из трубопровода от диаметра отверстия, через которое происходит утечка.



Таблица 1.5. Оптимальные рекомендуемые диаметры трубопроводов

Характеристики компрессора		Диаметры трубопроводов, мм, при разной минимальной протяженности, м			
Мощность, кВт	Подача воздуха, л/мин	Менее 20	20... 50	50... 150	150... 250
1,5... 2,0	170... 250	20	—	—	—
2,2... 4,0	340... 570	20	20	25	—
4,0... 7,5	570... 1 100	20	25	32	32
7,5... 11,0	1 100... 1 750	25	25	32	50
11,0... 15,0	1 750... 2 400	25	32	50	50

Экспериментальная установка (рис. 1.9), используемая в лабораторной работе, должна обеспечить решение поставленных задач.

В реальных условиях проведения экспериментальных исследований схема такой установки может изменяться в зависимости от отсутствия того или иного оборудования.

**Методика проведения экспериментов.** Экспериментальную установку монтируют согласно схеме (см. рис. 1.9). Трубопроводы разной длины (10; 20 и 30 мм) собираются с помощью соединительных муфт. В качестве материалов для трубопроводов используется

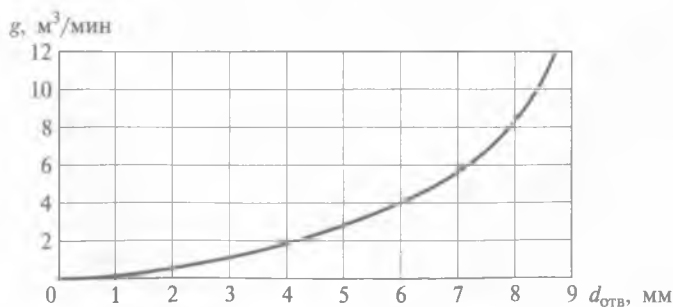


Рис. 1.8. График зависимости потерь  $g$  воздуха в трубопроводе от диаметра  $d_{отв}$  отверстия, через которое происходит утечка при давлении воздуха в пневмосети 0,7 МПа

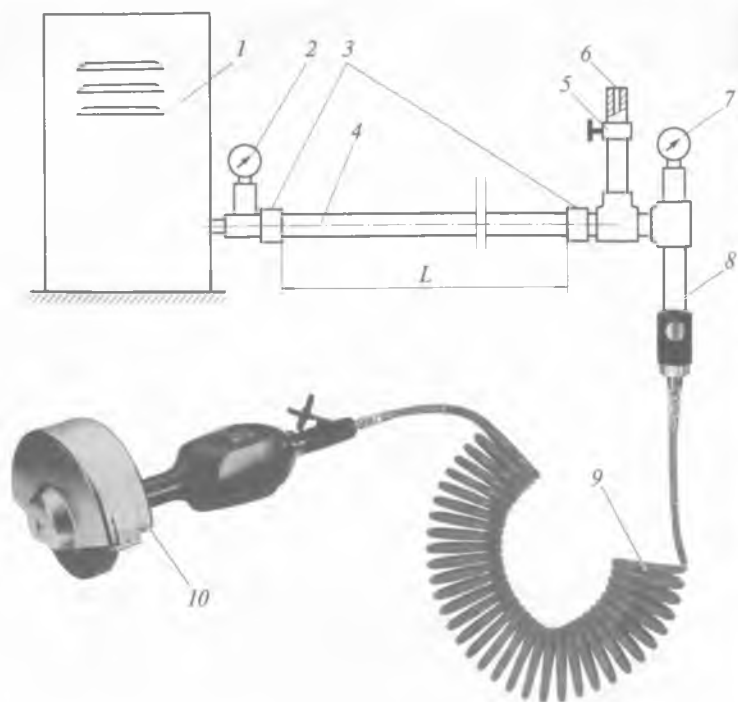


Рис. 1.9. Схема экспериментальной установки:

1 — компрессор; 2 — входной манометр; 3 — соединительные муфты; 4 — сменные трубопроводы из различных материалов и разной длины  $L$ ; 5 — вентиль; 6 — сменное сопло; 7 — выходной манометр; 8 — быстрый разъем с разгрузочным клапаном; 9 — спиральный полиуретановый шланг; 10 — пневмоинструмент

оцинкованная сталь, алюминиевые профили (стандартные) и поливинилхлорид.

Предварительно отключив вентилем 5 отводной патрубков для установки сопел 6 и обеспечив компрессором 1 рабочее давление в пневмомагистрали 0,6 МПа, снимают показания манометров 2 и 7 при включенном пневмоинструменте 10. По разнице показаний манометров судят о падении рабочего давления в пневмосети в зависимости от длины и материала трубопровода. Для подсоединения пневмоинструмента используются спиральные полиуретановые шланги 9 и быстрые разъемы 8 с разгрузочным клапаном.

Используя трубопроводы 4 из разных материалов, соединяемые с оборудованием муфтами 3, определяют влияние материала на падение давления из-за трения воздуха в трубопроводе.

Аналогично, устанавливая сопла 6 разного диаметра и включая подачу давления вентилем 5, можно определить влияние диаметра отверстия, через которое происходит утечка воздуха из трубопровода, на величину потерь воздуха от утечки в стыках.

**Обработка и оформление результатов экспериментов.** Эксперименты проводятся в два этапа.

Первый этап — определение путем замеров падения рабочего давления воздуха в пневмомагистрали в зависимости от материала и протяженности трубопровода, а также от диаметра его элементов. Результаты замеров заносятся в специальную форму (табл. 1.6).

Второй этап — определение зависимости расхода  $G$  воздуха на выходе из трубопровода за время  $t$  от диаметра отверстия, через которое происходит утечка воздуха.

Расход воздуха рассчитывается по формуле

$$G = V_{\text{рес}}(p_1 - p_2)/(tp_0),$$

где  $G$  — расход воздуха, л/мин;  $V_{\text{рес}}$  — вместимость ресивера, л;  $p_1$ ,  $p_2$  — начальное и конечное давление по манометрам, МПа;  $t$  — время,

**Таблица 1.6. Зависимость падения рабочего давления в пневмомагистрали от диаметра, протяженности и материала трубопровода**

Материал и диаметр* элемента пневмомагистрали	Протяженность трубопровода, м	Показания манометров (см. рис. 1.9)		Падение рабочего давления в пневмосети, МПа
		2	7	
Стальная оцинкованная труба	10			
	20			
	30			
Алюминиевый профиль	10			
	20			
	30			
Труба из поливинилхлорида	10			
	20			
	30			

\* Диаметр всех приведенных элементов пневмомагистрали составляет 20 мм.

Таблица 1.7. Зависимость потерь воздуха в трубопроводе от диаметра отверстия, через которое происходит утечка

Диаметр отверстия сопла, мм	Вместимость $V_{\text{рес}}$ ресивера, л	Давление по манометру 2, МПа		$p_0$	Время $t$ , мин	Расход $G$ воздуха, л/мин
		$p_1$	$p_2$			

мин, за которое давление в пневмомагистрали упало с  $p_1$  до  $p_2$  (время проведения эксперимента);  $p_0$  — атмосферное давление, МПа.

Результаты эксперимента также заносятся в специальную форму (табл. 1.7).

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованной литературы, материалов, оборудования, инструмента;
- описание экспериментальной установки;
- формулирование целей и задач исследования;
- методика проведения экспериментов;
- результаты экспериментов (в виде таблиц);
- выводы о зависимости потерь энергонасыщенности сжатого воздуха в пневмомагистрали (падения рабочего давления) от материала и диаметра элементов трубопровода его протяженности и от состава оборудования компрессорной станции;
- выводы о зависимости потерь воздуха в трубопроводе от диаметра отверстия, через которое происходит утечка.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы влияют на потери энергонасыщенности сжатого воздуха в пневмомагистрали?

2. Как влияет материал трубопровода на торможение движения воздуха в пневмомагистрали?
3. Какие материалы в настоящее время используются для изготовления трубопроводов?
4. От чего зависит выбор диаметра трубопровода?
5. Как зависят потери воздуха в трубопроводе от диаметра отверстия, через которое происходит утечка воздуха?
6. Как можно экспериментально определить падение давления в пневмомагистрали из-за влияния различных факторов?

## Лабораторная работа № 5

---

### РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССОРА, РЕСИВЕРА И ОСУШИТЕЛЯ ДЛЯ ПНЕВМОМАГИСТРАЛИ КУЗОВНОГО УЧАСТКА

**Цель работы** — изучение основных факторов, определяющих выбор компрессора, ресивера и осушителя; освоение расчета их расходных характеристик.

**Необходимая литература:** справочники, каталоги, справочные пособия.

#### Порядок выполнения работы:

- сформулировать техническое задание по выбору и расчету параметров компрессора для конкретной пневмомагистрали (на базе данных предыдущих лабораторных работ);
- обосновать выбор типа компрессора;
- определить путем анализа объемную подачу компрессора на основании расходной характеристики пневмомагистрали кузовного участка;
- выбрать компрессор наиболее рациональной конструкции и соответствующий ему ресивер;
- определить расходную характеристику и выбрать подходящую модель осушителя;
- оформить отчет.

**Рекомендации по выбору компрессора.** Выбор компрессора в условиях автосервисного предприятия обычно определяется ко-

личеством и рабочими параметрами пневмоинструмента и пневмооборудования. Как показывает опыт, минимальные потребности в сжатом воздухе (например, для подкачки шин) может удовлетворить компрессор с подачей 150...200 л/мин. Для участка шиномонтажа можно использовать компрессор с подачей 300...400 л/мин, с ресивером вместимостью 50...100 л. Для небольшого малярного отделения с одним окрасочным пистолетом необходим компрессор с подачей порядка 600 л/мин, развивающий давление от 0,6 МПа и выше. Аналогичный компрессор удовлетворит потребности предприятия, имеющего 3—4 рабочих поста, использующих пневмоинструмент (гайковерты, дрели и др.).

На крупных автосервисных предприятиях, оборудованных разветвленной пневмомагистралью с десятками потребителей, требуемая подача компрессора составит 1 000 и даже 1 500 л/мин.

Из сказанного следует, что диапазон значений подачи гаражного компрессора должен находиться в интервале 150...1 500 л/мин.

Существуют различные типы компрессоров, используемых в технике в качестве источников сжатого воздуха: поршневые, мембранные (диафрагменные), винтовые (ротационные). В настоящее время в авторемонтной практике находят применение в основном не очень дорогие поршневые компрессоры с приемлемыми массогабаритными показателями, которые просты в обслуживании.

Выходные характеристики поршневых компрессоров способны удовлетворить потребности практически любого авторемонтного предприятия.

Основными параметрами компрессора, которыми, как правило, руководствуется потребитель, являются максимальное давление  $p_{\max}$  и подача  $Q$ .

Большинство компрессоров развивают давление, превышающее потребности стандартного пневмооборудования и инструмента, используемого при ремонте автомобилей. В каталогах указывается максимальное давление, реально же компрессор работает с периодическим отключением и его действительное рабочее давление колеблется в пределах от  $p_{\max}$  до  $p_{\max} - 0,2$  МПа, т.е. ниже максимального. Это необходимо учитывать при выборе оборудования и параметров пневмомагистральной системы.

Решающим фактором, определяющим выбор того или иного компрессора, является не только его подача, но и ресурс работы, который зависит в первую очередь от рабочей температуры компрессорной головки. Напрямую с температурой связаны подача головки и частота вращения коленчатого вала. Если сравнить два компрессора с одинаковой подачей, то ресурс работы будет больше

у того, частота вращения коленчатого вала и подача компрессорной головки которого меньше.

Все компрессоры с учетом их возможностей и ресурса работы разделяются на следующие классы:

- бытовые («хобби»);
- полупрофессиональные масляные компрессоры с прямой передачей (коаксиальные компрессоры);
- профессиональные поршневые компрессоры с ременным приводом;
- промышленные поршневые компрессоры с ременным приводом (на автосервисных предприятиях применяются ограниченно).

Конструктивно компрессор представляет собой агрегат, включающий в себя компрессорную головку, электропривод, ресивер и устройство автоматического регулирования давления (прессостат). Система автоматического регулирования давления всех компрессоров настроена таким образом, что обеспечивает поддержание давления в ресивере с допуском (0,2 МПа) от максимального значения.

В бытовых компрессорах класса «хобби» используется одноцилиндровая одноступенчатая компрессорная группа безмасляного типа с прямой передачей между электродвигателем и компрессорной группой, что упрощает конструкцию и снижает стоимость компрессора. Компрессоры изготавливаются как без ресивера, так и с ресивером для более интенсивного кратковременного использования. Допустимый режим работы бытовых компрессоров — кратковременный, с коэффициентом внутрисменного использования  $k_{вн} \leq 0,15$ . Ресурс работы (1 000 ч) безмасляных компрессоров ниже, чем аналогичных смазываемых. Подача по всасыванию таких компрессоров составляет 100...250 л/мин, но из-за невысокого коэффициента объемной подачи ( $k_{о,п} = 0,5$ ) их реальная выходная подача примерно в 2 раза ниже паспортной.

Самое широкое распространение получили полупрофессиональные масляные компрессоры с прямой передачей (коаксиальные). Подача воздуха таких компрессоров составляет от 100...300 л/мин, они оснащены ресивером вместимостью от нескольких литров до 100 л, ресурс работы достигает 3 000 ч. В силу высокой теплонпряженности полупрофессиональные компрессоры не рассчитаны на эксплуатацию в продолжительном режиме ( $k_{вн} = 0,15 \dots 0,2$ ). Двухцилиндровые коаксиальные компрессоры чаще имеют V-образную схему, обеспечивающую лучшую динамическую сбалансированность. Поправочный коэффициент для реальной подачи воздуха этой группы компрессоров составляет 0,6...0,65. Подача V-образных коаксиальных компрессоров достигает 400...550 л/мин.

Профессиональные поршневые компрессоры с ременной передачей благодаря специальной системе охлаждения и низким оборотам имеют поправочный коэффициент для реальной подачи в пределах 0,7...0,75, более высокую надежность и гораздо больший ресурс работы, чем компрессоры с прямой передачей. Клиноременные компрессоры из-за лучшего теплообмена работают в более продолжительном режиме. Ресурс работы более 5 000 ч, подача воздуха при одноступенчатом исполнении до 500 л/мин.

Компрессоры двухцилиндровой двухступенчатой группы (см. Приложение 6) работают в более легком температурном режиме, что увеличивает ресурс их работы. Компрессоры этого класса при изготовлении рассчитываются на подачу воздуха 330...850 л/мин на ресиверах вместимостью от 100 до 500 л.

Более высокой подачи воздуха (до 200 л/мин) можно достигнуть применением двухголовочных компрессоров (тандемов), в которых головки, работая на общий ресивер, имеют автономные приводы и независимые прессостаты.

Таким образом, при выборе компрессора, кроме давления и подачи воздуха, большое значение имеет частота вращения двигателя привода, а также конструкция компрессорной группы. Все это и определяет ресурс работы компрессора.

**Методика расчета характеристик компрессора и ресивера.** Методика расчета характеристик компрессора основана на поэтапном определении воздухопотребления, теоретической подачи компрессора (по входу — по всасыванию) и вместимости ресивера.

Потребность авторемонтного предприятия в сжатом воздухе (расход  $G$ ) определяется на основе рабочих характеристик потребителей воздуха, которые приводятся в техпаспорте на оборудование, и потерь  $\Delta p$  давления на трение в пневмомагистрали.

Пневмоинструмент используется в работе не непрерывно, а время от времени, что изменяет текущее воздухопотребление. Коэффициент использования инструмента можно определить опытным путем либо воспользоваться ориентировочными значениями. Так для пневмоинструмента рекомендуется принимать  $k_i = 0,35$ .

Определение номинального потребления воздуха пневмоинструментом подробно описано в лабораторной работе № 3.

**Расчет теоретической подачи  $Q_v$  компрессора (по всасыванию).** Масса воздуха, перекачиваемая компрессором в единицу времени — величина постоянная и зависит от его конструктивных особенностей. Но подачу компрессора принято определять не в массах, а в объемах. Однако воздух как газ сжимаем, а поэтому одна и та же масса воздуха может занимать разный объем в зависимости



от давления и температуры. Для компрессора, наполняющего ресивер, это означает, что с ростом давления в ресивере (на выходе компрессора) его объемная производительность уменьшается.

Подача компрессора — это объем воздуха, выходящего из него, пересчитанный на физические условия всасывания, соответствующие нормальным (температура 20 °С, давление 0,1 МПа). Зарубежные производители определяют подачу компрессора по теоретической подаче (подаче по всасыванию), определяемой по формуле

$$Q_v = Q_{\text{вых}} / k_{\text{о.п.}}$$

где  $Q_v$  — теоретическая подача (по всасыванию), л/мин;  $Q_{\text{вых}}$  — выходная подача компрессора, л/мин;  $k_{\text{о.п.}}$  — коэффициент объемной подачи, зависящий от конструктивных особенностей поршневого компрессора и условий всасывания (от потерь во всасывающих и нагнетательных клапанах, наличия недовытесненного — «мертвого» объема, что приводит к уменьшению наполнения цилиндра). Этот коэффициент для профессиональных компрессоров может изменяться в пределах 0,6...0,7 в зависимости от величины подачи воздуха и растет с увеличением значения последней.

Характеристики, рассчитанные по входу (всасыванию) и по выходу, могут существенно различаться. Так, для бытовых компрессоров реальные выходные характеристики едва превышают 50 % от заявляемых теоретических.

Ресурс работы компрессора во многом зависит от режима его эксплуатации. Поэтому поршневые компрессоры изначально рассчитываются на эксплуатацию в строго определенном режиме, предполагающем обязательные перерывы, необходимые для нормального охлаждения головки.

Таблица 1.8. Величина коэффициента  $\beta$  запаса подачи в зависимости от класса компрессора и развиваемого им давления

Класс компрессора	Коэффициент запаса подачи при максимальном давлении $p_{\text{max}}$ , МПа		
	10	8	6
Полупрофессиональный	0,17	0,16	0,15
Профессиональный	0,16	0,15	0,14
Промышленный	0,14	0,13	0,12

Количественно режим эксплуатации оценивается коэффициентом внутрисменного использования ( $k_{вн}$ ), характеризующим ту часть времени, в продолжение которой компрессор способен работать непрерывно.

Отечественные стандарты предполагают три вида режимов работы компрессора: кратковременный, когда  $k_{вн} = 0,15$ ; непродолжительный, когда  $k_{вн} = 0,5$ ; продолжительный, когда  $k_{вн} = 0,75$ .

Требуемый режим эксплуатации компрессора обеспечивается соблюдением правильного баланса между его объемной производительностью и средним воздухопотреблением. Подача компрессора должна быть всегда больше, чем средний расход. Производя сжатого воздуха больше, чем расходуется, компрессор сам создает для себя задел воздуха, позволяющий ему периодически отключаться для нормализации теплового режима головки. Величина задела воздуха зависит от класса компрессора и максимального давления и регламентируется величиной коэффициента  $\beta$  запаса подачи, определяемой по табл. 1.8.

Теоретическую подачу компрессора  $Q_v$  (по всасыванию) можно определить по формуле

$$Q_v = \frac{G\beta}{k_{пр}}$$

где  $k_{пр}$  — коэффициент производительности компрессорной головки.

Для определения выходной производительности при выборе отечественного компрессора, полученные данные нужно уменьшить на 30... 40 %.

**Определение вместимости ресивера.** Вместимость ресивера связана с подачей компрессора и с характером воздухопотребления. Поэтому одна компрессорная головка может комплектоваться ресиверами нескольких типоразмеров, вместимость которых отличается в несколько раз. В среднем вместимость ресивера должна быть такой, чтобы компрессор был способен наполнить его за 3... 4 мин.

Таким образом, грамотный выбор компрессора для заданного воздухопотребления заключается в определении его подачи и вместимости ресивера, обеспечивающих при эксплуатации заданный режим внутрисменного использования компрессора. Несовпадение режима работы паспортному значению приводит к неэффективному использованию компрессора или сокращению его ресурса и преждевременному выходу из строя.

Вместимость  $V_{рес}$  ресивера, л, можно определить по формуле

$$V_{\text{pec}} = G t k_{\text{пр}} / (60 \Delta p_p),$$

где  $k_{\text{пр}}$  — коэффициент производительности компрессорной головки (для одноступенчатых — 0,65, для двухступенчатых — 0,75);  $\Delta p_p$  — диапазон регулирования давления в ресивере ( $\Delta p_{p \text{ min}} = 0,2$  МПа);  $t$  — допустимое время, с, за которое давление в ресивере падает от максимального до минимального (рекомендуется от 0,5 мин и более, в зависимости от параметров пневмомагистрали).

**Выбор осушителя воздуха и определение его пропускной способности.** Сжатие воздуха в компрессоре приводит к образованию конденсата, удаляемого сепаратором для отделения влаги. Поскольку сжатый воздух, расширяясь в оборудовании, охлаждается независимо от условий среды, то выделяется дополнительный конденсат. В связи с этим встает вопрос об использовании специальных осушителей, обеспечивающих необходимую степень насыщения воздуха влагой (точку росы). Например, если осушитель имеет точку росы  $3^\circ\text{C}$ , то дополнительное охлаждение сжатого воздуха до температуры не ниже  $3^\circ\text{C}$  не приведет к образованию конденсата.

В зависимости от расхода  $G$  воздуха применяются осушители различных типов: адсорбционный, мембранный и рефрижераторный. На практике наибольшее распространение получили осушители рефрижераторного типа (с расходом воздуха до 1 000 л/ч). Они экономичны, а точка росы  $3^\circ\text{C}$ , как правило, достаточна в большинстве случаев применения.

Осушитель состоит из двух отдельных контуров: воздуха и хладагента. Влажный и горячий сжатый воздух поступает на вход осушителя и проходит через два теплообменника: воздух — воздух и воздух — хладагент. Теплообменник воздух — воздух передает тепло входящего воздуха, частично охлаждая его, выходящему воздуху. Поэтому охлаждающая система может работать с меньшей мощностью, сберегая до 40...50 % энергии.

В Приложении 6 приведены технические характеристики осушителей серии DRY компании Fiac (Италия). Указанные характеристики осушителя, включая точку росы, приведены для нормальных условий. Но реальные условия работы компрессорной станции, как правило, отличаются от нормальных. Поэтому для правильного подбора осушителя необходимо учитывать специальные поправочные коэффициенты (см. Приложение 6), в зависимости от рабочего давления, температуры окружающей среды, температуры воздуха на входе и от точки росы.

**Пример выбора осушителя воздуха.** Выбираем осушитель воздуха для следующих условий: объемная подача компрессора 3 000 л/мин;

рабочее давление на входе компрессора 9 атм (0,9 МПа); температура окружающей среды 3 °С; температура воздуха на выходе компрессора 45 °С; точка росы 3 °С.

Поправочные коэффициенты для указанных условий будут составлять 1,11; 0,95; 0,67; 1.

Необходимая пропускная способность осушителя воздуха с учетом поправочных коэффициентов для заданной точки росы будет равна производительности компрессора, деленной на все поправочные коэффициенты поочередно:  $3,0/1,11/0,95/0,67/1 = 4,246$ .

Ближайшее значение искомой подачи воздуха осушителя соответствует модели с подачей 4 300 л/мин. Это модель DRY 43.

Таким образом, пропускная способность осушителя не всегда соответствует производительности компрессора, и это необходимо обязательно учитывать при выборе элементов системы подготовки воздуха. Действительно, для нормальных условий подошла бы модель DRY 31 с пропускной способностью 3 100 л/мин. Как правило, потребитель ошибочно именно так и подбирает осушитель, который в этом случае не способен обеспечить необходимую точку росы.

**Пример выбора компрессора и ресивера.** Обратимся к ранее рассмотренному примеру (см. лабораторную работу № 3) и увидим, что наша пневмомагистраль изготовлена из оцинкованных труб диаметром 15 мм, максимальная длина ветви (от компрессора до самого удаленного потребителя) составляет 50 м. По графику (см. рис. 1.4) устанавливаем, что потери давления на трение в трубе составляют 0,05 МПа на длине 10 м. Тогда для длины 50 м  $\Delta p = 0,25 \text{ МПа} = 2,5 \text{ атм}$ . Таким образом, давление, развиваемое компрессором, должно быть не менее 0,9 МПа.

Теоретическая подача компрессора (по всасыванию) определяется по формуле

$$Q = G\beta/\kappa_{0п} = 590 \cdot 1,6/0,7 = 1\,348 \text{ л/мин.}$$

Из таблицы (см. Приложение 6) выбираем наиболее подходящий по полученным параметрам компрессор. Это масляный компрессор В 6000/500 т 7,5 TANDEM с ременным приводом, с ресивером вместимостью 500 л, давлением 1,1 МПа, мощностью двигателя 5,5 кВт, массой 410 кг, напряжением сети 380 В, подачей 1 654 л/мин.

Необходимая вместимость ресивера при  $t = 2 \text{ мин}$ ,  $\kappa_{0п} = 0,75$  и  $\Delta p_p = 2,0 \text{ МПа}$  составляет

$$V_{\text{рес}} = 590 \cdot 2 \cdot 0,75/2 = 442 \text{ л.}$$

Таким образом, выбранный компрессор полностью удовлетворяет потребностям автосервисного предприятия.

## Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованной справочной литературы;
- расчет параметров компрессора, ресивера и осушителя для пневмомагистрали кузовного участка (см. лабораторную работу № 5);
- решение задачи — пересчет характеристик компрессора для случая, когда имеющийся в наличии компрессор не обеспечивает потребности предприятия;
- решение задачи — определение времени, за которое импортный компрессор (технический паспорт отсутствует) профессионального класса с  $p_{\max} = 0,8$  МПа и производительностью на входе  $Q_{\text{вх}} = 200$  л/мин накачает ресивер вместимостью 100 л до давления 0,8 МПа.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Чем определяется выбор компрессора в условиях автосервисного предприятия?
2. В каком интервале должен находиться диапазон подач гаражного компрессора?
3. Какими основными параметрами, как правило, руководствуется потребитель при выборе компрессора?
4. На какие классы делятся компрессоры с учетом их возможностей и ресурса работы?
5. Как настроена система автоматического регулирования всех компрессоров?
6. Чем определяется ресурс работы компрессора?
7. На чем основана методика расчета характеристик компрессора?
8. Как выполняется расчет теоретической подачи компрессора  $Q_{\text{т}}$  (по всасыванию)?
9. Как определяется вместимость ресивера?
10. Как осуществляется выбор осушителя воздуха и определение его пропускной способности?
11. Какие бывают типы осушителей воздуха?

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

## Лабораторная работа № 6

### РАСЧЕТ СБОРОЧНОЙ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ НА РЕГУЛИРОВАНИЕ ОСЕВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВЕДУЩЕГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ПРИ СБОРКЕ МЕХАНИЗМА ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

*Цель работы* — приобретение навыков анализа сборочных размерных цепей и построения на его основе технологического процесса сборки узла с заданной точностью.

*Необходимые исходные данные для расчета сборочной размерной цепи редуктора заднего моста легкового автомобиля:* сборочный чертеж редуктора с указанием размеров основных деталей; технические требования на установку ведущего колеса главной передачи; графики зависимости изменения монтажной высоты конического подшипника от усилия осевого предварительного натяга и от диаметрального натяга  $e$ .

#### Порядок выполнения работы:

- изучить конструкцию редуктора заднего моста автомобиля;
- ознакомиться с основными особенностями установки ведущего зубчатого колеса в редукторе;
- ознакомиться с теоретическими положениями обеспечения заданной точности сборки узлов трансмиссии автомобиля;
- рассчитать сборочную размерную цепь на регулирование осевого положения ведущего зубчатого колеса;
- оформить отчет.

**Конструкция механизма главной передачи.** Механизм главной передачи в виде редуктора заднего моста легкового автомобиля (рис. 2.1) размещен в чугунном литом картере 3. Зубчатые колеса главной передачи — конические, гипоидные. Ведущее колесо 9 опущено ниже оси ведомого 1 на величину гипоидного смещения (31,75 мм). Оно изготовлено в виде вала-колеса и установлено в расточке картера 3 на конических роликовых подшипниках 4 и 6, между внутренними обоймами которых установлена стальная распорная втулка.

Для предотвращения смещения ведущего колеса 9 при передаче значительных усилий и для увеличения жесткости передачи его подшипники установлены с предварительным натягом, который создается с помощью компенсатора 5 (прокладки) и регулируется по моменту поворота ведущего колеса под осевой нагрузкой 2,7... 3,2 кН.

Ведомое колесо 1 главной передачи смонтировано на коробке 2 дифференциала и привернуто к ее фланцу болтами. Боковой зазор между зубьями ведущего и ведомого колес должен быть равен 0,08... 0,12 мм.

Ведомое колесо вращается вместе с коробкой дифференциала на двух конических роликовых подшипниках, помещенных в гнезда картера редуктора и закрепленных регулировочными гайками 10, положение которых зафиксировано стопорами 11. Сверху к картеру 3 редуктора болтами крепятся две крышки 12 подшипников дифференциала.

**Основные правила установки ведущего колеса.** Правильность положения ведущего колеса относительно ведомого в картере редуктора обеспечивается регулированием осевого положения ведущего колеса и предварительным натягом ее подшипников. Для выполнения регулирования применяются компенсаторы 8 — прокладки (см. рис. 2.1) разной толщины, устанавливаемые между торцом ведущего колеса и внутренней обоймой заднего подшипника. Прокладки являются технологическими звеньями сборочных размерных цепей.

Осевое положение ведущего колеса в картере регулируется по монтажному расстоянию  $A_{\Delta}$  ведущего колеса от оси ведомого колеса (см. рис. 2.1). Допустимые отклонения этого параметра в данном случае:  $\Delta A_{\Delta} = 87^{+0,02}_{-0,05}$ .

Способ определения действительных значений монтажного расстояния  $A_{\Delta}$  ведущего колеса в процессе сборки главной передачи зависит от расположения компенсатора и доступности измерения монтажного расстояния. В данной конструкции механизма главной

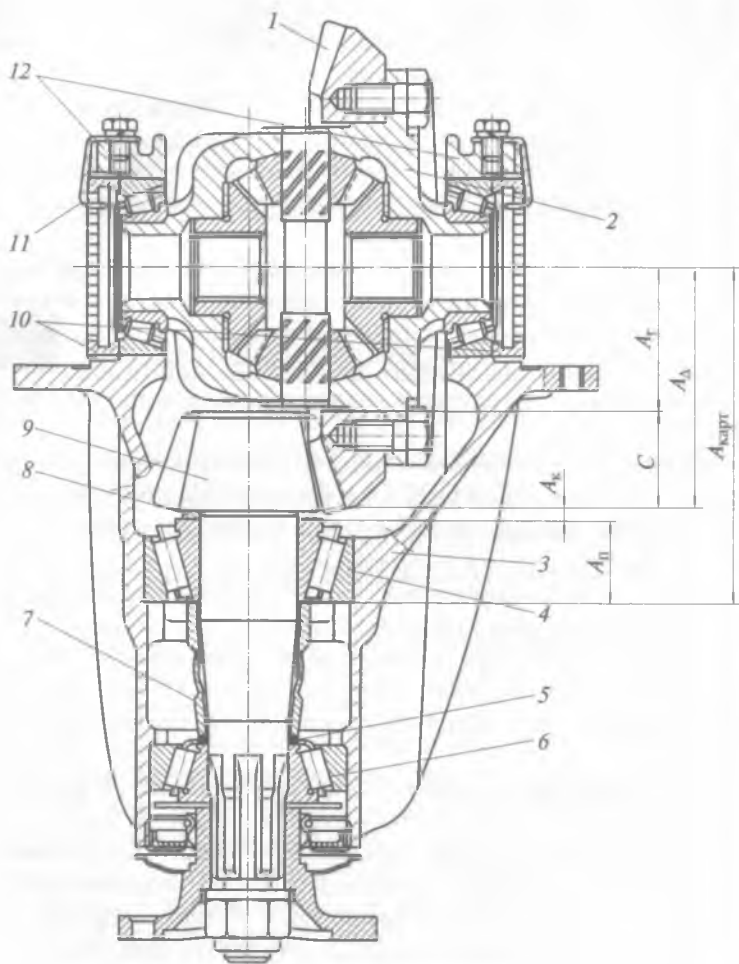


Рис. 2.1. Схема редуктора заднего моста легкового автомобиля:

1 — ведомое колесо механизма главной передачи; 2 — коробка дифференциала; 3 — картер; 4 — задний конический роликовый подшипник; 5 — компенсатор (прокладка) для регулирования предварительного натяга подшипников; 6 — передний конический роликовый подшипник; 7 — стальная распорная втулка; 8 — компенсатор (регулирующая прокладка); 9 — ведущее колесо; 10 — регулировочные гайки ведомого колеса; 11 — стопор регулировочной гайки; 12 — крышки подшипников дифференциала.  $A_k$  — толщина прокладки (компенсатора);  $A_\Delta$  — монтажное расстояние ведущего колеса от оси ведомого колеса;  $C$  — контрольный монтажный размер колеса;  $A_r$  — высота головки колеса (расстояние от головки ведущего колеса до оси дифференциала);  $A_{карт}$  — размер проточки картера;  $A_п$  — высота конического подшипника



передачи  $A_d$  определяется косвенно, путем размерного анализа звеньев технологической размерной цепи, в которую входят размер проточки картера  $A_{\text{карт}} = 116^{+0,05}$ , высота головки ведущего колеса  $A_r = 33,6_{-0,1}$ , контрольный монтажный размер колеса  $C = 51,4^{+0,02}_{-0,05}$  с учетом поправки на зацепление, высота конического подшипника  $A_n = 29_{-0,5}$ .

Поправка на зацепление конических колес передачи представляет собой осевое смещение ведущего колеса от теоретического положения.

Поправка определяется на контрольно-обкатном станке по положению пятна контакта и записывается на торце колеса в сумме с отклонением высоты его головки. Это дает возможность контролировать положение ведущего колеса в картере по монтажному размеру  $C$  (см. рис. 2.1).

При нагружении конических подшипников ведущего колеса усилием осевого предварительного натяга монтажная высота  $\Delta e_0$  подшипников изменяется согласно графику рис. 2.2. Следовательно, также изменяется и осевое положение ведущего колеса.

Запрессовка наружного кольца заднего конического подшипника в картер редуктора из-за диаметрального натяга  $e$  приводит к его деформации и к изменению монтажной высоты  $\Delta e_d$  подшипника и осевого положения колеса.

Изменение монтажной высоты  $\Delta e_d$  подшипника определяется согласно графику на рис. 2.3. Величину диаметрального натяга  $e$  в соединении кольцо — картер определяют исходя из диаметров кольца подшипника ( $D_{\text{кол}} = 72_{-0,013}$ ) и картера ( $D_{\text{карт}} = 72_{-0,051}^{+0,021}$ ) на чертеже деталей по формуле

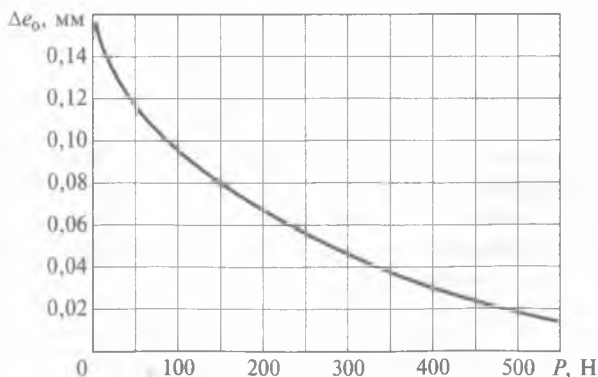


Рис. 2.2. Зависимость изменения монтажной высоты конического подшипника  $\Delta e_0$  от усилия осевого предварительного натяга  $P$

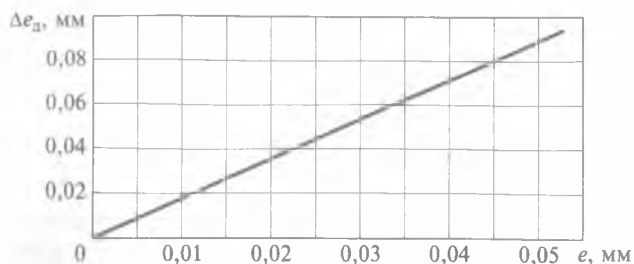


Рис. 2.3. Зависимость изменения монтажной высоты конического подшипника  $\Delta e_d$  от диаметрального натяга  $e$

$$e = E_c D_{\text{кол}} - E_c D_{\text{карт}}$$

где  $E_c$  — координата середины поля допуска, или путем замера истинных значений размеров  $D_{\text{кол}}$  и  $D_{\text{карт}}$  конкретных деталей.

**Расчет сборочной размерной цепи.** Цель расчета — определить размеры, толщину и количество ступеней (прокладок) компенсатора при возможных сочетаниях составляющих звеньев размерной

Таблица 2.1. Исходные данные для расчета

Индекс звена цепи	Наименование звена цепи	$x_i$	$A_i$	$\Delta A_i$	$T A_i$	$\lambda_i^2$	$a_i$
$A_1$	Монтажная высота подшипника	-1	29	-0,05	0,1	0,11	0,1
$A_2 = A_k$	Компенсирующее звено	-1	0	0	0,01	0,11	0,1
$A_3$	Размер проточки картера	1	116	0,035	0,07	0,11	0,1
$A_4$	Поправка на монтажное расстояние	-1	0	0	0,5	0,11	-0,1
$A_5 = A_\Delta$	Монтажное расстояние ведущего колеса	-1	87	-0,015	0,07	0,11	0

цепи. Замыкающим звеном размерной цепи является монтажное расстояние  $A_{\Delta}$  ведущего колеса (см. рис. 2.1).

Расчет производится в следующем порядке.

1. На упрощенном чертеже редуктора составляется схема сборочной размерной цепи, включающей в себя увеличивающие и уменьшающие звенья.

2. Заполняется таблица (по образцу табл. 2.1) исходных данных, в которой приняты следующие обозначения:  $\xi_i$  — передаточное отношение составляющего звена размерной цепи (в плоских размерных цепях с параллельными звеньями  $\xi_i = 1$ : для увеличивающих звеньев со знаком «+», для уменьшающих звеньев со знаком «-»);  $A_i$  — номинальный размер звена;  $E_c(A_i)$  — координата середины поля допуска номинального размера звена  $A_i$ ;  $TA_i$  — допуск соответствующего размера  $A_i$ ;  $\lambda_i$  — коэффициент относительного рассеяния размеров  $i$ -го звена размерной цепи (распределение отклонений размеров деталей редуктора подчиняется нормальному закону с коэффициентом  $\lambda_i^2 = 1/9$ );  $\alpha_i$  — коэффициент относительной асимметрии размеров  $i$ -го звена размерной цепи (для деталей редуктора коэффициент  $\alpha_i = \pm 0,1$ ).

3. Составляется в буквенном выражении уравнение размерной цепи в номиналах:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{i=m} \xi_i A_i,$$

где  $m$  — число звеньев размерной цепи.

4. Поле отклонения монтажного расстояния ( $A_{\Delta} = A_5$ ) колеса  $TA'_{\Delta}$  определяется из уравнения

$$TA'_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 T(A_i)^2 + \Delta e_o^2 + \Delta e_{\Delta}^2},$$

где  $TA'_{\Delta}$  — возможная величина смещения колеса в процессе сборки (штрих означает, что это расчетная величина);  $t_{\Delta}$  — коэффициент риска монтажного расстояния (при нормальном законе распределения размеров замыкающего звена и проценте риска  $P = 0,27\%$ ),  $t_{\Delta} = 3$ ;  $\Delta e_o$  и  $\Delta e_{\Delta}$  — величина рассеяния монтажной высоты конического подшипника колеса в результате запрессовки наружного кольца в картере и создания предварительного натяга. Значения  $\Delta e_o$  и  $\Delta e_{\Delta}$  определяются с помощью графиков (см. рис. 2.2 и 2.3) и соответствуют предельным значениям диаметрального натяга в соединении кольцо — картер.

5. Определяется координата середины поля допуска отклонения монтажного расстояния колеса (замыкающего звена):

$$E_c(A_\Delta)' = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \left[ E_c(A_i) + \alpha \frac{TA_i}{2} \right] + \xi_{e_0} \Delta e_0 + \xi_{e_A} \Delta e_A.$$

6. Рассчитывается величина поля компенсации:

$$TA_k = TA_\Delta' - TA_\Delta,$$

где  $TA_\Delta$  — допуск монтажного расстояния колеса (0,07).

7. Определяется координата середины поля компенсации:

$$E_c(A_k) = E_c(A_\Delta) - E_c(A_\Delta),$$

где  $E_c(A_\Delta)$  — середина поля допуска монтажного расстояния колеса,  $E_c(A_\Delta) = 0,07$ .

8. Рассчитываются предельные размеры компенсирующего звена:

$$A_{k \max} = A_k + E_c(A_k) + TA_k/2; \quad A_{k \min} = A_k + E_c(A_k) - TA_k/2,$$

где  $A_k$  — номинальный размер компенсатора (прокладки) принимается из условия  $A_{k \min} > 0$ ,  $A_k = 87$ .

9. Определяются размеры и количество ступеней компенсатора  $N$ . Размер первой ступени  $S_1 = 2\delta_{\text{пер}}$ . Размеры остальных ступеней определяются по геометрической прогрессии:  $S_2 = 2^2\delta_{\text{пер}}$ ,  $S_3 = 2^3\delta_{\text{пер}}$  и т. д., пока не получим  $S_n > A_{k \max}/2$ . Здесь  $\delta_{\text{пер}}$  — точность компенсации (наибольшая разница между требуемым  $A_k$  и действительным  $A_{kд}$  размерами компенсатора), принимается из условия

$$\delta_{\text{пер}} \leq TA_k - T_{\text{комп}}$$

где  $T_{\text{комп}}$  — допуск изготовления прокладок (компенсатора),  $T_{\text{комп}} = 0,01$  мм.

Остальные исходные данные для расчета размерной цепи принимаются по чертежу общего вида редуктора (см. рис. 2.1).

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованной литературы, оборудования, материалов;
- схема сборочной размерной цепи;
- таблица исходных данных для решения сборочной размерной цепи;

- расчет конструкторской размерной цепи на регулирование осевого положения ведущего колеса редуктора заднего моста легкового автомобиля (см. рис. 2.1);
- заключение о размерах, толщине и количестве ступеней компенсатора (прокладки).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Каковы особенности конструкции редуктора заднего моста легкового автомобиля?
2. В каких местах редуктора заднего моста автомобиля обычно устанавливаются компенсаторы (прокладки), регулирующие осевое положение ведущего колеса?
3. С какой целью создается предварительный натяг подшипников ведущего колеса?
4. Чем обеспечивается правильность положения ведущего колеса относительно ведомого в картере редуктора заднего моста?
5. По какому параметру регулируется осевое положение ведущего колеса в картере редуктора?
6. От чего зависит способ определения действительных значений монтажного расстояния ведущего колеса в процессе сборки?
7. Что представляет собой поправка на зацепление конических колес и как она определяется?
8. Как и чем регулируется предварительный натяг конических подшипников ведущего колеса?
9. К чему приводит запрессовка наружного кольца конического подшипника в корпус картера?
10. Как определяется величина диаметрального натяга в соединении кольцо — картер?
11. Какова последовательность расчета сборочной размерной цепи?
12. Что такое точность компенсации  $\delta_{\text{рег}}$  и как она определяется?

## Лабораторная работа № 7

---

### СБОРКА РЕДУКТОРА ЗАДНЕГО МОСТА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ТОЛЩИНЫ КОМПЕНСАТОРА

**Цель работы** — изучение методов экспериментального определения необходимой толщины компенсатора для правильной установки положения ведущего колеса главной передачи в осевом направлении; ознакомление с методикой регулирования зацепления зубчатых колес по пятну контакта.

**Необходимая литература, материалы, оборудование:** справочная литература по контролю и регулированию редуктора заднего моста автомобиля ВАЗ-2106; редуктор главной передачи в сборе; индикаторные приспособления для определения толщины регулировочного кольца ведущего колеса и контроля зазора в зацеплении зубчатых колес главной передачи, динамометр для определения момента проворачивания ведущего колеса после регулирования предварительного натяга его подшипников, индикаторное приспособление для регулирования осевого натяга в подшипниках дифференциала, оправка для определения толщины регулировочного кольца (компенсатора), сборочный чертеж редуктора главной передачи заднего моста автомобиля ВАЗ-2106, комплект регулировочных колец (17 размеров с интервалом 0,05 мм).

### Порядок выполнения работы:

- по сборочному чертежу редуктора заднего моста ознакомиться с особенностями работы главной передачи и способами регулирования взаимного положения зубчатых колес редуктора;
- изучить конструкцию и приемы работы с контрольными приспособлениями индикаторного типа, используемыми в лабораторной работе;
- изучить конструкцию оправки для определения толщины регулировочной прокладки (кольца) и способ ее установки в корпус редуктора;
- после разборки редуктора главной передачи ознакомиться с конструкцией ведущего колеса и найти место клеймения отклонения его от номинального положения;
- ознакомиться с работой специального динамометрического ключа для проверки момента проворачивания ведущего колеса при снятом дифференциале;
- экспериментально определить толщину регулировочного кольца ведущего колеса для правильной его установки относительно ведомого;
- произвести регулирование предварительного натяга подшипников ведущего колеса;
- выполнить регулирование бокового зазора в зацеплении, обеспечив его в пределах 0,08 ... 0,12 мм;
- произвести регулирование осевого натяга в подшипниках дифференциала, обеспечив его в пределах 0,16 ... 0,20 мм;

- проверить положение пятна контакта в зацеплении и при необходимости выполнить регулирование пятна контакта;
- оформить отчет.

**Особенности сборки редуктора заднего моста легкового автомобиля ВАЗ-2106.** Ведущее колесо главной передачи изготовлено как единое целое с валом и установлено в расточке картера редуктора заднего моста на двух конических роликоподшипниках, между внутренними обоймами которых установлена стальная деформируемая распорная втулка.

Для предотвращения смещения ведущего колеса при передаче значительных усилий и для увеличения жесткости передачи его подшипники установлены с предварительным натягом, который создается затягиванием гайки на хвостовике динамометрическим ключом. Величина крутящего момента завинчивания гайки составляет  $120 \dots 180 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , а момент трения подшипников ведущего колеса, измеряемый многократно по мере увеличения момента затягивания гайки, должен составлять  $160 \dots 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Соответствие момента трения подшипников моменту затягивания гайки обеспечивается наличием распорной втулки, которая обладает необходимой для создания натяга упругостью.

Правильность положения ведущего колеса относительно ведомого устанавливается подбором необходимой толщины стальной прокладки (регулирующего кольца), устанавливаемой между торцом зубчатого колеса и внутренней обоймой заднего подшипника. Заводом выпускаются регулировочные кольца 17 размеров с интервалом  $0,05 \text{ мм}$ . Таким образом, их толщина изменяется в пределах  $2,55 \dots 3,35 \text{ мм}$ .

Ведомое колесо главной передачи смонтировано на коробке дифференциала и привернуто к его фланцу восемью болтами, которые стопорятся за счет предварительного натяга. Боковой зазор между зубьями ведущего и ведомого колес должен быть  $0,08 \dots 0,12 \text{ мм}$ . Ведомое колесо вращается вместе с коробкой дифференциала на двух конических роликовых подшипниках, которые помещены в гнезда картера главной передачи и закреплены крышками. Крышки обработаны в сборе с картером и поэтому не взаимозаменяемы, каждая из них крепится к картеру двумя болтами, фиксируемыми пружинными шайбами. При снятых крышках подшипников дифференциал с ведомым колесом может быть вынут из картера главной передачи.

Предварительный натяг подшипников дифференциала (и ведомого колеса) обеспечивается одновременным и равновеликим

подтягиванием двух регулировочных гаек с двух сторон дифференциала (см. рис. 2.1). При их вращении наружные кольца роликовых подшипников перемещаются к дифференциалу, заплечики шеев которого упираются в торцы внутренних колец подшипников. Необходимая величина натяга обеспечивается в том случае, если внутренние торцы наружных колец подшипников под воздействием гаек будут приближены друг к другу на  $0,16 \dots 0,20$  мм против положения, при котором гайки не затянуты.

Положение регулировочных гаек фиксируется стопорами, которые выпускаются двух видов (с одним или двумя выступами) и крепятся к крышке болтами с пружинными шайбами.

Основными признаками правильного зацепления зубчатых колес главной передачи является форма, площадь и место расположения пятна контакта на рабочей поверхности зуба ведомого колеса.

Ведущее и ведомое колеса главной передачи на заводе подбираются попарно — по правильности зацепления и уровню шума, поэтому при необходимости замены колеса следует заменять только попарно, предварительно проверив идентичность имеющихся на них заводских номеров.

На практике имеют место различные случаи расположения пятна контакта в зависимости от взаимного расположения колес. При этом, на расположение пятна контакта на разных сторонах зубьев колес оказывает влияние направление вращения последних при движении автомобиля вперед или назад. Если пятна контакта зубьев располагаются в средней их части, то зацепление считается нормальным. В случае смещения пятна контакта к краю зубьев необходимо регулирование главной передачи.

Для выполнения регулирования по пятну контакта требуется разборка редуктора, поэтому данную работу следует выполнять только при наличии специальных приспособлений и необходимого набора регулировочных прокладок (колец).

Экспериментальное определение толщины регулировочной прокладки (кольца) выполняется в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.4. Корпус 3 редуктора устанавливается в сборочном приспособлении, и в него запрессовываются наружные кольца переднего и заднего конических роликовых подшипников. Затем оправка 5 устанавливается в корпус 3 редуктора без регулировочного кольца, упорной втулки и сальника. Крутящий момент завинчивания гайки 4 в пределах  $8 \dots 10$  Н·м.

На оправку 5 крепится контрольное приспособление с индикатором 1 (см. рис. 2.4) и измеряются расстояния  $A_1$  и  $A_2$  от торца 2



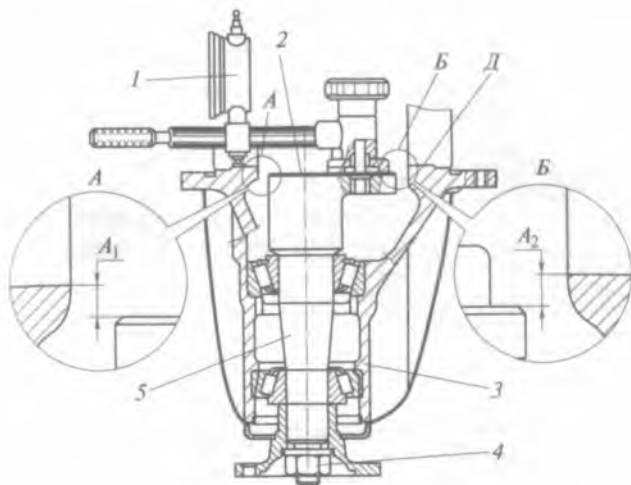


Рис. 2.4. Схема определения толщины регулировочной прокладки (кольца) ведущего колеса:

1 — индикатор приспособления; 2 — торец оправки; 3 — корпус редуктора; 4 — гайка; 5 — оправка; Д — посадочные поверхности подшипников дифференциала;  $A_1$ ,  $A_2$  — расстояние от торца оправки до нижних точек посадочных поверхностей подшипников дифференциала

оправки 5 до нижних точек посадочных поверхностей подшипников дифференциала.

Необходимая толщина  $H$ , мм, кольца (компенсатора) определяется по формуле

$$H = (A_1 + A_2) / 2 - (\pm B),$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  — расстояние от торца оправки до нижних точек посадочных поверхностей подшипников дифференциала;  $\pm B$  — отклонение ведущего колеса от номинального положения (наносится на заводе на валу ведущего колеса), выражается в сотых долях миллиметра.

Из комплекта регулировочных колец выбирается кольцо близкого размера и устанавливается на ведущее колесо между его торцом и внутренней обоймой заднего подшипника.

**Регулирование предварительного натяга подшипников ведущего колеса.** Проверка момента проворачивания ведущего колеса осуществляется в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.5, специальным динамометрическим ключом через фланец б. Перед проверкой момента проворачивания ведущего колеса 1 с регулировочным кольцом 2, установленного в корпус 3, редуктор без дифференциала монтируется в специальном сборочном приспособлении.

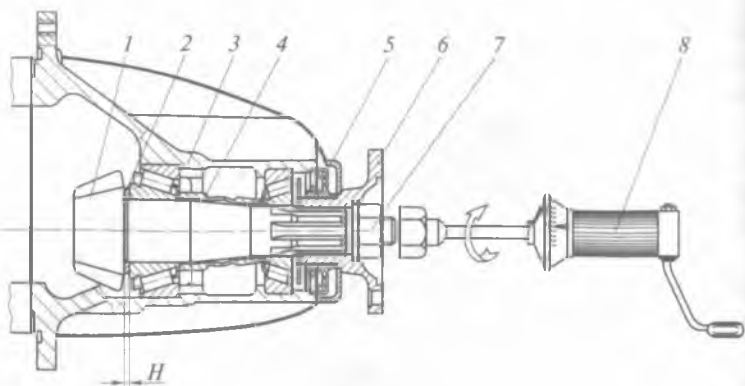


Рис. 2.5. Схема проверки момента проворачивания ведущего колеса (без дифференциала):

1 — ведущее колесо; 2 — регулировочное кольцо; 3 — корпус; 4 — распорная втулка; 5 — сальник; 6 — фланец; 7 — гайка; 8 — динамометр;  $H$  — толщина регулировочной прокладки

Момент проворачивания колеса должен составлять 160...200 Н·м. При превышении момента проворачивания распорную втулку 4 следует заменить; при меньшем моменте — гайку 7 следует подтянуть и проверку повторить. При этом момент затягивания гайки 7 не должен превышать 260 Н·м.

При сборке сальник 5 устанавливается на герметик УГ-6, а гайка 7 затягивается динамометром 8 с моментом 120 Н·м.

Правильное зацепление зубьев колес главной передачи обеспечивается регулированием бокового зазора в зацеплении, который должен быть в пределах 0,08...0,12 мм. Для этого используется специальное контрольное приспособление (рис. 2.6). Зазор измеряется индикатором 2 при покачивании ведомого колеса 3, при этом ножка индикатора опирается на боковую поверхность зуба.

Регулирование бокового зазора в зацеплении выполняется перемещением корпуса 5 дифференциала с помощью регулировочных гаек 4.

Регулирование осевого натяга в подшипниках дифференциала выполняется гайками 4 после установки зазора в зацеплении. Натяг определяется с помощью того же контрольного приспособления индикатором 1 по изменению размера  $D$ , замеренного по верхним точкам крышек подшипников. Осевой натяг обеспечивается в пределах 0,16...0,20 мм, зазор в зацеплении при этом должен оставаться в пределах 0,08...0,12 мм.

По окончании регулировочных работ необходимо проверить положение пятна контакта в зацеплении. В случаях его смещения к краям зубьев для получения правильного зацепления ведущее колесо необходимо переместить относительно ведомого путем изменения толщины регулировочной прокладки. Если пятно контакта смещено в сторону оси колеса, то следует отодвинуть ведущее колесо от ведомого, уменьшив толщину прокладки, а при смещении пятна от центра колеса — подвинуть ведущее колесо к ведомому, увеличив толщину прокладки.

Для регулирования по пятну контакта требуется разборка редуктора.

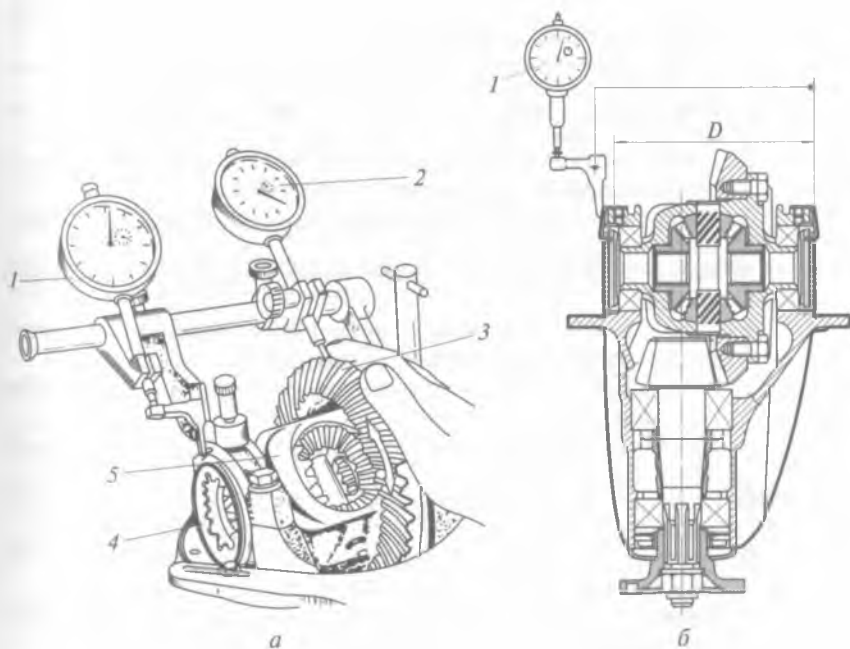


Рис. 2.6. Схема регулирования зацепления зубьев колес главной передачи с помощью специального контрольного приспособления:

а — регулирование бокового зазора в зацеплении; б — регулирование осевого натяга в подшипниках дифференциала; 1, 2 — индикаторы часового типа для измерения и регулирования бокового зазора в передаче; 3 — ведомое колесо; 4 — регулировочная гайка; 5 — корпус дифференциала; D — расстояние между верхними точками крышек подшипников

## Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованного оборудования, материалов, контрольно-измерительных приборов, оснастки, узлов автомобиля, справочной литературы;
- результаты замеров размеров  $A_1$  и  $A_2$  и расчет толщины регулировочной прокладки;
- заключение по выполненному регулированию бокового зазора в передаче, предварительному натягу в подшипниках ведущего колеса и дифференциала, пятну контакта зубьев колес редуктора.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Для чего конические подшипники ведущего колеса главной передачи устанавливаются с предварительным натягом?
2. С помощью какой детали редуктора заднего моста обеспечивается предварительный натяг подшипников ведущего колеса?
3. Какова величина момента затягивания гайки хвостовика ведущего колеса?
4. Какую величину имеет момент трения подшипников ведущего колеса?
5. С помощью чего устанавливается правильность положения ведущего колеса относительно ведомого?
6. Как регулируется предварительный натяг подшипников дифференциала?
7. Каковы основные признаки правильности зацепления зубьев колес главной передачи?
8. Как подбираются колеса главной передачи на заводе-производителе?
9. Какое условие следует обязательно соблюдать при замене зубчатых колес редуктора заднего моста?
10. Каким образом в корпус редуктора устанавливается оправка для определения толщины регулировочного кольца?
11. Как маркируется на ведущем колесе величина его отклонения от номинального положения?
12. Каким образом регулируется положение пятна контакта на зубьях ведомого колеса главной передачи?

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

## Лабораторная работа № 8

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО ЦИНКОВАНИЯ ПАНЕЛЕЙ КУЗОВА ПОСЛЕ РЕМОНТА

**Цель работы** — восстановление поврежденного антикоррозионного покрытия кузовной панели путем удаления коррозии механическим и химическим способом с последующим нанесением покрытия из цинка.

**Необходимые материалы, оборудование, инструмент:** кузовная панель с поврежденным оцинкованным покрытием и следами ярко выраженной коррозии; гальваническая установка «Цинкор-сервис», химические растворы (электролиты) № 1 и 2, шабер для механического удаления продуктов коррозии, средства индивидуальной защиты (респиратор и резиновые перчатки), толщиномер, металлическая щетка.

#### Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с установкой «Цинкор-сервис» производством ЗАО «НПО Цинкор»;
- зачистить и промыть обрабатываемую поверхность;
- подключить прибор к сети 220 В, а «минусовый» провод подсоединить зажимом к обрабатываемой панели;
- выполнить последовательно все этапы обработки в соответствии с заданием;

- сделать заключение о качестве цинкования, производительности процесса и влиянии механического удаления ржавчины на продолжительность первого этапа работы;
- оформить отчет.

**Установка «Цинкор-сервис» для локального цинкования.** Принцип работы установки достаточно прост: электрохимическим путем очищаются от коррозии поврежденные участки кузова и методом гальваностегии на них наносится защитное цинковое покрытие. Можно обрабатывать свежие сколы, царапины или сварные швы, а также очаги коррозии с глубоким проникновением в металл. Полученное покрытие обладает достаточно высокой механической и химической прочностью. Толщина покрытия — 5...7 мкм.

Растворы электролитов, прилагаемые к установке, не содержат кислот, не активны и не летучи. Они не разрушают лакокрасочное покрытие (в том случае, если под краской нет ржавчины).

Установка для локального цинкования рассчитана для использования на автосервисных предприятиях, но по размерам и весу является вполне мобильной. Она проста по конструкции и нетребовательна к профессионализму исполнителя. К достоинствам метода можно отнести наглядность, невысокую трудоемкость процесса и низкую стоимость работ.

Источником питания при работе установки служит специальный параметрический трансформатор (рис. 3.1), не реагирующий на короткое замыкание. В комплект также входят «минусовый» провод



Рис. 3.1. Источник питания гальванической установки «Цинкор-сервис»

**Таблица 3.1. Основные технические характеристики гальванической установки «Цинкор-сервис»**

Параметр	Значение параметров
Габаритные размеры, мм	350 × 200 × 200
Масса, кг	До 10
Толщина обрабатываемого металла, мм	До 5
Толщина слоя цинка, мкм	До 30
Напряжение питающей сети, В	220
Сила рабочего тока, А	До 15
Потребляемая мощность, кВт	0,3
Производительность, дм <sup>2</sup> /мин	2

и два электрода: со свинцовым и с цинковым наконечниками. Оба электрода защищены тканевыми чехольчиками.

Основные технические характеристики гальванической установки «Цинкор-сервис» приведены в табл. 3.1.

**Основные этапы локального цинкования.** На подготовительном этапе установка подключается к сети, провода подсоединяются к разъемам («минус» — на корпус автомобиля), в ручку держателя вставляется свинцовый электрод.

Первый этап обработки — очистка поверхности от ржавчины (рис. 3.2, а). Периодически обмакивая чехол электрода в электролит № 1, с небольшим усилием им водят по обрабатываемой поверхности.

Для интенсификации процесса очистки от ржавчины следует чередовать электрохимическое и механическое воздействие, используя шабер. Ржавчина плохо проводит ток, но если ее скоблить шабером, то процесс идет гораздо быстрее.

В процессе удаления ржавчины раствор под электродом слегка пенится, а ржавое пятно светлеет и через несколько минут совсем исчезает.

На этом этапе обработки поверхности трансформатор работает сначала на первом (из двух) режиме работы выпрямителя. В этом случае атомарный водород, выделяемый в процессе электроли-



*а*



*б*



*в*

Рис. 3.2. Основные этапы локального цинкования:

*а* — очистка поверхности от коррозии; *б* — нанесение слоя цинка; *в* — замер толщины нанесенного слоя электрическим толщиномером



за, восстанавливает железо, а атомарный кислород выделяется на электроде. После обработки электролитом № 1 появляется черный налет, т.е. образуется химически чистое порошкообразное восстановленное железо. Очищенную поверхность промывают водой (200...250 г), в результате чего получается обезжиренная поверхность без ржавчины.

Способ удаления коррозии влияет на конечный результат. Шабром можно стереть только видимую ржавчину, ее вкрапления останутся. Восстановить железо из оксида никакими механическими средствами невозможно. Поэтому для обработки участков поверхности с глубоко проникшей ржавчиной необходимо переключить аппарат на второй режим работы (усиленный) и чередовать движения электродом с зачисткой ржавчины механической щеткой.

Второй этап обработки — нанесение слоя цинка электролитическим натиранием (рис. 3.2, б). Действия при этом остаются прежними, только свинцовый электрод заменяется на цинковый и используется электролит № 2. В результате обработки металл приобретает матовый оттенок. За двадцать минут можно обработать примерно 1 м<sup>2</sup> площади. Толщина получаемого покрытия — примерно 5...7 мкм.

По окончании работы с полученного покрытия необходимо смыть порошкообразный налет.

Цинковое покрытие получается шероховатым и не блестящим, что обеспечивает лучшую адгезию.

Третий этап обработки — замер толщины нанесенного слоя цинка (рис. 3.2, в) с помощью электрического толщиномера.

Четвертый этап — обработка шкуркой и грунтование высохшей ремонтируемой поверхности с использованием грунта для цинкового покрытия. На обширных обработанных участках только такая грунтовка обеспечивает наилучшую адгезию.

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованного оборудования, инструмента, материалов;
- описание проведенного технологического процесса локального цинкования;
- заключение о влиянии отдельных факторов на продолжительность процесса обработки;
- заключение о качестве оцинкованного слоя с результатами замера его толщины в разных точках обработанной поверхности.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в комплект гальванической установки «Цинкор-сервис»?
2. Для каких целей предназначена установка?
3. Каков принцип работы установки для локального цинкования?
4. Каковы возможности установки «Цинкор-сервис»?
5. Электроды из каких металлов используются в установке?
6. Какова последовательность и содержание этапов локального цинкования?
7. Влияет ли механическое удаление коррозии на продолжительность локального цинкования?
8. Каковы особенности обработки участков поверхности с глубокой ржавчиной?
9. Что представляет собой черный налет, который появляется на поверхности после обработки электролитом № 1?

## Лабораторная работа № 9

### ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАМЕНЫ АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА

**Цель работы** — ознакомление со специальными материалами и оборудованием для удаления старого и вклеивания нового ветрового стекла автомобиля; выработка необходимых навыков и освоение специфики технологии вклеивания автомобильных стекол.

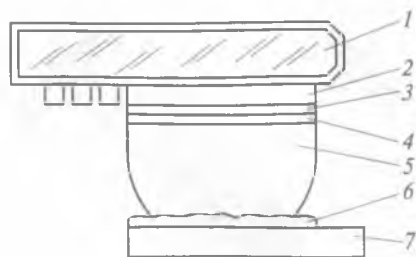
**Необходимое оборудование, материалы:** ножи или проволока со специальными зажимами для удаления старого стекла, шило, набор приспособлений для удаления клипс, зажимов, молдингов типа «елка», очиститель паза, нож для вырезания U-образного паза, ручки с вакуумными присосками, пневматический и ручной пистолеты для нанесения полиуретанового состава, ультразвуковой детектор LDK-6601; расходные материалы фирмы Dinol (Швеция): клей Dinitrol pur 5001K, очиститель-активатор Dinitrol pur 520 или Dinitrol pur 540-Reactivator, состав для грунтования Dinitrol 530.

#### Порядок выполнения работы:

- изучить приспособления для удаления старого стекла и подробно ознакомиться с правилами и приемами их использования;

Рис. 3.3. Схема крепления стекла к рамке кузова:

1 — стекло; 2 — керамическое покрытие; 3 — активатор; 4 — грунт; 5 — новый слой клея; 6 — старый слой клея; 7 — кузов



- подробно изучить инструкции по применению клеев, очистителей и составов для грунтования;
- ознакомиться с технологией удаления и клеивания стекол;
- используя необходимое оборудование, удалить с автомобиля поврежденное ветровое стекло;
- подготовить проем кузова автомобиля для клеивания нового стекла;
- подготовить новое стекло к клеиванию в проем;
- клеить новое стекло и проверить качество выполненной работы;
- оформить отчет.

**Оборудование и материалы, используемые при замене автомобильного стекла.** В современных иномарках и некоторых отечественных автомобилях ветровые стекла крепятся заподлицо с кузовом путем клеивания (рис. 3.3). Замена стекла в этом случае выполняется с использованием специального оборудования и материалов.

Вклеенное стекло даже после аварии редко полностью разбивается, обычно сохраняет форму и не отрывается от кузова. При замене стекла прежде всего требуется демонтировать старое. Для этого следует удалить декоративный молдинг и разрезать клеевой слой таким образом, чтобы оставить на кузове тонкую ровную поверхность старой полиуретановой композиции толщиной 1...2 мм, которая является лучшей основой для приклеивания нового стекла.

Удаление старого стекла обычно производится ручным или пневматическим инструментом. Ручной инструмент дешевле пневматического и представляет собой нож или проволоку со специальными зажимами, чтобы не повредить руки. Многие профессионалы используют нож Excalibur СК-34 фирмы Dinol (Швеция) с лезвием, по-

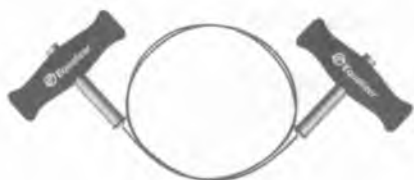


Рис. 3.4. Специальная проволока с зажимами для удаления старого стекла

крытым неопреном (синтетическим каучуком) для исключения случайного повреждения лакокрасочного покрытия кузова. Еще один нож, который используют в работе опытные мастера — Excalibur AJL-226 с регулируемым лезвием, выдвигаемым на 60 мм.

Самый простой способ удаления старого стекла — вырезание его специальной проволокой (рис. 3.4) с использованием шила для введения проволоки в полиуретан. Проволока может быть круглой либо прямоугольной в сечении.

Помимо инструмента для вырезания стекла необходим набор приспособлений для удаления клипс, зажимов, молдингов типа «елка», а также очиститель паза и нож для вырезания U-образного паза (без этой операции молдинг типа «елка» назад вставить невозможно). Кроме того, необходимы ручки с вакуумными присосками, которые позволяют легко манипулировать стеклом любого размера.

Нанесение полиуретанового состава осуществляется пневматическими и ручными пистолетами (рис. 3.5), работающими со стандартными картриджами и с клеем, упакованным в тьюбики.

Контроль герметичности клеевого шва выполняется с помощью мобильного ультразвукового детектора (рис. 3.6), работающего от шестивольтовой батарейки.



Рис. 3.5. Ручной (а) и пневматический (б) пистолеты для нанесения полиуретанового состава

рис. 3.6. Мобильный ультразвуковой детектор для определения герметичности швов вклеенного стекла



На качество вклеивания стекла заметно влияют материалы, используемые в технологическом процессе.

Клей Dinitrol pur 5001K представляет собой однокомпонентный полиуретановый состав, специально разработанный для вклеивания автомобильных стекол. Он прочен, долговечен, не нуждается в растворителях, легко и без подтеков наносится как на стекло, так и на фланец рамки кузова. Клей твердеет сам и уже через полчаса затвердевает окончательно. Усовершенствованный вариант этого клея (Dinitrol 501FC) отличается повышенной скоростью полимеризации; Dinitrol 501HM — высокопрочный состав, обеспечивающий увеличение жесткости кузова при продольном скручивании.

Для очистки стекла от жира и грязи перед вклеиванием используется очиститель Dinitrol pur 520, повышающий адгезионные свойства клея, т. е. его способность к прилипанию. Стекла с защитным слоем обрабатываются другим составом — Dinitrol pur 540-Reactivator.

Для усиления адгезии клея и защиты от коррозии металла кузова, где после срезания старого клея могут остаться царапины, поверхность грунтуют составом Dinitrol 530, который защищает также сам клей от разрушающего воздействия ультрафиолетового излучения.

Таким образом, при замене автомобильного стекла между рамкой кузова и стеклом образуется многослойное соединение из керамического покрытия, активатора, грунта, нового слоя клея (полиуретана) и старого клея (см. рис. 3.4).

**Технология замены автомобильного стекла.** Технологический процесс замены стекла включает в себя следующие операции:

*операция 10:* демонтаж стеклоочистителей, молдингов, расположенных по краям стекла;

*операция 20:* вырезание старого стекла ножом или проволокой с держателями;

*операция 30:* удаление старого стекла с использованием ручек-присосок;

*операция 40:* подравнивание рамки стекла с полоской старого полиуретанового клея и обработка участков, срезанных до металла очистителем-активатором Dinitrol pur 520 с последующим нанесением состава для грунтования Dinitrol 530;

*операция 50:* примерка нового стекла к рамке после удаления с него упаковки;

*операция 60:* нанесение на стекло фирменного очистителя Dinitrol 7250 и тщательная очистка поверхности от жира и грязи;

*операция 70:* нанесение на керамический слой лобового стекла обычной салфеткой очистителя-активатора Dinitrol pur 520 и высушивание в течение двух минут (после чего поверхность активирована и готова к работе);

*операция 80:* нанесение ровным слоем по периметру стекла полиуретанового состава (возможно его нанесение и на рамку, на слой старого полиуретана);

*операция 90:* установка нового стекла в проеме с использованием ручки-присоски и равномерное прижатие его по всему периметру;

*операция 100:* более точная фиксация стекла относительно рамки, для чего необходимо немного подвигать его (отрывать стекло от рамки уже нельзя);

*операция 110:* закрепление вклеенного стекла липкой лентой;

*операция 120:* сушка не менее 2 ч.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованного оборудования, инструмента, материалов;
- описание проведенного технологического процесса удаления старого стекла и вклеивания нового;
- проверка качества выполненной работы.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какова схема крепления стекла к рамке кузова?
2. С помощью какого инструмента можно удалить старое стекло?

3. Как подготовить рамку кузова для вклеивания нового стекла?
4. Какой набор приспособлений необходим, кроме инструмента для вырезания стекла?
5. Чем наносится полиуретановый состав на рамку кузова?
6. Как осуществляется контроль герметичности швов вклеенного стекла?
7. Какие составы используются для вклеивания стекол при авто-ремонте?
8. Какой состав применяется для очистки стекла от жира и грязи перед вклеиванием?
9. Каким составом грунтуются царапины на рамке кузова, оставленные после срезания старого клея?
10. Какова последовательность действий при замене старого ветрового стекла новым?
11. Какова продолжительность сушки после вклеивания нового стекла?
12. Что необходимо сделать после установки стекла в проем для исключения его просадки при сушке?

## Лабораторная работа № 10

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ПЛАСТИКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ И ПОДГОТОВКИ ИХ К ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОКРАСКЕ

**Цель работы** — ознакомление с разновидностями пластиков, используемых для изготовления деталей автомобиля; изучение методов определения типа и марки пластика; знакомство с особенностями технологии ремонта пластиковых деталей и подготовки их к последующей окраске.

**Используемые материалы, оборудование, технологическая оснастка:** образцы пластиков: термореактивы — полиамид (РА), полиэтилен (РЕ), полиуретан (PUR); термопласты — поликарбонат (РС), акрилонитридбутадиенстирол (ABS), поливинилхлорид (PVC); полипропилен (PP); образцы присадочных материалов; промышленный фен с комплектом основных насадок, инструмент для разделки трещин и шлифования поверхности после ремонта.

#### Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с маркировкой различных пластиков (на примере отдельных деталей кузова);

- на отдельных образцах без маркировки провести тест на сгорание для определения типа и марки пластика;
- разработать технологию заделки трещины на детали из пластика определенной марки;
- выполнить заделку трещины на детали, выбрав соответствующий присадочный материал, оборудование и инструмент;
- подготовить отремонтированную деталь к окраске;
- оформить отчет.

**Виды и маркировка пластиков, используемых для изготовления деталей автомобиля.** Пластики (полимерные материалы, или пластмассы) можно разделить на две основные группы: термопласты, изделия из которых при повторном нагревании размягчаются вплоть до полного плавления, а после охлаждения отверждаются, сохраняя первоначальные свойства; термореактивы (дуропласты), изделия из которых не размягчаются при повторном нагревании, а при превышении критической температуры сгорают.

подавляющее большинство производителей бамперов и других крупных пластиковых деталей используют пластики первой группы, поскольку они хорошо свариваются. Пластики второй группы сварке не поддаются.

Самым распространенным в автомобилестроении пластиком из группы термопластов является полипропилен (PP), обладающий низкой плотностью, высокой механической прочностью, длительной химической стабильностью, повышенной теплостойкостью, способностью к восстановлению, возможностью регенерации. Кроме того, полипропилен является экологически чистым материалом.

Из-за высокой стоимости сложного технологического оборудования, необходимого при изготовлении деталей из полипропилена, производство таких деталей экономически целесообразно только при больших объемах выпуска.

При литье большинства деталей салона, бамперов, спойлеров, панелей приборов чаще всего применяется не чистый (немодифицированный) полипропилен, а различные его композиции (смеси с каучуком, резиной и т. п.), которые называются термопластичными эластомерами.

Самая известная и распространенная композиция — модифицированный полипропилен марки PP/EPDM. Это объясняется тем, что только модифицированный полипропилен поддается окраске. Немодифицированный полипропилен марки PP, используемый для изготовления бачков омывателей, расширительных ем-



костей и т.п., не рекомендуется окрашивать из-за слабой адгезии покрытия.

Производители эластичных деталей автомобиля (рулевых колес, грязезащитных чехлов, мягких дверных ручек) чаще всего используют пластик из группы термореактивов (дуропластов) полиуретан (PUR). Оборудование для производства деталей из этого материала менее сложно, поэтому многие небольшие частные компании используют его для изготовления множества разнообразных деталей тюнинга автомобилей.

Полиуретаны бывают марок PA, EP, PUR.

В особую группу полимерных материалов — **армированные пластики** — входят стеклопластики, обладающие высокими физико-механическими свойствами и стойкостью к воздействию различных агрессивных сред. Их изготавливают на базе эпоксидных или полиэфирных смол со стеклотканью в качестве наполнителя.

Типаж пластиков, используемых для изготовления бамперов, решеток радиаторов, деталей интерьера салона автомобиля, представлен в табл. 3.2.

**Определение типа и марки пластика.** Нередко маркировка пластика отсутствует вовсе или утеряна. С большой долей уверенности распознать тип пластмассы можно, проведя простейший тест на сгорание небольшого образца. Отличительные признаки, позволяющие достоверно определить состав пластика:

поливинилхлорид (PVC) — желтое пламя с зелеными язычками; белый дым с запахом хлора;

полиамид (PA) — голубое пламя с оранжевыми язычками; запах горелой шерсти;

поликарбонат (PC) — желтое пламя; сладковатый запах;

полиуретан (PUR) — голубое пламя с желтыми язычками;

акрилонитридбутадиенстирол (ABS) — оранжево-желтое пламя; сладковатый запах резины;

полиэтилен (PE) — синее пламя с желтыми язычками; при горении с образца стекают капли;

полипропилен (PP) — чистое некоптящее пламя; при горении с образца стекают капли, как со свечи.

**Особенности технологии ремонта пластиковых деталей.** Для ремонта пластиковых деталей используются две основные технологии: сварка и склеивание. Выбор технологии зависит от типа пластика: термопласты ремонтируются сваркой, термореактивы — склеиванием.

Проблема сварки термопластов облегчается тем, что температура плавления этих материалов не превышает 400 °С, и это позволяет

Таблица 3.2. Пластики, используемые для изготовления деталей автомобиля

Марка	Название	Класс
SMC, BVC, UP-GEK	Полиэфирный стеклопластик	Твердый
PP/EPDM, PP/EPМ	Модифицированный полипропилен	Эластичный
ABS	Акрилонитрид-бутадиенстирол	Эластичный
PRO	Полифениленоксидный полимер	Эластичный
РА	Полиамид	Эластичный
HP Alloy (сплав)	Полимерный сплав	Эластичный
Рос	Полибутилентерефталат	Эластичный
PUR Flexible	Полиуретан	Эластичный
PC	Поликарбонат	Эластичный
PUR Soft	Полиуретан	Мягкий

использовать для нагревания струю горячего воздуха, выходящего из сопла ручного нагревателя.

Для сварки пластиков используются присадочные материалы, выпускаемые промышленностью в виде прутков или лент разных сечений из основных термопластов.

На рис. 3.7 показаны сварка с использованием присадочного материала и последовательность выполнения швов до требуемого сечения. Присадочный пруток упирается и после размягчения под действием нагретого воздуха вдавливаются в зазор скоса кромок, заполняет его и приваривается к основному материалу, соединяя его кромки. При надавливании на пруток разогретые слои частично выдавливаются, образуя своего рода усиление шва.

Последовательно укладывая валики, формируют шов требуемого сечения. Признаком достаточного нагрева свариваемых частей и присадочного прутка служит появление «влажного» блеска на их поверхности, когда происходит размягчение тонкого поверхностного слоя до вязкотекучего состояния.

Температуру теплоносителя устанавливают в зависимости от вида термопласта на 50...100 °С выше температуры его вязкотекуче-

чего состояния. Температуру воздуха целесообразно измерять термометром у выхода его из сопла сварочного аппарата.

Оптимальный расход воздуха для аппаратов с электрическим нагревом составляет 1 000 ... 2 000 л/ч. Типовая номенклатура сварочного оборудования, технологической оснастки и материалов представлена в Приложении 6.

Лучшее качество сварного соединения получают при использовании присадочного прутка с пластификаторами. Для получения плотного и ровного шва присадочный пруток и ось мундштука горелки при сварке должны находиться в строго заданном положении. Присадочный пруток укладывают в зазор скоса кромок под углом  $90^\circ$ .

Перед началом сварки пруток устанавливают на расстоянии 10... 15 мм от шва. Угол наклона продольной оси горелки к плоскости свариваемого изделия вначале должен быть равен  $60^\circ$ , а в процессе сварки уменьшается до  $45^\circ$ .

Повысить механическую прочность сварных соединений из термопластов и даже практически полностью снять остаточные напряжения в свариваемом материале можно термообработкой шва.

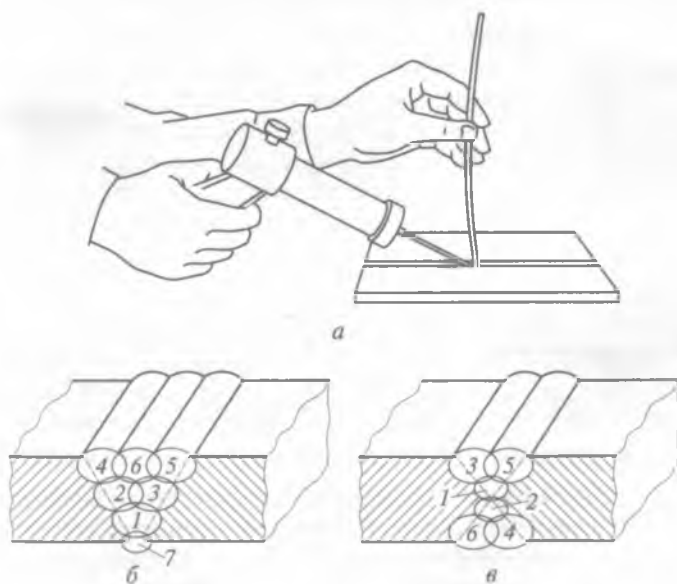


Рис. 3.7. Сварка пластиковых деталей с использованием присадочного материала (а) и последовательность выполнения одностороннего (б) и двухстороннего (в) шва до требуемого сечения:

1-7 — последовательность выполнения швов

Например, нагрев в кипящей воде в течение 2 ч с последующим медленным охлаждением повышает прочность стыковых соединений из винипласта на 15 %.

При склеивании применение полимерных материалов также дает хорошие результаты, но только при тщательном выполнении подготовительных операций в зоне дефекта.

Последовательность выполнения операций при заделке трещин деталей из термореактивов полимерными материалами показана на рис. 3.8. Технология ремонта зависит от длины трещины и характера поверхности панели (плоская, фасонная и т. д.). Во всех случаях по концам трещины (рис. 3.8, а) сверлят отверстия диаметром 2,0...3,0 мм, снимают фаску (рис. 3.8, б) вдоль трещины под углом 60...70° на глубину 1...3 мм, зачищают поверхность на расстоянии 40...50 мм от трещины шлифовальным кругом и дважды обезжиривают ацетоном, затем просушивают в течение 10 мин. На подготовленную поверхность наносят эпоксидный состав (рис. 3.8, в).

В случае, если длина трещины меньше 20 мм, проводят отверждение эпоксидного состава при комнатной температуре в течение

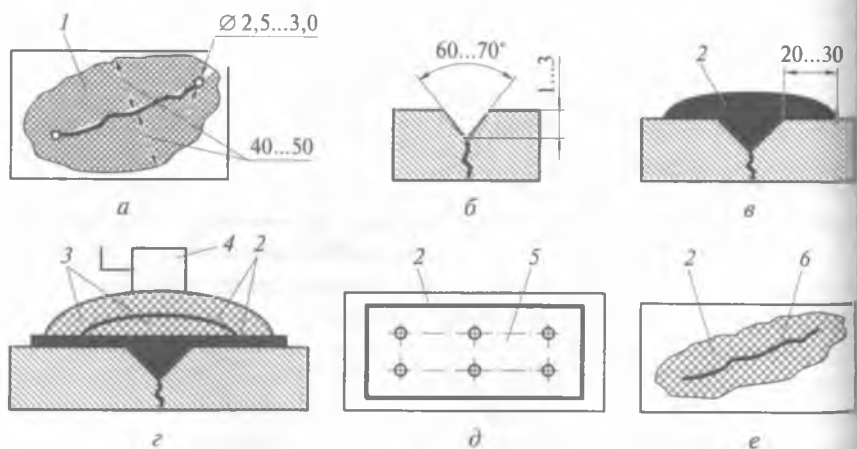


Рис. 3.8. Последовательность выполнения операций при заделке трещин деталей из термореактивов полимерными материалами:

а — сверление двух отверстий по концам трещины; б — снятие фасок вдоль трещины; в — заполнение трещины эпоксидным составом; г — прокатка накладок роликом (при длине трещины до 150 мм); д — заделка трещины длиной более 150 мм наложением стальных накладок на эпоксидную композицию; е — сварка трещины с последующей заделкой эпоксидной композицией (на неплоских поверхностях); 1 — зона подготовки поверхности; 2 — эпоксидная композиция; 3 — стеклоткань; 4 — ролик; 5 — стальная накладка; 6 — сварной шов

12 ч. Трещины длиной до 150 мм заделывают с помощью накладок из стеклоткани с перекрытием трещины на 20...25 мм первой накладкой, на 30...40 мм — второй накладкой. Каждую накладку прокатывают роликом (рис. 3.8, г).

Трещины длиной более 150 мм (рис. 3.8, г) заделывают наложением на эпоксидный состав металлических накладок толщиной 1,5...2 мм с перекрытием трещины на 40...50 мм, затем закрепляют их саморезами.

Дефекты неплоских поверхностей панелей рекомендуется устранять сваркой или комбинированным способом (рис. 3.8, е).

Для предотвращения деформации накладки из стеклоткани при устранении сквозных повреждений больших размеров с внутренней стороны панели устанавливают стальную подкладку, смазанную глицерином. По окончании процесса насыщения ткани эта подкладка легко удаляется, так как глицерин предотвращает ее прилипание к смоле.

Зачистка ремонтируемого места заключается в удалении излишков клеевого состава и выравнивании накладки или слоя композиции драчовым напильником.

При восстановлении кузовных панелей, работающих в условиях вибрации, рекомендуются следующие количества компонентов эпоксидного состава (в массовых частях): эпоксидная смола ЭД-16 — 100, дибутилфталат — 15, железный порошок — 160, полиэтиленполиамин — 8, тонкоизмельченная смола и резина — 30.

Применение полимерных материалов при ремонте кузовных панелей и бамперов автомобилей позволяет на 20...30 % снизить трудоемкость работ, на 15...20 % себестоимость ремонта и на 40...50 % расход материалов.

Описанные технологии обладают следующими достоинствами: не требуют сложного оборудования и высокой квалификации рабочих; позволяют восстановить панели без разборки элементов кузова; не требуют нагрева деталей; не вызывают снижения усталостной прочности восстановленных деталей.

**Подготовка отремонтированной пластиковой детали к окраске.** При подготовке пластиковых деталей к окраске особое внимание следует обратить на детали, не имеющие маркировки. Изготовленные мелкими фирмами, они часто имеют на поверхности неудаляемый слой силиконовой смазки, используемой при производстве и глубоко проникающей в материал детали. Вначале пластиковые элементы должны быть отмыты от растворимых в воде загрязнений и нагреты до температуры 60 °С в течение как минимум 30 мин. Затем поверхность обезжиривают специальными растворителями — для

термопластов используется растворитель 3930S, для терморективов необходим растворитель для эпоксидных грунтов 3871S. Иногда для немаркированных пластиков процедуру приходится повторять 2—3 раза.

Для терморективов может потребоваться дополнительная обработка открытым пламенем газовой горелки. Процедуру нужно проводить достаточно быстро, чтобы не вызвать оплавления пластика: при этом пламя должно касаться поверхности материала, чтобы не закоптить деталь.

Заводские детали «Жигулей» (даже незагрунтованные) не нуждаются в этой процедуре, чего нельзя сказать о накладках, используемых для тюнинга. Только после обезжиривания можно приступить к механической обработке поверхностей, иначе силиконы окажутся распределенными по поверхности и приведут к существенному ухудшению адгезии лакокрасочного покрытия.

Механическая обработка ведется шлифовочными материалами зернистостью не более 600 или скотч-брайтом. После механической обработки производится еще одно обезжиривание. При этом растворитель, наносимый на поверхность, ни в коем случае не должен высохнуть, поскольку высохший растворитель оставит неустраняемое пятно силикона. Растворитель удаляется сухой ветошью, затем поверхность грунтуется. Наиболее разумным решением является применение двухкомпонентного грунта с высоким сухим остатком 1220R и с добавкой пластификатора 805R (5... 10 %).

Термопласты требуют нанесения специального грунта для гибких элементов — 800R. Он наносится в один-два слоя минимальной толщиной 5... 10 мкм за 10 мин до основного грунтования. Слоистые панели из терморективов не требуют применения специальной грунтовки. После этого на поверхность наносится слой выравнивающего грунта. В зависимости от гибкости элемента в грунт и последующий слой лака необходимо добавить до 25 % пластификатора 805R.

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованных материалов, оборудования, технологической оснастки;
- заключение по определению марки пластика, использованного в экспериментах образца;
- описание технологии заделки трещины на детали из пластика экспериментального образца;

- заключение об эксперименте по заделке трещины на детали (информация об использованном оборудовании, присадочном материале, технологии ремонта);
- описание технологии подготовки отремонтированной пластиковой детали к окраске.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие основные группы пластиков используются в автомобилестроении?
2. Чем отличаются термопласты от термореактивов?
3. К какой группе пластиков относится полипропилен и как он маркируется?
4. Каким недостатком обладает полипропилен и как его устраняют?
5. Какие детали автомобилей изготавливаются из полиуретана и как он маркируется?
6. Что такое duroпласты?
7. Какими особенностями обладают стеклопластики?
8. Каким образом можно определить марку пластика, если маркировка на детали отсутствует?
9. Какие основные технологии используются при ремонте пластиковых деталей?
10. В каком виде промышленностью выпускаются присадочные материалы?
11. Как отремонтированная пластиковая деталь подготавливается к окраске?

## Лабораторная работа № 11

---

### ВЫБОР ВИДА СВАРКИ ПРИ ЗАМЕНЕ ИЛИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПАНЕЛЕЙ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

**Цель работы** — ознакомление с основными принципами выбора вида кузовной сварки, областями применения и особенностями каждого вида при замене или восстановлении панелей кузова автомобиля.

**Используемая литература, материалы, оснастка:** справочная и другая литература по практическому использованию различных видов кузовной сварки; образцы присадочных материалов; оборудование для реализации каждого вида кузовной сварки.

## Порядок выполнения работы:

- изучить предпочтительные области использования различных видов кузовной сварки;
- ознакомиться с образцами материалов, используемых на автосервисных предприятиях для выполнения различных видов кузовной сварки;
- изучить особенности технологии каждого вида кузовной сварки;
- оформить отчет.

**Газовая сварка.** Благодаря универсальности применения и невысокой стоимости оборудования газопламенная обработка широко используется в кузовном ремонте для сварки, резки, разогрева заржавевших болтов и гаек, правки металла.

К достоинствам газовой сварки относится то обстоятельство, что горящая смесь не только является источником теплоты в зоне сварки, но и образует газовую подушку, защищающую сварочную ванну от взаимодействия с атмосферой.

Нагрев зоны сварки осуществляется специальными сварочными горелками, номера наконечников которых выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла (в соответствии с данными приведенными в табл. 3.3).

В качестве горючего газа могут применяться водород, метан, пропан, ацетилен и др.

Для кузовной сварки в качестве горючего газа повсеместно используются ацетилен или пропан. Ацетилен позволяет получить факел пламени с температурой 3 100... 3 200 °С.

В связи с взрывоопасностью ацетилена его транспортируют и хранят в растворенном виде. Ацетиленовый баллон на три четверти залит ацетоном, в одном литре которого растворяется до 200 л ацетилена. Таким образом, в обычном 40-литровом баллоне при комнатной температуре и давлении 0,5 МПа содержится 6 000... 7 000 л ацетилена. Наличие пористого заполнителя в баллоне делает обращение с ацетиленом практически безопасным.

Основным недостатком газовой сварки является медленный разогрев сварной зоны. Это вызывает разогрев большого объема металла, прилегающего к сварочной ванне, коробление свариваемых панелей, что ограничивает возможность выбора формы сварного соединения. С помощью газовой сварки выполняют в основном стыковые соединения, так как получить качественное соединение деталей внахлестку очень трудно, да и срок службы сварного соеди-



Таблица 3.3. Рекомендации по выбору наконечников газовых горелок

Номер наконечника горелки	Толщина свариваемого металла (сталь), мм	Диаметр отверстия мундштука, мм		Диаметр отверстия инжекторной смешительной камеры, мм
1	0,5... 1,0	0,25	0,85	0,80
2	1... 3	0,35	1,25	1,15
3	3... 4	0,45	1,60	1,50
4	5... 7	0,60	2,0	1,90
5	8... 10	0,75	2,50	2,30
6	12... 16	0,95	3,0	2,80
7	18... 30	1,20	3,80	3,50

нения в этом случае очень мал из-за низкой коррозионной стойкости.

Газовая сварка выполняется двумя способами: левым и правым (рис. 3.9).

**Левый способ** применяется для сварки стали толщиной менее 3 мм при выполнении кузовных работ. Смысл его состоит в прогреве металла перед сваркой, но не в перегреве расплавленного металла — это приводит к образованию отверстия. Сварка левым способом производится при наклоне горелки под углом  $45^\circ$  к металлу. Горелка движется в направлении создаваемого шва. Присадочный пруток движется перед горелкой вместе со сварочной ванной. Наконечник горелки движется, совершая круговые и полукруговые движения, вдоль сварного шва или соединения.

**Правый способ** отличается от левого направлением сварки. Горелка движется перед расплавленным пятном и перед прутом, образуя шов. Пламя, направленное на сварочную ванну, поддерживает горячим основной металл (материал свариваемых частей). Это необходимо для качественного проплавления металла при соединении толстых стальных листов, которое заключается в полном совместном расплавлении свариваемого металла и присадочного металла при сварке. В противном случае качество шва будет низким.

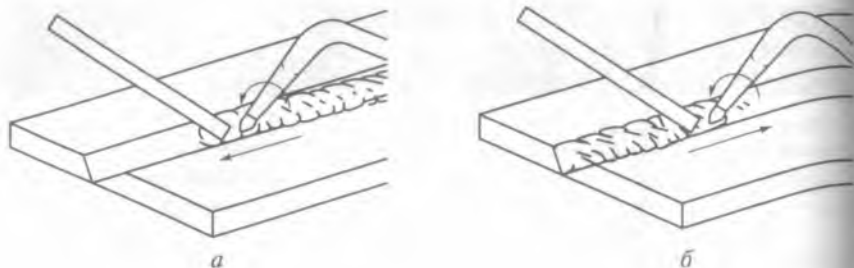


Рис. 3.9. Левый (а) и правый (б) способы газовой сварки

Для обеспечения равномерного и аккуратного шва при соединении деталей предварительно выполняется прихватка — один короткий сварной шов, удерживающий детали вместе, с предварительным подогревом металла.

Шов меньшего размера получают при сварке стыка двух деталей без присадочного прутка. Такой способ обеспечивает меньший нагрев и минимальную деформацию металла, однако, требует абсолютно беззазорного соединения деталей, подлежащих сварке.

**Полуавтоматическая сварка в среде защитного газа.** Сварка в среде защитного газа является одним из видов дуговой сварки. В зону дуги подают защитный газ, струя которого, обтекая электрическую дугу и сварочную ванну, предохраняет расплавленный металл от воздействия атмосферы. При ремонте кузовов в качестве защитного газа используют углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). А поскольку он является нейтральным, то в целях уменьшения окислительного действия свободного кислорода применяют электродную проволоку с повышенным содержанием раскисляющих примесей (марганца, кремния). При этом получается шов без пор, с хорошими механическими свойствами.

По сравнению с обычной дуговой сваркой полуавтоматическая сварка в среде защитного газа имеет следующие достоинства:

процесс подачи плавящегося электрода механизирован и скорость сварки тонколистовой стали сплошным швом возрастает до 20 м/ч, тогда как скорость ручной газовой сварки составляет всего 5 м/ч;

зона термического влияния свариваемых деталей уменьшается в 4 раза, что ведет к повышению прочности и долговечности отремонтированных кузовов;

повышается качество сварного шва на тонкостенных деталях, что обусловлено изоляцией столба дуги сварочной ванны от кисло-

рода и азота воздуха вследствие избыточного давления подаваемого защитного газа;

сварку можно выполнять во всех пространственных положениях и в труднодоступных местах благодаря высокому коэффициенту постоянства дуги и непрерывной подаче электродной проволоки;

при сварке не требуется флюс и электродная обмазка, а также очистка оплавленного металла от шлаковой корки;

уменьшается склонность металла к образованию пор при сварке умеренно ржавых деталей;

снижается расход электродного материала за счет уменьшения отходов и применения более тонкой электродной проволоки;

деформация свариваемых деталей почти полностью исключается, так как процесс сварки ведется короткой дугой в среде защитного газа, что ограничивает распространение теплоты по поверхности металла.

Техника полуавтоматической сварки в среде защитного газа достаточно проста. Главной задачей сварщика является поддержание постоянного вылета электрода, равномерное перемещение горелки вдоль шва и сохранение определенного наклона газового наконечника относительно заготовки детали и направления перемещения электрода. Существует несколько типов газовых наконечников: для сварки непрерывным швом, для точечной сварки и для сварки шпилек, используемых при правке кузовных панелей.

Схема процесса полуавтоматической сварки в среде защитного газа показана на рис. 3.10. Поток 2 газа ( $\text{CO}_2$ ) подается через газовый наконечник 4 в зону дуги 8 и сварочной ванны 7, изолируя свариваемую деталь 6 и каплю расплавленного металла 5 от окружающего воздуха. Электродная проволока 1 автоматически подается через токовый наконечник 3.

Внутренняя изоляция газовых наконечников позволяет работать даже при касании ими свариваемой детали. Импортные газовые наконечники имеют специальное покрытие, уменьшающее налипание брызг металла на их внутреннюю поверхность.

Качество сварного шва зависит от степени износа внутреннего отверстия токового наконечника: при изношенном отверстии ухудшается электрический контакт, что приводит к нестабильности дуги и повышенному разбрызгиванию металла. Поэтому токовый наконечник является таким же расходным материалом, как и сварочная проволока или газ.

Недостаточная скорость подачи проволоки или чрезмерно малый расход защитного газа приводят к сильному перегреву наконечника и быстрому его изнашиванию.

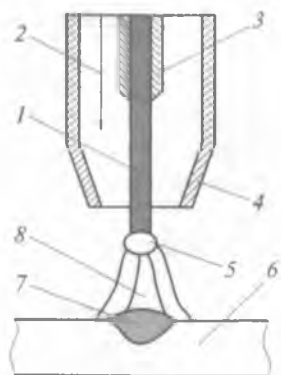


Рис. 3.10. Схема процесса полуавтоматической сварки в среде защитного газа:

1 — электродная проволока; 2 — поток газа; 3 — токовый наконечник; 4 — газовый наконечник; 5 — капля расплавленного металла; 6 — деталь; 7 — сварочная ванна; 8 — дуга

Недостаток газа вызывает перегрев сварочной ванны с возможным прожогом металла, а избыток — повышенное растекание и перегрев периферийных областей шва, из-за чего в дальнейшем возникают механические напряжения.

Использование в полуавтоматах проволоки, не предназначенной для этого вида работ, а также сварка без защитного газа абсолютно недопустимы, так как повышенное искрение и брызги металла моментально выводят из строя сварочную головку. Прочность соединения в этом случае крайне низкая.

При сварке металлических листов толщиной примерно 1 мм расход газа не должен превышать 8... 12 л/мин, при этом однолитрового баллона в малогабаритном полуавтомате должно хватить на 1 ч непрерывной работы, что позволяет выполнить шов длиной примерно 40... 50 м.

Для сварки стальных элементов при кузовном ремонте обычно применяется проволока Св-08Г1С или Св-08Г2С, содержащая примерно 2 % кремния и 1 % марганца для раскисления металла в сварочной ванне. Проволока малого диаметра (0,6... 0,8 мм) позволяет получать токи высокой плотности и реализовать мелкокапельный (или струйный) перенос металла. Проволока диаметром 1... 1,6 мм обеспечивает большую производительность, но при этом сила сварочного тока превышает 300 А.

Омеднение предохраняет проволоку от коррозии и обеспечивает хороший контакт с токовым наконечником. Однако, присутствие меди в сварочной ванне несколько снижает прочность сварного шва. Применение же проволоки без покрытия позволяет добиться хороших результатов только в том случае, если исключается коррозия ее поверхности при хранении. Даже следы ржавчины вызы-

вают повышенное искрение, разрывы дуги и разбрызгивание расплавленного металла.

Существуют и порошковые проволоки, допускающие сварку без защитного газа. Но в этом случае необходим аппарат, оснащенный инвертором или устройством для переключения полярности.

При выполнении сварочных работ для получения качественного шва необходимо соблюдать определенные условия:

- при вертикальном положении газового наконечника металл прогревается достаточно равномерно, но при этом затрудняется наблюдение за дугой; мелкие капли металла из зоны сварки попадают на газовый наконечник, уменьшая срок его службы;
- при наклоне электрода в сторону, противоположную направлению перемещения, углом вперед, положение улучшается, но глубина провара уменьшается, а шов становится шире; снижается вероятность прожога тонкого металла; разбрызгивание сокращается до минимума;
- при наклоне горелки в сторону, противоположную направлению перемещения, углом назад за счет дополнительного нагрева металл остается жидким более продолжительное время, глубина проплавления увеличивается, а шов становится уже. Поэтому сварку вертикальных швов следует выполнять углом назад, направляя дугу на переднюю часть сварочной ванны, что предотвращает стекание металла вниз и способствует увеличению проплавления шва, а также исключает потеки по его краям.

Тонкая настройка параметров сварки сводится к регулированию скорости подачи проволоки при среднем значении напряжения. Регулирование заканчивается, когда достигнуто устойчивое горение дуги. Уточнить параметры настройки можно путем анализа формы и качества полученного шва. Решающую роль здесь играет опыт сварщика.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- перечень справочной и другой литературы, использованной при выполнении работы; перечень использованного сварочного оборудования;
- параметры оборудования и рекомендации по его рациональному использованию;

- заключение о рекомендуемой области использования полуавтоматической газовой сварки в среде защитного газа при кузовных работах в условиях автосервисного предприятия.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью применяется сварка при кузовном ремонте?
2. Каковы достоинства газовой сварки?
3. Чем определяется выбор номера газовой горелки?
4. Какие газы могут использоваться в качестве горючих при кузовной сварке?
5. Как транспортируют и хранят ацетилен?
6. Каковы недостатки газовой сварки?
7. Какие виды соединений доминируют при газовой сварке и какие — при полуавтоматической сварке в среде защитного газа?
8. Какие способы перемещения горелки и когда используются при газовой сварке?
9. Что представляют собой прихватки и каково их назначение при сварке?
10. Каковы особенности полуавтоматической сварки в среде защитного газа?
11. Какими достоинствами обладает полуавтоматическая сварка в среде защитного газа?
12. В чем заключается техника полуавтоматической сварки в среде защитного газа?
13. Как устроен газовый наконечник и почему его относят к расходным материалам?
14. К чему приводит недостаточная скорость подачи проволоки или слишком малый расход защитного газа?
15. Проволока каких марок используется при сварке сталей?
16. Как избавляются от налипания брызг металла на наконечник?

## Лабораторная работа № 12

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ И ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

*Цель работы* — изучение теоретических основ контактной точечной сварки; знакомство с типовым сварочным оборудованием.

выработка навыков определения параметров контактной точечной сварки и проверки прочности сварного соединения.

**Необходимые материалы, оборудование, оснастка, инструмент:** образцы декальпированной листовой стали толщиной 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 и 1,5 мм размером 50 × 200 мм; аппарат для точечной сварки TOR (сварочные клещи), верстак с тисками, клещи, средства индивидуальной защиты.

### Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть работы;
- подобрать необходимую литературу для определения режимов сварки;
- подобрать необходимое оборудование, электроды, рассчитать параметры сварки; настроить сварочный аппарат;
- выполнить сварочные работы в соответствии с рассчитанными параметрами контактной точечной сварки для образцов разной толщины;
- проверить качество сварки в зависимости от разных условий ее выполнения;
- оформить отчет.

**Особенности контактной точечной сварки.** Этот способ сварки представляет собой процесс образования неразъемного соединения в результате нагрева металла проходящим электрическим током и пластическим деформированием зоны соединения за счет сжатия. Контактная сварка основана на омическом нагреве деталей, зажатых между двумя электродами, через которые пропускают электрический ток.

Схема двухсторонней контактной точечной сварки показана на рис. 3.11. Свариваемые металлические листы 4 зажаты между

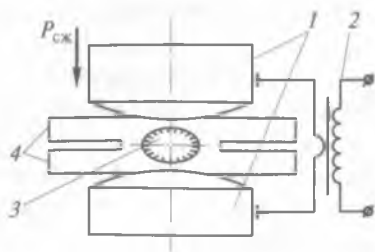


Рис. 3.11. Схема двухсторонней контактной точечной сварки:

1 — электроды; 2 — источник питания; 3 — ядро сварной точки; 4 — свариваемые металлические листы;  $P_{сж}$  — усилие сжатия

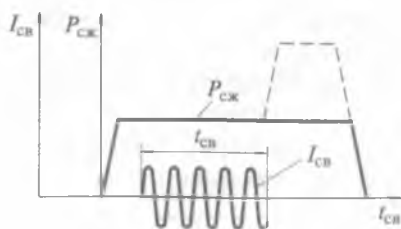


Рис. 3.12. Взаимная зависимость усилия сжатия  $P_{сж}$ , силы сварочного тока  $I_{св}$  и длительности  $t_{св}$  сварочного импульса

электродами 1 с усилием сжатия  $P_{сж}$ . При подаче на электроды сварочного тока от источника питания 2 между листами образуется ядро 3 сварной точки. Количество теплоты, выделяемой при этом, определяется по закону Джоуля — Ленца и может быть подсчитано по формуле

$$Q = 0,24I_{св}^2 R t_{св},$$

где  $Q$  — количество выделенной теплоты, кДж;  $I_{св}$  — сила сварочного тока, А;  $R$  — сопротивление, Ом;  $t_{св}$  — длительность сварочного импульса, с.

Взаимная зависимость основных параметров сварки и длительности сварочного импульса  $t_{св}$  показана на рис. 3.12.

Весь процесс образования сварного соединения в контакте длится доли секунды, а механическое усилие условно разделяется в этот период на два вида: **сварочное усилие** в момент прохождения импульса электрического тока, способствующее выдавливанию загрязнений из сварочной ванны, и **ковочное усилие**, препятствующее растрескиванию соединения и измельчающее структуру во время охлаждения.

Размер сварной точки и ее механическая прочность зависят от следующих параметров: усилие сжатия, сила сварочного тока, длительность импульса тока, диаметр контактной поверхности электродов.

Отклонение усилия сжатия от номинала сказывается на качестве сварного соединения: при его уменьшении суммарное контактное сопротивление в точке соединения деталей возрастает, а сила сварочного тока уменьшается (падает выделяемая теплота); при слишком большом усилии возникают повышенный износ медных электродов и излишняя деформация деталей в зоне контакта.

Сила сварочного тока и длительность его импульса однозначно определяют энерговыделение в зоне сварки. Их уменьшение ведет к непровару деталей, а увеличение — к прожогам деталей и выплеску части расплава.



Режим сварки мощными короткими импульсами тока (менее 0,1 с) называется жестким и предпочтителен для соединения деталей из низкоуглеродистых сталей и металлов, обладающих высокой теплопроводностью (например, алюминиевых сплавов).

**Мягкий режим** характеризуется большой длительностью импульса тока при меньшей амплитуде. Чем мягче режим, тем больше теплоты рассеивается в окружающем металле, вызывая его перегрев и коробление.

**Жесткий режим** в основном применяется в заводских условиях, так как требует точного подбора плотности сварочного тока, контролируемого автоматикой. Из-за изнашивания электродов площадь контакта в процессе работы непрерывно возрастает, плотность тока падает и прочность сварного соединения снижается.

Экспериментально установлено, что максимальная прочность соединения достигается в том случае, когда под действием сварочного усилия в металле остается отпечаток глубиной 15...20 % толщины свариваемого листа.

На практике механическая нагрузка прикладывается через сварочные электроды достаточной механической прочности из бронзы, меди, из порошковой композиции меди и вольфрама.

Используя контактную точечную сварку, легко получить надежное соединение листового металла внахлестку, что очень затруднительно при других способах сварки. На автосервисных предприятиях этот вид сварки широко применяется для соединения деталей на легкодоступных участках кузова, поскольку трудоемкость по сравнению с другими способами сварки значительно сокращается.

К достоинствам контактной точечной сварки при кузовном ремонте следует отнести:

- полное отсутствие потребности в расходных материалах;
- незначительный нагрев металла, прилегающего к зоне сварки;
- минимум разборочных работ, связанных с демонтажем деталей обивки;
- минимум затрат на последующую зачистку и антикоррозионную обработку сварного шва;
- неизменность химического состава зоны соединения;
- отсутствие усадочных дефектов при кристаллизации в случае правильного регулирования усилия сжатия;
- разрушение и удаление оксидных пленок из-за высокого давления и деформации деталей в зоне сварки;
- хорошая свариваемость однородных металлов и сплавов.

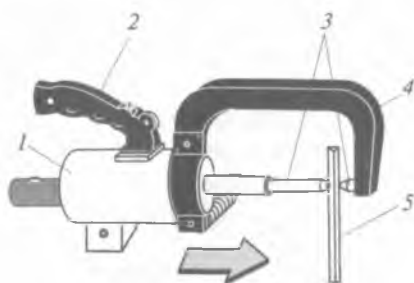


Рис. 3.13. Сварочные клещи:  
1 — рукоятка; 2 — рычаг; 3 — электроды;  
4 — держатель электродов; 5 — свариваемые стальные листы

**Типовое сварочное оборудование.** На автосервисных предприятиях при точечном соединении тонколистовых кузовных панелей внахлестку наибольшее распространение получили ручные аппараты контактной сварки TOR, называемые сварочными клещами (рис. 3.13). Конструктивно они выполнены в виде компактного сварочного трансформатора, снабженного рукояткой 1, продолжением вторичной обмотки которого является держатель 4 электродов 3, и рычагом 2, позволяющим создавать регулируемое сварочное усилие до 15 Н. Иногда сварочные клещи дополняются таймером, с помощью которого можно регулировать длительность импульса тока. При массе 6... 12 кг такой аппарат способен обеспечивать силу до 8 кА, что позволяет сваривать стальные листы 5 общей толщиной до 5 мм.

На более мощных аппаратах блок питания делается выносным, что снижает вес клещей. Пневмопривод таких клещей обеспечивает оптимальное сварочное усилие при вылете электродов до 500 мм. В блок питания наряду с таймером иногда встраивается регулятор мощности и процессорный блок, контролирующей режим сварки.

Для питания клещей используют провода большого сечения (площадью примерно 200 мм<sup>2</sup>), что реально ограничивает их длину до 2... 3 м. Аппараты обычно комплектуются набором сменных электродов, предназначенных для сварки в труднодоступных местах.

Сварочные клещи являются чрезвычайно теплонпряженным устройством и, как большинство сварочных машин, не предназначены для непрерывного использования. В технических характеристиках клещей обычно приводится такой параметр, как количество сварных точек, которое они могут обеспечить в течение 1 мин или 1 ч работы без нарушения предельного теплового режима. Поскольку объем собственно сварочных работ на кузовном участке не велик, в большинстве случаев бывает достаточной производительность 5— 10 точек в минуту.

При мощности 2,2 кВ·А и массе 8 кг сварочный аппарат TOR способен сваривать два стальных листа одинаковой толщины, обе-

спечивая производительность 2—3 точки в минуту. К его недостаткам можно отнести невозможность регулирования силы тока и установки длительности импульса.

**Определение параметров и проверка качества сварного соединения.** Качество точечной сварки зависит от диаметра контактной поверхности электродов (головки конуса), силы сварочного тока, сварочного и ковочного усилия, а также от шага сварных точек и их расстояния до края листа.

Максимальный диаметр  $d_3$ , мм, контактной поверхности электродов определяется по формуле

$$d_3 = 2S + 3,$$

где  $S$  — толщина более тонкой из свариваемых деталей, мм.

Сила сварочного тока  $I_{св}$ , А, вычисляется по формуле

$$I_{св} = i\pi d_3^2 / 4,$$

где  $i$  — номинальная плотность тока, А/мм<sup>2</sup>,  $i = 200 \dots 500$  А/мм<sup>2</sup>.

Усилие сжатия  $P_{сж}$  на электродах, Н, определяется по формуле

$$P_{сж} = \rho \pi d_3^2 / 4,$$

где  $\rho$  — удельное усилие на электродах, Н/мм<sup>2</sup>,  $\rho = 65 \dots 115$  Н/мм<sup>2</sup>.

Длительность  $t_{св}$  импульсов сварочного тока ориентировочно выбирают 0,1 ... 0,5 с.

Все параметры режимов сварки устанавливаются в зависимости от толщины свариваемых панелей, шероховатости поверхности и сопрягаемости свариваемых кромок. Практика показывает, что при правильном выборе режимов сварки по отключении сварочного тока поверхность наиболее тонкой из свариваемых деталей на короткое время краснеет. Если покраснение сохраняется продолжительное время, то велика либо длительность импульса, либо сила сварочного тока.

Шаг сварки (расстояние между двумя последовательно расположенными точками) определяется как  $20S$ , а расстояние от оси сварной точки до края детали — как  $(2S + 4)$ .

Расчет взаимного влияния параметров сварки очень сложен, так как результат зависит от многих факторов: толщины и материала свариваемых деталей, конструктивных и эксплуатационных особенностей сварочного аппарата и т.д. Зависимость параметров сварки от толщины свариваемых деталей с достаточной для практики точностью можно определить по табл. 3.4.

Таблица 3.4. Зависимость параметров сварки от толщины свариваемых деталей

Параметр	Значение параметров при разной толщине свариваемых панелей кузова, мм*				
	0,6 + 0,6	0,8 + 0,8	1 + 1	1,2 + 1,2	1,5 + 1,5
Минимальный шаг сварных точек, мм	10	—	12	—	14
Минимальная нахлестка деталей, мм	8	10	12	—	14
Оптимальный диаметр контактной поверхности электродов, мм	3,5	4	4,5	4,5	5

\* При одинаковой толщине листов в паре.

При контактной точечной сварке между электродами пропускают электрический ток силой в несколько тысяч ампер (напряжение в цепи при этом обычно не превышает 6 В). Оптимальная плотность тока должна находиться в пределах  $0,2 \dots 0,4 \text{ кА/мм}^2$ . При изменении диаметра контактной поверхности электрода с 3 до 5 мм оптимальное значение тока увеличивается более чем в 2,5 раза.

Считается, что режим сварки выбран правильно, если пятно контакта, изменившего свой цвет под действием температуры, не превышает диаметра отпечатка электрода более чем в 2 раза.

Хорошего качества сварки можно достичь только при правильной эксплуатации аппаратов. Главное условие — поддерживать первоначальную форму и размер контактной поверхности электродов путем своевременной заточки и обработки.

Качество сварного соединения проверяют испытанием точки на разрыв. Качественной считается точка, при отрыве которой на одной из деталей остается столбик металла, по диаметру равный ядру сварки, на другой детали — сквозное отверстие.

### Экспериментально-расчетная часть работы:

1. Рассчитать параметры сварки для образцов разной толщины; результаты занести в таблицу.

2. В соответствии с полученными данными выполнить сварочные работы на образцах (процесс сварки — см. рис. 3.13).

3. Проверить прочность сварного соединения для каждого случая и качество сварных точек.

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованных материалов, оборудования;
- расчет параметров точечной сварки для соединения стальных листов разной толщины;
- сопоставление расчетных данных с табличными значениями этих параметров (см. табл. 3.4);
- заключение о прочности сварного соединения для каждой пары образцов определенной толщины;
- общие выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Как определить количество теплоты, выделяемой при образовании ядра сварной точки?
2. Как разделяется сварочное усилие в процессе сварки и зачем?
3. От каких параметров зависит размер и механическая прочность сварной точки?
4. Как сказывается изменение усилия сжатия  $P_{сж}$  на качестве сварного соединения?
5. Что определяется величиной и длительностью импульса тока при сварке?
6. Какие существуют виды режимов сварки?
7. Из каких материалов изготавливаются сварочные электроды?
8. Каковы достоинства контактной точечной сварки при использовании ее в кузовном ремонте?
9. Каковы особенности контактной точечной сварки?
10. Какое оборудование используется на автосервисных предприятиях для точечной сварки кузовных панелей?
11. Как определить максимальный диаметр контактной поверхности электродов?
12. Как определить силу сварочного тока?
13. Как определить усилие сжатия на электродах?
14. В зависимости от чего устанавливаются все параметры режимов сварки?
15. Как определить необходимый шаг сварки и расстояние от оси сварной точки до края детали?
16. Каковы критерии правильности выбора режимов сварки?
17. Как проверяют качество сварного соединения?

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ КУЗОВНЫХ ПАНЕЛЕЙ В СРЕДЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА

**Цель работы** — знакомство с типовым сварочным оборудованием и расходными материалами для полуавтоматической сварки в среде защитного газа; выработка навыков определения параметров сварки кузовных панелей автомобиля.

**Необходимые материалы, оборудование:** аппарат для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа; верстак с тисками; средства индивидуальной защиты; фрагменты панелей кузова.

### Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть работы;
- подобрать необходимую справочную литературу;
- ознакомиться с устройством сварочного полуавтомата, изучить органы управления, включения-выключения, найти на панели тумблеры регулирования скорости подачи проволоки, тока и т. д.;
- подобрать образцы фрагментов панелей разной толщины, определить ориентировочные режимы сварки для каждого случая, настроить по ним сварочный аппарат;
- выполнить сварку на образцах разной толщины разными способами (сплошным швом и по отверстиям);
- проверить качество сварного шва, при необходимости выполнить тонкую настройку параметров сварки;
- оформить отчет.

**Оборудование для сварки в среде защитного газа.** Сварку листовых панелей кузовов в среде защитного газа (углекислого газа) производят с использованием полуавтоматов отечественного и иностранного производства: «Кемпомат-163S» фирмы КЕМРРІ (Финляндия), аппараты фирм Seborg, Deca, TOR (Италия) и др. Технические характеристики некоторых из них приведены в табл. 3.5.

Сварочные полуавтоматы позволяют выполнить сварку в режимах непрерывной сварки с постоянной подачей проволоки, прерыв-

Таблица 3.5. Технические характеристики итальянских полуавтоматов для сварки в среде защитного газа

Показатель	Pocket Turbo (Cebora)	Bravo 155 (Cebora)	MIC-190 (Cebora)	415 (Deka)	4160 (Deka)	Bimax 152 (Telwin)
Напряжение питания, В	220	220	380	220	220	220
Мощность, кВт	3,8	3,8	4,5	2...4	3,5	1,5
Напряжение холостого хода, В	30	31	33	31	33	18...31
Сила сварочного тока, А	30...130	28...155	15...190	30...140	30...160	30...145
Продолжительность включения, %/I <sub>max</sub> , А	15/100	20/120	45/165	20/120	20/130	15/115
Количество ступеней регулирования напряжения	4	7	7	4	6	4
Диаметр электродной проволоки, мм	0,6...0,8	0,6...0,8	0,6...0,8...1,0	0,6...0,8	0,6...0,8	0,6...0,8...1,0
Встроенный таймер	—	—	Есть	—	—	—
Смена полярности тока	—	Есть	—	—	—	Есть
Масса, кг	22,5	29	53,5	30	43	24

вистой сварки с прерывистой подачей проволоки по заданной программе, точечной сварки (электрозаклепками).

Сварка выполняется при питании электрической дуги постоянным током обратной полярности. Источниками питания служат преобразователи постоянного тока с жесткими характеристиками (типа ПСГ-350, ПСГ-500) или сварочные выпрямители с жесткими характеристиками (типа ВС-300, ВДГ-301, ВСЖ-303).

Комплект оборудования для сварки в среде углекислого газа показан на рис. 3.14. Схема полуавтомата обеспечивает его включение-выключение выключателем, расположенным на сварочной горелке; плавное регулирование скорости — с помощью потенциометра, расположенного на пульте управления; стабилизацию установленной скорости подачи электродной проволоки; автоматическую продувку газового тракта защитным газом до зажигания дуги в течение 1 с.

Полуавтомат управляется с пульта на лицевой панели. При нажатии выключателя на горелке включается газовый клапан, через 1 с включается источник питания и привод подачи электродной проволоки. При замыкании электрода на изделие зажигается дуга — выполняется сварка.

При размыкании выключателя сварки останавливается двигатель подачи электродной проволоки, дуга растягивается и обрывается. Через 2...3 с выключаются источник питания и газовый клапан, тем самым снимается напряжение со сварочной горелки и прекращается подача защитного газа. Схема приходит в исходное состояние, что обеспечивает возможность повторного включения.

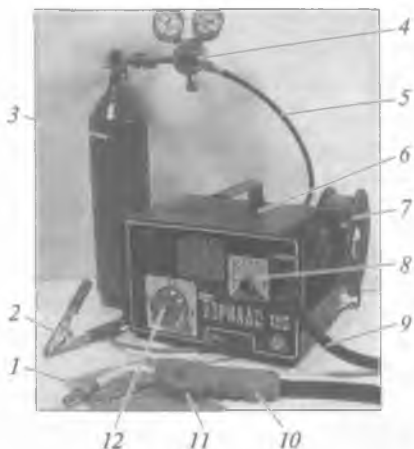
Основной узел любого сварочного полуавтомата — блок питания, состоящий из понижающего трансформатора и мощного выпрямителя. В блок питания обычно встраивают вентилятор и датчик температуры, обеспечивающий выключение аппарата при перегреве. Выходное напряжение регулируется чаще всего дискретно (ступенчато), путем переключения отводов первичной обмотки трансформатора. При силе сварочного тока более 200 А используются аппараты с питанием от трехфазной сети; если сила тока не превышает 200 А — аппараты с однофазным питанием. Во втором случае к выпрямителю подключают дроссель, который поддерживает постоянную силу сварочного тока при коротких замыканиях, возникающих при истекании капли металла в сварочную ванну. Это называется жестким режимом источника тока, который повышает стабильность дуги.

Для сохранения постоянства скорости подачи электродной проволоки используют роликовый механизм, который обеспечивает



Рис. 3.14. Оборудование для сварки в среде углекислого газа:

1 — сменная газовая горелка; 2 — заземление; 3 — баллон с углекислым газом; 4 — редуктор с манометрами; 5 — газовый шланг; 6 — блок питания; 7 — кассета для хранения электродной проволоки; 8 — регулятор скорости подачи электродной проволоки; 9 — шланг газотокпровода; 10 — корпус газовой горелки; 11 — выключатель; 12 — регулятор тока



постоянное усилие подачи примерно 200 Н. Здесь применяют мощные коллекторные электродвигатели постоянного тока с механическим редуктором. Они питаются от стабилизируемых регулируемых транзисторных источников напряжения. Это позволяет в широком диапазоне менять скорость подачи электродной проволоки.

При замене проволоки одного диаметра на проволоку другого диаметра обычно меняют и направляющие ролики с канавками определенной глубины. Плавное регулирование усилия прижима проволоки позволяет предохранить ее поверхность от механических повреждений и обеспечивает ее непрерывное движение без проскальзывания.

Для дозированной подачи защитного газа применяют механический (в рукоятке горелки) или электроуправляемый (в корпусе аппарата) клапаны, которые открываются раньше, чем включается напряжение, и закрываются только после выключения дуги.

Необходимый расход газа устанавливают при помощи редуктора, уменьшающего избыточное давление газа в подающей магистрали до 0,01 ... 0,04 МПа. Более высокое давление (при неисправном редукторе) приводит к быстрому выходу из строя газового клапана.

Иногда редукторы комплектуются расходомерами. Однако чаще всего для настройки непосредственно на редуктор наносится градуировка в единицах расхода (л/мин).

Регулирование скорости подачи проволоки и рабочего напряжения осуществляется через блок управления. Регулирование напряжения (в пределах 15 ... 35 В) в наиболее популярных моделях может быть плавным или ступенчатым. Обычно по количеству ступеней судят о классе аппарата.

Сварочная дуга включается микропереключателем на ручке горелки, выключается вручную либо автоматически. В режиме точечной сварки это делает таймер.

Сварочная головка аппарата имеет сменную токовую втулку (которая обеспечивает хороший электрический контакт с проволокой), газовый наконечник (создающий спокойный — ламинарный поток защитного газа), а также гибкий сварочный рукав сложной конструкции для соединения головки с основным модулем. Наиболее удобны аппараты со сменными рукавами, рассчитанными на стандартный евроразъем.

Срок службы сварочных полуавтоматов принят 5 лет, при условии смены сварочной горелки каждые полгода.

Поскольку проволока поступает в зону сварки по пустотелому шлангу, эти полуавтоматы называются шланговыми.

Сварочные полуавтоматы позволяют выполнять шов в любом пространственном положении, что особенно важно при ремонте кузова легкового автомобиля.

Процесс подачи электродной проволоки и защитного газа в зону сварки автоматизирован. Электродная проволока с помощью механизма подачи поступает из кассеты по гибкому направляющему каналу, размещенному в шланге, в зону сварки, поэтому такие полуавтоматы называются шланговыми. Одновременно из баллона по шлангу газотокоспровода в зону сварки подается газ для защиты металла шва, а от источника питания дуги подается сварочный ток. Сварочную горелку перемещают вручную.

**Особенности сварки кузовных панелей и их элементов.** Общим положением для проведения сварочных работ на всех режимах является надежное соединение заземляющего кабеля с кузовом. Место заземления должно быть на минимальном удалении от места сварки. Кроме того, должен быть обеспечен надежный контакт между проволочным электродом и первым листом, между двумя наложенными друг на друга листами и между нижним листом и массой.

Сварочные полуавтоматы обеспечивают получение качественных швов во всех пространственных положениях, что особенно важно при ремонте кузова легкового автомобиля. Большое влияние на качество шва оказывает тщательность очистки кузовных деталей от краски, коррозии и масла перед проведением сварочных работ.

В зависимости от назначения конструктивного элемента, его расположения в кузове, от доступности соединяемых деталей и их толщины сварка выполняется сплошным, прерывистым или точечным швом, а также по выполненным отверстиям. Возможны два способа соединения кузовных панелей и их элементов: внахлестку и встык.

Свариваемые кромки перед сваркой тщательно зачищают и выполняют антикоррозионную обработку закрываемых поверхностей специальными токопроводящими пастами или грунтами.

**Сварка по отверстиям** является разновидностью точечной сварки и выполняется в основном при соединении деталей **внахлестку**. Этот способ позволяет экономить материалы и электроэнергию, сократить трудозатраты. Для сварки используются полуавтоматы типа «Кемпи».

На фланцах или кромках привариваемой панели предварительно выполняют дыроколом отверстия диаметром 5 мм. Затем ее прижимают к сопрягаемой панели с помощью газового сопла и в месте нахождения отверстия выполняют сварную точку, направляя проволоку в перфорированное отверстие. Полученные выпуклые сварные точки в открытых местах зачищают до уровня основного металла. Получаемое таким способом соединение панелей не уступает по прочности выполненному точечной сваркой электроконтактным способом в условиях завода-производителя.

При соединении лицевых панелей **внахлестку** их кромки предварительно профилируют и тщательно подгоняют так, чтобы они плотно прилегали друг к другу, находясь в одной плоскости. Затем детали фиксируют в этом положении быстродействующими зажимами и сваривают прерывистым или сплошным швом за край одной из деталей.

Благодаря высокому качеству сварки и незначительному выступанию сварных точек над поверхностью основного металла этот

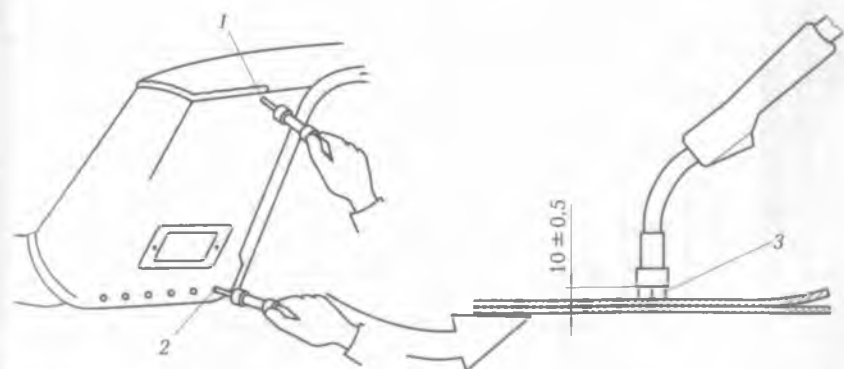


Рис. 3.15. Сварка панели крыши автомобиля:

1 — сварка сплошным швом; 2 — опорные ножки газового сопла; 3 — точечная сварка **внахлестку** по отверстиям

Таблица 3.6. Режимы сварки внахлестку в среде защитного газа панелей из углеродистых соединений проволокой Св-08Г2С (обратная полярность)

Толщина двух листов металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Рабочее напряжение, В	Скорость подачи проволоки, см/мин	Сила сварочного тока, А	Скорость сварки, м/мин	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
0,8+0,8	0,8...1,0	17,5...19,0	330...250	100...120	0,5	8	6...7
1+1	0,8...1,2	18...20	390...220	110...135	0,4	8...12	7...8
1,2+1,2	1,0...1,2	18...20 10...22	260...200 300...350	120...145 130...180	0,4 0,5	8...12	6...8 7...8
2+2	1,0...1,4	19...26	450...350	160...260	0,4	10...14	8...9
5+5	1,2...2,0	21...35	370...320	200...500	0,4	10...20	9...150
1,5+5,0	1,0...1,4	19...26	300...400	130...260	0,4	8...14	7...9

способ эффективен для сварки лицевых панелей, так как значительно сокращает затраты на шлифование поверхностей в местах сварки. При выборе шага сварных точек ориентиром может служить число заводских точек сварки, которыми деталь приварена к кузову. Сварку выполняют по отверстиям, полученным при отсоединении поврежденных деталей.

**Сварка сплошным швом** выполняется в основном при соединении деталей *встык*. В этом случае сварочную проволоку подают непрерывно, а продолжительность процесса сварки регулируют пусковой кнопкой на сварочной горелке. При горизонтальной сварке последовательность действия такая же, как при газовой сварке. Сопло удерживают под углом  $75^\circ$  по отношению к поверхности уже сваренного шва на расстоянии  $8 \dots 10$  мм от поверхности сварки. Горелку плавно, без рывков перемещают вдоль свариваемой поверхности.

В зависимости от положения панели, толщины металла и точности подгонки деталей сварку выполняют током силой 40; 60 или 80 А исключительно короткой дугой при скорости сварки  $0,2 \dots 0,3$  м/мин.

При точечной сварке по отверстиям положение горелки должно быть вертикальным. Рабочий режим сварки выбирается для каждого диаметра проволоки и экспериментально уточняется путем сварки образцов.

Сварку панели крыши автомобиля (рис. 3.15) *встык* сплошным швом выполняют без подкладной ленты или с лентой. При соединении без подкладной ленты детали подгоняют так, чтобы зазор в

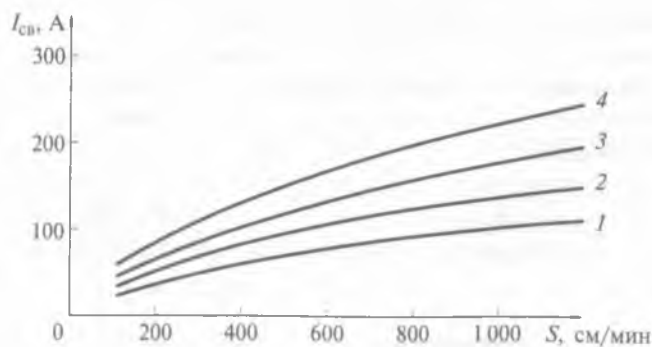


Рис. 3.16. Зависимость силы сварочного тока  $I_{св}$  от величины подачи  $S$  электродной проволоки и ее диаметра  $D$ :

1 — для  $D = 0,8$  мм; 2 — для  $D = 1$  мм; 3 — для  $D = 1,2$  мм; 4 — для  $D = 1,4$  мм

месте соединения не превышал полутора диаметров присадочной проволоки. Накладка краев деталей в этом случае не допускается. После примерки и окончательной подгонки детали фиксируют быстросрабатывающими зажимами.

При соединении панелей встык с подкладной лентой не требуется соблюдение точного зазора между кромками деталей и он может колебаться от 1 до 10 мм. Прочность соединения достигается за счет перекрытия зоны соединения подкладочной лентой шириной 30...40 мм. Кромки деталей при этом не профилируют, а соединения выполняют преимущественно способом сварки по отверстиям (электрозаклепками) с предварительным перфорированием кромок дыроколом.

В случае необходимости воспроизведения соединения, выполненного на заводе-производителе, применяют соединение деталей встык с отбортовкой кромок под углом  $90^\circ$  на величину 8...10 мм. Одну из кромок перфорируют под сварку по отверстиям (электрозаклепками).

**Выбор параметров режима сварки и их регулирование.** При выборе режимов сварки внахлестку в среде защитного газа панелей из углеродистых сталей проволокой Св-08Г2С можно ориентироваться на средние цифры (табл. 3.6) и на график рис. 3.16.

Тонкая настройка параметров сводится к регулированию скорости подачи сварочной проволоки при среднем значении рабочего напряжения (см. табл. 3.6). Регулирование заканчивается при достижении устойчивого горения дуги. Уточнить параметры настройки можно путем анализа формы и качества полученного шва. Решающую роль здесь играет опыт сварщика.

При сварке металлических листов толщиной примерно 1 мм расход газа не должен превышать 8...12 л/мин.

Продолжительность сварки обычно выбирают в пределах 0,3...30 с, а соотношение между продолжительностью сварки и перерывом принимают в зависимости от толщины соединяемых деталей и величины зазора.

При отсутствии каталога или технического паспорта допустимые значения тока в зависимости от режима работы можно посмотреть на табличке электротехнических характеристик на корпусе аппарата.

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованных материалов, оборудования;

- справочные данные, использованные для определения параметров сварки;
- расчет параметров для разных способов сварки в среде защитного газа образцов металла разной толщины;
- оформление расчетных параметров в виде таблицы;
- заключение о качестве сварки по рассчитанным параметрам и необходимости проведения тонкой настройки аппаратов экспериментальным путем;
- общие выводы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. С помощью каких аппаратов выполняют сварку листовых панелей кузовов в среде защитного газа?
2. В каких режимах позволяют выполнять сварку полуавтоматы?
3. Каким током питается электрическая дуга в процессе сварки?
4. Как работает полуавтомат для сварки в среде защитного газа?
5. Как осуществляется управление полуавтоматом?
6. Какие основные элементы включает в себя блок питания сварочного полуавтомата?
7. Как осуществляется подача электродной проволоки с постоянной скоростью?
8. Как производится дозирование подачи защитного газа?
9. Как устанавливается необходимый расход углекислого газа и к чему ведет повышенное давление газа?
10. Какие устройства применяются для регулирования скорости подачи электродной проволоки и рабочего напряжения?
11. Как включается и выключается сварочная дуга?
12. Из каких основных элементов состоит сварочная головка?
13. Из каких основных узлов состоит сварочный полуавтомат и почему он называется шланговым?
14. Какими способами сварки соединяются кузовные панели и их элементы?
15. Что такое соединение деталей внахлестку сваркой по отверстиям?
16. Как соединяются панели встык с подкладной лентой?
17. Каковы особенности сварки сплошным швом?
18. Как выбирают параметры режимов сварки внахлестку панелей из углеродистых сталей?
19. Как выполняется тонкая настройка параметров сварки?
20. Как можно определить допустимые значения силы сварочного тока в зависимости от режима сварки при отсутствии каталога или технического паспорта на аппарат?

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

### Лабораторная работа № 14

#### УСТРАНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ СПОСОБОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ МЕТАЛЛА

**Цель работы** — изучение теоретических основ газодинамического нанесения защитных металлических покрытий (напыления металла) на детали двигателя; ознакомление с профессиональным оборудованием для авторемонта; освоение навыков восстановления деталей двигателя при механических повреждениях.

**Необходимое оборудование, материалы:** ручная установка для напыления «Димет-403» (производства Обнинского центра порошкового напыления); полуоткрытая камера напыления, оборудованная системой пылеудаления; головка блока цилиндров двигателя с механическими повреждениями; источник сжатого воздуха (давление 0,6... 1 МПа, расход 3... 4 л/мин), электросеть напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

#### Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть работы;
- ознакомиться с установкой «Димет-403» для газодинамического напыления металла;
- выполнить экспериментальную часть работы (напыление металла на дефектные участки головки блока цилиндров);

- фрезеровать привалочную плоскость головки блока после напыления;
- оценить качество напыленного покрытия;
- оформить отчет.

**Газодинамическое напыление металла.** Способ газодинамического напыления металла может успешно применяться на больших авторемонтных производствах и в маленьких мастерских при использовании портативной установки «Димет-403». Покрытие (напыленный слой) формируется за счет кинетической энергии ускоренных до высокой скорости нерасплавленных частиц металлов. Процесс идет на воздухе при обычных условиях, в отсутствие горючих или опасных газов, высоких температур, опасных излучений или агрессивных отходов.

Суть газодинамического напыления металла состоит в том, что мелкие металлические частицы, находящиеся в твердом состоянии, ускоряются сверхзвуковым газовым потоком до скорости несколько сотен метров в секунду и направляются на основу (поверхность восстанавливаемой детали). Сталкиваясь с основой в процессе высокоскоростного удара, частицы закрепляются на ней, и формируют сплошное покрытие. Температура частиц рабочего порошка обычно (но не всегда) значительно ниже температуры его плавления.

Если напыляемый порошок представляет собой смесь двух компонентов, один из которых — порошок пластичного металла, а второй — керамический порошок или порошок более твердого металла, то процесс протекает иным образом. Частицы смесового порошкового материала, ускоренные потоком воздуха в сверхзвуковом сопле, с высокой скоростью соударяются с основой. Однако характер взаимодействия с поверхностью основы металлических и керамических частиц существенно различается. Керамические частицы при ударе не деформируются, а отскакивают от основы (унося при этом часть ее материала), либо внедряются в нее, образуя прочное механическое сцепление. За счет эрозионного воздействия керамических частиц на основу происходит эффективная очистка ее поверхности от загрязнений, пленок и абсорбированных веществ. Формируется развитый микрорельеф этой поверхности.

При соударении металлических частиц с поверхностью основы происходит их пластическая деформация и в пятне контакта образуются химические связи. Последующие удары керамических частиц по закрепившимся на поверхности металлическим частицам дополнительно деформируют их. Покрытие уплотняется, его пористость уменьшается, когезионная прочность увеличивается.



Покрyтия, получаемые путем газодинамического метода напыления, представляют собой композитный материал, который состоит из металлической матрицы и включенных в нее отдельных керамических (или других, более твердых, чем металл матрицы) частиц. Обычно получают покрyтия с низкой пористостью (несколько процентов).

Качественные показатели любого покрyтия включают в себя прочность его сцепления с основой (адгезию), поэтому особенно важна зона, в которой формируется граница раздела между покрyтием и основой.

Формирование границы раздела покрyтия с основой происходит в процессе соударения с ней на высокой скорости отдельных металлических или керамических частиц. В случае взаимодействия металлической частицы с металлической основой происходит деформация как частицы, так и основы. От степени и характера деформации зависит и адгезия покрyтия. При таком интенсивном воздействии любые образовавшиеся пленки сбиваются с поверхности основы. Обеспечивается контакт ювенильных поверхностей частиц покрyтия и основы. Диапазон значений адгезии — 30... 80 МПа.

Особенности технологии газодинамического напыления металла состоят в следующем:

- отсутствуют высокие температуры, опасные и горючие газы и излучения, химически агрессивные отходы;

- оказывается незначительное тепловое воздействие на напыляемое изделие (его поверхность не нагревается выше 150 °С);

- напыление ведется на воздухе, при нормальном давлении;

- при напылении обрабатывается локальный участок поверхности изделия с четкими границами;

- то же оборудование позволяет проводить и струйно-абразивную подготовку поверхности.

Покрyтия, образованные способом газодинамического напыления, обладают следующими свойствами:

- высокая адгезия (30... 80 МПа);

- низкая пористость (3... 7 %);

- плотное соединение покрyтия с поверхностью основы, без зазоров и полостей, надежный электрогальванический контакт;

- шероховатость поверхности составляет  $R_z 20... 40$  мкм, что обеспечивает высокую прочность закрепления на ней в дальнейшем лакокрасочных материалов;

- толщина покрyтия может быть любой и обеспечивается технологическим режимом напыления.

Способ газодинамического напыления металлов при ремонте автомобилей позволяет решить следующие задачи:

- устранение коррозионных повреждений, промоин, прогаров, трещин в агрегатах;
- устранение течи радиаторов системы охлаждения, утечки фреона в автокондиционерах;
- антикоррозионная обработка локальных участков и сварных швов при ремонте кузовов, глушителей;
- восстановление постелей подшипников;
- нанесение электропроводящих покрытий (например, меднение контактных зон);
- восстановление дефектных участков металлических деталей без деформации изделия, возникновения внутренних напряжений и структурных превращений металла изделия.

**Профессиональные установки «Димет» для газодинамического напыления металла.** Конструкция оборудования для газодинамического напыления обеспечивает локализованное воздействие на обрабатываемую деталь, не затрагивающее бездефектных участков. Низкая энергетика процесса позволяет устранить дефекты и повреждения тонкостенных деталей, восстановление которых другими способами (например, наплавкой) невозможно.

Профессиональные установки для авторемонта имеют две модификации: «Димет-403» и «Димет-402», предназначенные для ручного и автоматического нанесения различных металлических покрытий при ремонте и восстановлении машин и механизмов в условиях авторемонтного предприятия. Установки применяются также для струйно-абразивной обработки поверхностей (очистки от загрязнений и активации перед нанесением покрытий). Для работы установок необходим сжатый воздух (давление 0,6... 1 МПа, расход 0,3... 0,4 м<sup>3</sup>/мин) и электросеть напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

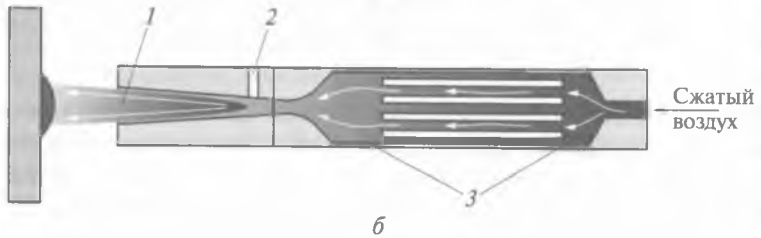
Чаще в условиях автосервисных предприятий применяется ручная установка «Димет-403», предназначенная для нанесения алюминиевых, цинковых, медных и никелевых покрытий, для выполнения широкого спектра ремонтных работ. Технические характеристики установки «Димет-403» (рис. 4.1, а) приведены в табл. 4.1.

Установка «Димет-403» имеет ряд особенностей:

стабилизация всех параметров установки при разбросе или колебаниях (180... 250 В) питающего напряжения сети;



*a*



*б*

Рис. 4.1. Установка для газодинамического напыления «Димет-403» (а) и схема работы ее напылителя (б):

1 — сверхзвуковое расширительное сопло; 2 — канал для подачи порошка; 3 — нагреватель

пять фиксированных температурных режимов работы напылителя, позволяющих наносить различные покрытия;  
 возможность дистанционного управлением процессом;  
 электромеханическое переключение порошковых питателей.

Схема работы напылителя установки «Димет-403» показана на рис. 14.1, б. Холодный сжатый воздух подается к нагревателю напылителя под давлением 0,6... 1 МПа, где разогревается до рабочей температуры 400... 600 °С и подается в сверхзвуковое расширительное сопло.

Подача порошка из питателя включается кнопкой. Порошок подается в сопло и разгоняется в нем до необходимой скорости 400... 700 м/с. Воздушно-порошковая струя направляется оператором на поверхность обрабатываемого изделия (на основу), где ускоренные частицы порошка образуют покрытие.

**Таблица 4.1. Основные технические характеристики установки «Димет-403»**

Параметр	Значение параметров
Габаритные размеры, мм:	
напылительного блока	450 × 64 × 85
монтажной стойки в сборе	560 × 260 × 490
Масса, кг:	
напылительного блока	1,3
монтажной стойки в сборе	16
Давление сжатого воздуха, МПа	0,6 ... 1,0
Расход сжатого воздуха, л/мин	400
Производительность (по массе наносимого покрытия на основе алюминия), г/мин (см <sup>3</sup> /мин)	1 ... 6 (0,3 ... 2)

Энергетическая мощность установки «Димет-403» примерно 2,3 кВт, поэтому для ее работы не нужна промышленная трехфазная сеть. По потреблению воздуха установка сравнима с окрасочным пистолетом.

Установка позволяет наносить покрытия из недорогих и недефицитных порошков дисперсностью менее 200 мкм с преимущественным содержанием частиц размером примерно 50 мкм.

При нанесении покрытия ремонтируемая деталь нагревается очень незначительно, поэтому размеры зерна и структура металла ремонтируемой детали практически не нарушается.

### **Экспериментальная часть работы:**

1. Ознакомиться с установкой «Димет-430» и полуоткрытой напылительной камерой\*.

2. Подготовить подлежащую ремонту головку блока цилиндров с механическими повреждениями к напылению (очистить ее от масел и загрязнений в специальных растворах).

\* К работе на описываемом оборудовании допускается обслуживающий персонал, имеющий право работы с электроинструментом и сжатым воздухом (квалификационная группа по технике безопасности не ниже 3-й), прошедший обучение правилам и приемам работы у поставщика оборудования.

3. Очищенное изделие установить в полуоткрытую напылительную камеру, оборудованную эффективной системой удаления воздуха и пыли из зоны напыления.

4. Нанести (с помощью обслуживающего персонала) покрытие на дефектный участок изделия.

5. Удалить на фрезерном станке избыток металла с обработанной поверхности.

6. Проверить качество восстановленных поверхностей; в случае сохранения дефектов провести дополнительное напыление металла на эти места с последующим фрезерованием.

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень используемого оборудования, материалов;
- описание технологии нанесения металлического покрытия способом газодинамического напыления;
- заключение о качестве нанесенного покрытия.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. За счет чего происходит формирование металлического покрытия при газодинамическом напылении?
2. В чем состоит технология газодинамического напыления?
3. Что представляет собой напыляемый порошок?
4. Как протекает процесс напыления?
5. Что представляют собой покрытия, получаемые способом газодинамического напыления?
6. От чего зависит адгезия напыленного слоя?
7. Каков диапазон значений адгезии напыленного слоя?
8. Каковы особенности технологии газодинамического напыления металла?
9. Какие свойства имеют полученные покрытия?
10. В каких областях автосервисного производства эффективно используется газодинамическое напыление?
11. Какое оборудование используется для газодинамического напыления и каковы его технологические возможности?
12. Каковы особенности установки «Димет-403»?
13. Каков принцип работы напылителя установки «Димет-403»?
14. Как должно быть оборудовано рабочее место для выполнения операции напыления?
15. Как удаляются излишки металла, полученные в результате напыления?

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ СТАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ

**Цель работы** — изучение теоретических основ электроконтактной приварки стальной ленты при восстановлении поверхностей валов; знакомство с типовым сварочным оборудованием; выработка навыков экспериментального определения режимов, электрических и механических показателей процесса.

**Необходимые материалы, оборудование, приборы:** вал диаметром 40 мм коробки переключения передач (КПП) грузового автомобиля; электроды (ролики) из медного сплава Мц-4, охлаждающая жидкость, металлическая лента толщиной 0,2 мм из стали 40Х, 40; 45 и 20; специальная сварочная установка ОКС-12296-ГОСНИТИ; прибор для контроля твердости приваренного слоя.

### Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть работы;
- подобрать необходимую справочную литературу для определения режимов процесса и его электрических и механических показателей;
- выбрать необходимое оборудование и по техническому паспорту ознакомиться с его работой; выбрать необходимые электроды (ролики); определить ориентировочные режимы процесса, его электрические и механические показатели;
- с помощью эталонных образцов выбрать частоту вращения вала; при постоянной скорости вращения определить оптимальную продолжительность сварочного цикла (6—7 сварных точек на 1 см длины шва); определить подачу электродов, обеспечивающую оптимальное перекрытие сварных точек;
- экспериментально подобрать оптимальное усилие сжатия электродов (по степени искрения в зоне контакта);

- определить количество охлаждающей жидкости, обеспечивающее эффективный отбор теплоты из зоны приварки;
- выполнить приварочные работы в соответствии с рассчитанными параметрами процесса, используя в качестве объекта ремонтного восстановления вал КПП грузового автомобиля;
- проверить качество приварки стальной ленты и измерить твердость приваренного слоя в зависимости от материала ленты;
- оформить отчет.

#### Особенности электроконтактной приварки стальной ленты

Этот способ можно использовать для восстановления поверхностей валов, гильз и корпусных деталей из стали и чугуна. Его функция состоит в точечной приварке ленты (проволоки) к поверхности детали в результате воздействия мощного импульса тока. В точке сварки происходит расплавление металла ленты и детали. Схема процесса показана на рис. 4.2. Восстанавливаемая деталь (вал) 2 устанавливается в центрах 1 или в патроне, а сварочная головка с роликами 4 перемещается на тележке. Стальная лента 3 плотно прижимается роликами посредством пневмоцилиндров. Ток подводится к роликам от трансформатора 5. Требуемая длительность цикла обеспечивается прерывателем тока 6.

Изношенную поверхность детали восстанавливают приваркой стальной ленты ко всей поверхности (или по винтовой линии) в процессе вращения детали. Скорость вращения детали пропорциональна частоте импульсов и величине продольного перемещения сварочной головки.

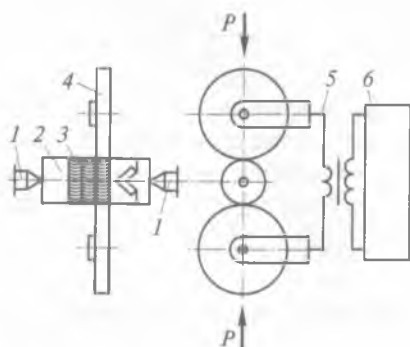


Рис. 4.2. Схема электроконтактной приварки стальной ленты:

1 — центры; 2 — восстанавливаемая деталь (вал); 3 — стальная лента; 4 — ролик; 5 — трансформатор; 6 — прерыватель тока; P — усилие прижатия роликов

**Таблица 4.2. Твердость восстановленного слоя в зависимости от материала привариваемой ленты**

Марка стали привариваемой ленты	Твердость восстановленного слоя HRC	Марка стали привариваемой ленты	Твердость восстановленного слоя HRC
40	40...45	20	30...35
45	45...50	55	50...55
40X	55...60	65X	60...65

К достоинствам способа электроконтактной приварки стальной ленты следует отнести следующие показатели:

высокая производительность обработки (в 2—3 раза превосходит производительность вибродуговой наплавки);

малое тепловое воздействие на деталь на глубину не более 0,3 мм;

небольшая глубина проплавления;

низкий расход присадочных материалов и значительное уменьшение припуска на механическую обработку;

возможность получения наплавленного металла с любыми свойствами;

благоприятные санитарно-производственные условия работы сварщика;

широкий диапазон диаметров восстанавливаемых деталей (20...200 мм) и толщины привариваемой ленты (0,15...1,50 мм).

Износостойкость и твердость восстановленного слоя, а также прочность сцепления ленты с деталью во многом зависят от марки стали привариваемой ленты (табл. 4.2). Наилучшие результаты достигаются при использовании ленты из хромистых и марганцовистых сталей.

**Оборудование для электроконтактной приварки стальной ленты.** В качестве оборудования для реализации процесса электроконтактной приварки ленты (провода) применяют специальные сварочные установки фирмы «Ремдеталь»: 011-1-02 и ОКС-12296-ГОСНИТИ — для восстановления шеек ступенчатых валов; 011-1-05 — для ремонта резьбовых участков валов малого диаметра; 011-1-06 — для восстановления внутренних поверхностей гильз цилиндров; 011-1-11 — для ремонта опор коренных подшипников блоков цилиндров.



Таблица 4.3. Режимы процесса приварки стальной ленты

Параметр режима	Показатели параметров режима для различных деталей	
	Корпусные	Валы
Сила сварочного тока, А	7,8 ... 8,0	16,1 ... 18,1
Продолжительность сварочного цикла, с	0,12 ... 0,16	0,04 ... 0,08
Длительность паузы, с	0,08 ... 0,10	0,10 ... 0,12
Скорость приварки, м/мин	0,5	0,7 ... 1,2
Величина подачи электродов, мм/об	Ручная	3 ... 4
Усилие сжатия электродов, кН	1,70 ... 2,25	1,9 ... 1,6
Ширина рабочей поверхности электродов, мм	8	4
Диаметр рабочей поверхности электродов, мм	50	150 ... 180
Материал ленты	Сталь 20	Сталь 40—50
Материал детали	Чугун	Сталь любая
Расход охлаждающей жидкости, л/мин	0,5 ... 1,0	1,5 ... 2,0

Особенностью конструкции установок является бесступенчатое регулирование частоты вращения и скорости подачи, обеспечиваемое тиристорными электроприводами постоянного тока.

Электроды (ролики) изготавливают из бронзовых сплавов (БрНБТ, ХКД-0,5-0,3, БрХ, БрЦр-0,6-0,05), медного сплава Мц-4, специальных медных сплавов и меди М1.

**Режимы и основные показатели процесса.** Ориентировочные режимы процесса приварки стальной ленты приведены в табл. 4.3. В целом режимы процесса регламентируются электрическими и механическими показателями.

К электрическим показателям относятся сила сварочного тока и продолжительность сварочного цикла. Малая сила тока не обеспечивает надежной приварки, а повышенная приводит к образованию на поверхности детали пор и трещин.

Механическими показателями являются частота вращения детали, величина подачи электродов, усилие сжатия электродов. Величина подачи электродов, частота вращения детали, продолжительность сварочного цикла выбирают исходя из условия, что необходимо получить 6—7 сварных точек на 1 см длины шва. Выбор осуществляют с помощью эталонных образцов при постоянной скорости их вращения. Величина подачи электрода обеспечивает перекрытие сварных точек: малое перекрытие ухудшает привариваемость ленты к основному металлу, а повышенное — увеличивает зону отпуска, снижая твердость приваренного слоя.

Недостаточное усилие сжатия электродов на поверхности ленты и детали приводит к эрозионному разрушению при сильном искрении в зоне контакта. Повышенное усилие сжатия электродов вызывает деформацию электродов и снижение их стойкости.

Роль охлаждающей жидкости — охлаждение роликов сварочной головки и эффективный отбор теплоты из зоны приварки.

Твердость восстановленной поверхности 55 HRC и выше.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованных материалов, оборудования;
- сводная таблица режимов процесса приварки ленты из сталей разных марок при восстановлении вала диаметром 40 мм;
- заключение по экспериментальной части работы (выбору и уточнению частоты вращения детали, определению оптимальной продолжительности сварочного цикла, величины подачи электродов);
- заключение о прочности приварки ленты из сталей разных марок и твердости приваренного слоя;
- общие выводы.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Какова цель лабораторной работы?
2. Какое оборудование используется для приварки стальной ленты?
3. В каких случаях может быть использован процесс электроконтактной сварки стальной ленты для восстановления деталей автомобиля?

4. В чем состоит сущность процесса приварки стальной ленты (проволоки)?
5. Какими способами приваривается стальная лента к изношенной поверхности?
6. Какие достоинства имеет процесс электроконтактной приварки стальной ленты?
7. От чего зависит износостойкость и твердость восстановленного слоя и прочность сцепления ленты с деталью?
8. Из каких материалов изготавливают электроды (ролики)?
9. Чем регламентируются режимы приварки стальной ленты?
10. Как подбирают частоту вращения детали, величину подачи электродов, продолжительность сварочного цикла, усилие сжатия электродов на поверхности ленты?

## Лабораторная работа № 16

### ПОДБОР ЦВЕТА С ПОМОЩЬЮ СВЕТОФОТОМЕТРА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМУЛЫ КРАСКИ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ КРАСКИ В СООТВЕТСТВИИ С ФОРМУЛОЙ

**Цель работы** — ознакомление с основными понятиями цвето-подбора и математического описания цвета; изучение принципа действия светوفотометра; приобретение навыков работы с оборудованием для подбора цвета и приготовления краски; ознакомление с существующими технологиями подбора цвета и приготовления краски.

**Необходимое оборудование, материалы:** комплект оборудования для подбора цвета и приготовления краски (миксер, электронные весы, каталог с образцами цветов машин всех марок, компьютер с базой данных по маркам автомобилей и номерам цветов, набор ручных тест-пластин для сравнения цветов непосредственно на поверхности машины); светوفотометр G-630 фирмы Sikkens (Нидерланды); образцы панелей кузова с лакокрасочными покрытиями различных типов и цветов.

#### Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть работы;
- ознакомиться с назначением и устройством оборудования для подбора цвета и приготовления краски;

- используя ручные тест-пластины, определить цвет тестируемой панели кузова автомобиля;
- используя светифотометр G-630, определить формулу искомой краски;
- подобрать краску в соответствии с определенной формулой и окрасить образец;
- оформить отчет.

**Основные принципы цветоподбора и математического описания цвета.** Для объективного описания цвета нужно знать три его основные характеристики: тон, насыщенность и яркость. Международной комиссией по освещению (МКО) в 1931 г. установлено трехмерное цветовое пространство XYZ, оси которого и составляют эти характеристики. Оно вмещало в себя все воспринимаемые человеческим глазом цвета. Графическое изображение совокупности координат цветности  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  на плоскости называют цветовым графиком, графиком цветности или цветовым треугольником. В 1976 г. МКО предложила и другую модель цветовых пространств (CIE Lab), состоящую из трехмерной системы координат: черно-белой оси яркости  $L$  (изменяется от 0 до 100), хроматической зелено-красной оси  $a$  и хроматической желто-синей оси  $b$ . Система  $Lab$  однозначно определяет цвет. Для объективной оценки цвета была введена величина цветового различия  $\Delta E$  — разность значений отдельных координат цвета двух сравниваемых объектов. Эта величина показывает, как сильно различаются два цвета. Информацию для определения, по каким параметрам они различаются, могут дать только разницы координат отдельных показателей цвета —  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  и  $\Delta L$ . Тогда полное цветовое различие  $\Delta E$  рассчитывается как длина прямой, соединяющей две точки в цветовом пространстве. Уравнение для определения  $\Delta E$  имеет вид

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}.$$

Данное уравнение — главный математический принцип, на котором построена работа светифотометра.

**Оборудование для подбора цвета и приготовления краски.** Комплект оборудования для подбора цвета и приготовления краски (рис. 4.3, а) обычно состоит из следующих установок и устройств:

размешивающая установка — миксер, с помощью которого базовые компоненты поддерживаются в рабочем состоянии (для сохранения однородности их нужно периодически перемешивать);

электронные весы (рис. 4.3, б), где с точностью до десятой доли грамма

можно отвешивать компоненты смеси для составления краски;

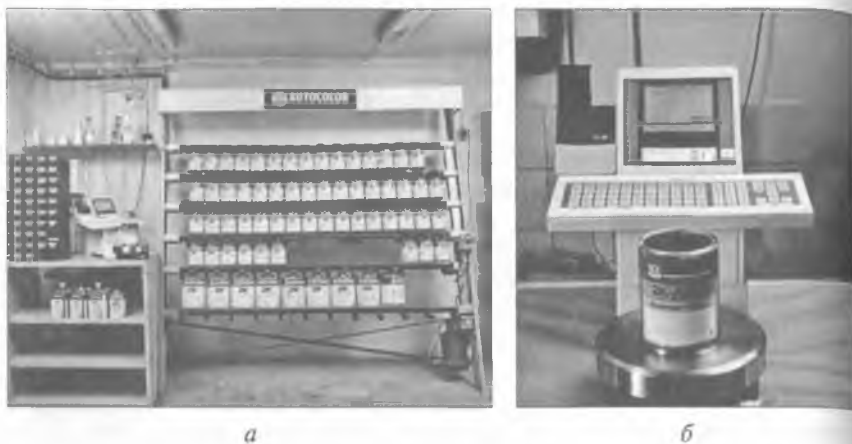


Рис. 4.3. Комплект оборудования для подбора цвета и приготовления краски (а) и электронные весы для точного взвешивания компонентов краски (б)

каталоги с образцами цветов машин всех марок;

компьютер с программой, содержащей огромную базу данных и позволяющей найти необходимую формулу по марке автомобиля и номеру цвета;

набор ручных тест-пластин для сравнения цветов непосредственно на поверхности машины (рис. 4.4, а);

светофотометр (рис. 4.4, б).

Набор ручных тест-пластин упакован в пылезащитные коробки и позволяет всегда держать все необходимое под рукой для постоянного контроля подбора цвета. Основные цвета нанесены на белые пластины и упакованы в белые коробки, дополнительные цвета нанесены на красные пластины и упакованы в красные коробки. Это помогает колористу быстро ориентироваться при подборе цвета, а при появлении новых красок просто добавлять пластины новых оттенков в соответствующую коробку.

При компьютерном подборе цвета светофотометр G-630 является основной частью всей системы. Он позволяет быстро снять спектр отражения краски с образца и перевести его в цифровые или буквенные коды. Поступившая в компьютер информация от светофотометра далее преобразуется в искомую формулу краски.

Светофотометр распознает цвет автомобиля следующим образом. Каждый пигмент имеет индивидуальный спектр отражения. Спектры всех пигментов накладываются друг на друга. Таким об-

разом, каждый окрашенный объект имеет собственный спектр, который является суперпозицией спектров пигментов, входящих в состав краски и дающих ей цвет. Эта суперпозиция не является простым арифметическим сложением спектральных кривых пигментов, поскольку пигменты взаимодействуют друг с другом (не химически, но спектрально).

Светофотометр измеряет спектр объекта (автомобиля). В памяти компьютера хранится обширная база данных вариантов цветов с их спектральными характеристиками. Измеренный спектр объекта сравнивается со спектрами, заложенными в базу данных, прибор находит точку максимального совпадения и выдает искомую формулу. Формула, выданная прибором, практически никогда не совпадает с формулой из базы данных для этого оттенка и кода — прибор всегда улучшает ее с учетом индивидуальных особенностей конкретного автомобиля. Программное обеспечение постоянно улучшается и дополняется, что повышает качество работы прибора.

В настоящее время фирмы многих стран серийно выпускают многочисленные модели светофотометров, которые можно разделить на три основных класса: сложные универсальные светофотометры для научных исследований; приборы среднего класса; простые переносные светофотометры, предусматривающие обычно несколько стандартных режимов, с простейшим управлением «пуск — стоп».

Все светофотометры содержат следующие основные элементы: источник света, оптические элементы (сфера, зеркало, линзы, световоды), устройство разложения отраженного от образца света на цвета спектра, фотоэлектрический приемник. Все элементы объе-



Рис. 4.4. Набор ручных тест-пластин (а) и светофотометр (б)

динены оптической схемой прибора, определяющей характер прохождения света от источника до приемника.

Оценка света по спектральным характеристикам всегда происходит в трехполярной системе: источник света — наблюдаемый объект — наблюдатель. При вычислении цветовых координат необходимо учитывать важное условие: стандартный наблюдатель и стандартное освещение. Чувствительность человеческого глаза к отдельным цветам спектра описывается трихроматическими координатами  $X, Y, Z$ .

Однолучевые нерегистрирующие светофотометры — обычно простые и относительно дешевые приборы для спектрального диапазона  $0,19 \dots 1,1$  мкм. Нужная длина волны в них устанавливается вручную; образец и эталон, относительно которого измеряется пропускание или отражение, последовательно вводятся в световой пучок. Отсчет считывается на экране светофотометра. Для увеличения производительности светофотометры оснащаются устройствами цифрпечати и автоматической подачи образцов.

**Технология подбора цвета и приготовления краски.** В настоящее время в мире существуют десятки различных технологий подбора цвета и приготовления краски, незначительно отличающиеся друг от друга. Суть всех сводится к тому, что, имея около сотни базовых компонентов и специальную рецептуру, можно составить любой цвет для автомобиля любой марки.

Наиболее простой способ подбора цвета основан на использовании ручных тест-пластин для сравнения цветов непосредственно на поверхности машины и последующего определения по каталогу (по номеру пластины) формулы краски. Пластины большого размера помогают определить необходимую формулу краски быстро и относительно точно.

Для старых, выгоревших или плохо перекрашенных автомобилей подбор цвета становится чрезвычайно сложной задачей даже для опытного колеровщика.

Наиболее простое решение этой задачи возможно при использовании системы подбора цвета с помощью светофотометра G-630. Эта система (см. рис. 4.3) состоит из компьютера с пакетом программ, электронных весов с табло для визуального контроля ввода информации по данному цвету и светофотометра для анализа образцов краски. Эта система позволяет найти необходимую формулу краски из 80 тыс. формул, содержащихся в базе данных, и значительно экономит время. Весы, связанные с компьютером, позволяют приготовить необходимое количество краски. Крайне важно, что при переливе того или иного базового пигмента система

обратит на это внимание оператора и позволит откорректировать формулу.

Система G-630 дает колеровщику уникальную возможность без использования цветовой документации определить формулу краски для автомобиля с неизвестным цветовым кодом краски или усовершенствовать формулу для автомобиля с известным цветовым кодом краски (в случае отклонения цвета от стандартного).

Важным элементом технологического процесса подбора цвета является этап подготовки объекта (поверхности кузова) к измерению светофотометром. Если поверхность грязная или поцарапанная, ее необходимо подготовить должным образом, поскольку в противном случае результат может значительно отличаться от искомого. Участок поверхности нужно отполировать специальной полиролью, чтобы добраться до краски истинного цвета, без трещин и царапин.

Измеряемая поверхность должна быть плоской или слегка выпуклой: на сильно искривленной поверхности сигнал будет уходить мимо анализатора и погрешность определения цвета несколько увеличится.

Возможно измерение на съемной детали или на целом автомобиле, поскольку прибор абсолютно портативен. Однако следует помнить, что основным анализирующим элементом является дифракционная решетка, которая в зависимости от температуры либо сжимается, либо расширяется, что может вносить погрешность в измерения. Поэтому существует температурный диапазон (17...28 °С), рекомендуемый для работы со светофотометром. Оптимальная температура для работы составляет 20...22 °С. При этом имеется в виду температура не только окружающего воздуха, но и измеряемого образца.

Светофотометр изготовлен с использованием высоких технологий. Несоблюдение инструкции (например, неаккуратность при выполнении какой-либо из обязательных процедур калибровки) ведет к ошибкам в измерениях.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованного оборудования, материалов, приборов;
- заключение по формуле краски, полученной с использованием тест-пластин для определения цвета тестируемой панели кузова;



- заключение по формуле краски, полученной с использованием светофотометра для определения цвета тестируемой панели кузова;
- заключение об уровне совпадения цвета после пробной окраски элемента тестируемой панели красками, полученными с использованием тест-пластин и светофотометра;
- общие выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Каковы цели лабораторной работы?
2. Каковы основные характеристики цвета?
3. Как выполняется математическое описание цвета?
4. Какая величина показывает, как сильно различаются два цвета?
5. Из чего состоит комплект оборудования для подбора цвета и приготовления краски?
6. Какие бывают классы светофотометров?
7. Какие основные элементы входят в состав всех светофотометров?
8. В чем состоит суть технологии подбора цвета и приготовления краски?
9. Как подготовить панель кузова для измерения светофотометром?

## Лабораторная работа № 17

---

### ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И РЕЖИМОВ МИКРОПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА

**Цель работы** — ознакомление с конструкцией и назначением плазматронов с особенностями их использования при сварке, резке и наплавке металла; освоение навыков ремонтного восстановления деталей автомобиля микроплазменной наплавкой металла (порошкового материала) и определения режимов технологического процесса.

**Необходимое оборудование, расходные материалы, объект обработки, контрольные устройства:** установка УПНС-304 для ручной плазменной наплавки металла на детали класса «круглые стержни»; изношенный первичный вал КПП автомобиля; хромборникелевый наплавляемый порошок ПГ-СР4; прибор для контроля твердости обработанной поверхности, штангенциркуль ШЦ-I.

## Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть лабораторной работы;
- ознакомиться по техническому паспорту с конструкцией и работой установки УПНС-304 для ручной плазменной наплавки металла;
- подготовить объект наплавки (изношенный первичный вал) для нанесения покрытия (очистить, обезжирить);
- выбрать оптимальные режимы плазменной наплавки металлического порошка ПГ-СР4;
- выполнить наплавку на одну из шеек вала в один слой;
- измерить высоту наплавленного слоя;
- измерить твердость обработанной поверхности вала;
- оформить отчет.

**Плазматроны для микроплазменной обработки металлов и неметаллических материалов.** Из множества сварочных работ на автосервисных предприятиях выполняется в основном сварка металлических листов небольшой толщины и наплавка покрытий на детали типа тел вращения при восстановительном ремонте. Для этих целей используются портативные и стационарные аппараты и установки для микроплазменной обработки металлов, которая является разновидностью плазменной сварки и применяется для обработки изделий толщиной 0,05... 2 мм из различных металлов и их сплавов. В комплект оборудования для микроплазменной обработки металлов входят источник питания, аппаратура контроля и регулирования расхода плазмообразующего и защитного газов, баллоны с газами, плазматрон и система водоохлаждения.

Плазматроны для микроплазменной обработки (сварки, наплавки и т. п.) по принципу работы аналогичны плазматронам для плазменной резки металлов, но несколько меньшие по размеру. Для обработки неметаллических деталей (из различных пластиков, диэлектрических материалов) применяют плазматроны косвенного действия, в которых сжатая дуга возбуждается и горит внутри сопла, выполняющего роль анода. Под действием струи плазмообразующего (рабочего) газа возникает тепловой факел, длина которого зависит от режима работы плазматрона и состава плазмообразующего газа. Мощность такого факела вполне достаточна для обработки неметаллических изделий. Возбуждение сварочной дуги как прямого, так и косвенного действия осуществляется дежурной

дугой, питаемой от источника тока. При зажигании основной дуги питание дежурной дуги в зависимости от требований технологического процесса сварки может быть выключено или оставлено, если необходимо обеспечить стабильность горения основной дуги.

Отечественные плазматроны отличаются от зарубежных конструкций, типом токоподвода, размером охлаждающего канала, устройством выводов. Плазматрон Об-1160А для микроплазменной сварки металлов (рис. 4.5) отличается от плазматрона для резки размерами и составом плазмообразующего газа. Электрод 2 плазматрона закреплен в корпусе 6 с помощью цанги 11. Корпус вставлен в верхний каркас 9, который через керамическую втулку 8 соединен с нижним каркасом 4. Наконечник 1, вставленный во внутреннюю часть сопла 3, соединен с нижним каркасом. Электрод зажимается в цанге с помощью гайки 10 и специальной втулки 7. Вся конструкция плазматрона помещена в изолирующий корпус 5, соединенный с соплом и закрываемый колпачком 12.

Технические характеристики плазматрона Об-1160А, а также портативных плазматронов «Алплаз-02М» и «Мультиплаз-2500» приведены в табл. 4.4.

Плазматроны предназначены для резки, сварки, пайки черных и цветных металлов (сталь, алюминий, медь, магний и их сплавы). Технология проведения сварочных работ с использованием портативных аппаратов «Алплаз-02М» и «Мультиплаз-2500» аналогична технологии с использованием обычных газовых сварочных аппаратов. При плазменной сварке или пайке применяются те же присадки, флюсы и припой, что и при обычной газовой сварке. Приборы обеспечивают качественное сварное соединение при сварке с присадочной проволокой или без нее (например, при сварке внахлестку).

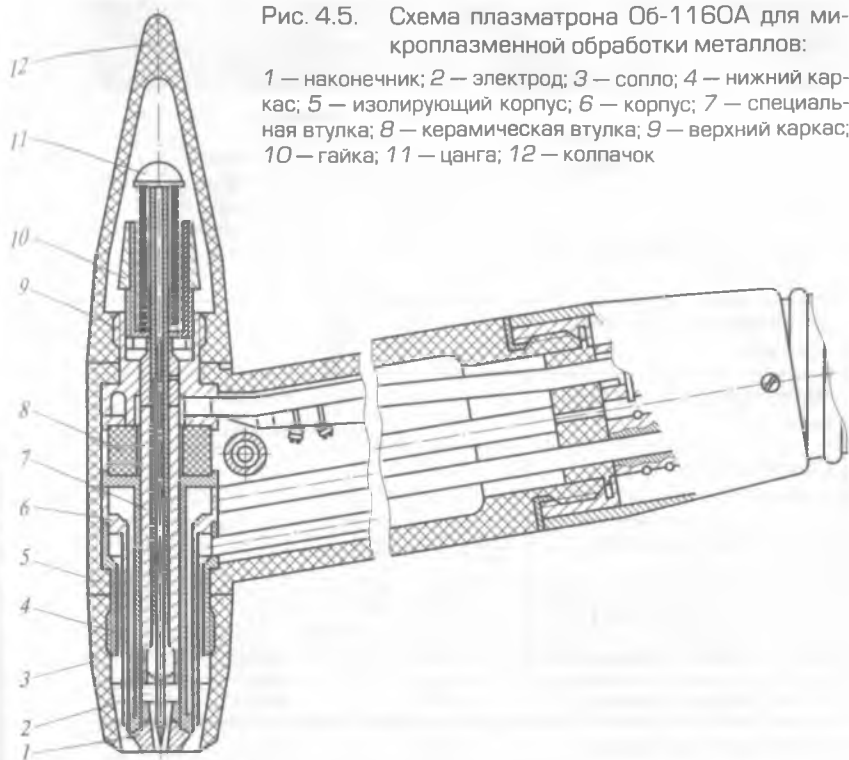
Плазматрон «Мультиплаз-2500» обеспечивает возможность проведения как газовой, так и электродуговой сварки. Его отличительной особенностью является то, что для получения высокотемпературного факела необходимы электричество и вода, а не газ.

На рис. 4.6 показано расположение основных узлов плазменной горелки в пластмассовом корпусе 3 с датчиком перегрева 6. Корпус состоит из двух половин, стянутых гайкой 11. Рабочая жидкость размещается в металлическом корпусе-бачке 5 с прокладкой 12 и заливается через верхнюю горловину, закрываемую пробкой 4. Кнопка 17 начального запуска горелки размещается в крышке 1 регулирования положения катода, закрепляемой на корпусе горелки, и упирающейся в ограничитель 2.

Подвижный катодный узел 16, на который через ножевой контакт 14 подается отрицательное напряжение от блока питания (че-

Рис. 4.5. Схема плазматрона Об-1160А для микроплазменной обработки металлов:

1 — наконечник; 2 — электрод; 3 — сопло; 4 — нижний каркас; 5 — изолирующий корпус; 6 — корпус; 7 — специальная втулка; 8 — керамическая втулка; 9 — верхний каркас; 10 — гайка; 11 — цанга; 12 — колпачок



рез клемму 15), состоит из катододержателя и ввинчиваемого в его переднюю часть сменного катода 10.

На сопло-анод 9, соединенное с корпусом-бачком 5 посредством колпачка 8, подается положительное напряжение от блока питания (через клемму 15).

Сопло-анод 9 и сменный катод 10 образуют разрядную камеру, внутри которой за счет энергии электрической дуги пары рабочей жидкости нагреваются до температуры образования плазмы.

Плазменная горелка выполнена в форме пистолета и присоединяется к блоку питания с помощью электрического кабеля 13. Блок питания с помощью сетевого кабеля подключается к однофазной электросети с напряжением 220 В и частотой 50 Гц через заземленную розетку типа ЕВРО.

Запуск плазменной горелки, предварительно заправленной рабочей жидкостью, осуществляется после кратковременного нажатия кнопки запуска. При нажатии кнопки подвижный катодный узел перемещается вперед и упирается наконечником-катодом в сопло-

Таблица 4.4. Технические характеристики плазматронов для микроплазменной обработки металлов

Параметр	Значение параметров для плазматронов		
	«Алплаз-02М» (портативный)	«Мультиплаз-2500» (портативный)	Об-1160А
Напряжение питающей сети, В	220 + 10 %		
Номинальная сила рабочего тока, А	—	—	33
Частота тока питающей сети, Гц	50...60		
Потребляемая мощность, Вт	1 300	2 500	—
Габаритные размеры блока питания, мм	210 × 200 × 70	325 × 170 × 115	108 × 130 × 50
Масса плазматрона, кг	0,7	0,7	0,5
Масса блока питания, кг	4,0	5,5	—
Температура пламени, °С	8 000	8 000	—
Максимальный расход рабочей жидкости (воды или смеси воды со спиртом), л/ч	0,2	0,25	—
Расход газа, л/мин:			
защитного	—	—	3...9
плазмообразующего	—	—	0,15...0,2

анод, т.е. электрическая цепь анод — катод замыкается накоротко. При отпускании кнопки катодный узел под действием возвратной пружины отходит от сопла-анода и в разрыве между катодом и внутренней поверхностью сопла-анода возникает электрическая дуга.

Тепловая энергия дуги через испаритель 7 превращает окружающую воду в водяной пар, который под давлением устремляется к выходному отверстию в сопле-аноде. Проходя через зону электрической дуги, пар отрывает ее от внутренней поверхности сопла, вытягивает дугу наружу и замыкает на внешнюю кромку сопла-анода. В узком сечении выходного отверстия пар обжимает электриче-

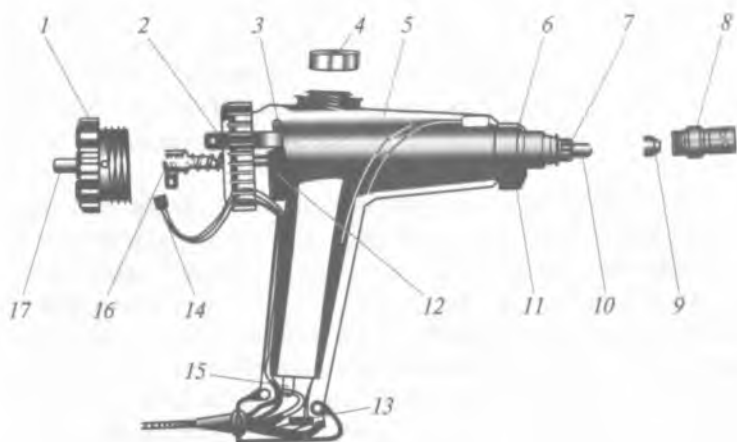


Рис. 4.6. Расположение основных узлов плазменной горелки:

1 — крышка регулирования положения катода; 2 — ограничитель крышки; 3 — пластмассовый корпус; 4 — пробка верхней горловины; 5 — металлический корпус-бачок; 6 — датчик перегрева; 7 — испаритель; 8 — колпачок; 9 — сопло-анод; 10 — сменный катод; 11 — гайка для стягивания корпуса; 12 — прокладка корпуса-бачка; 13 — соединительный электрический кабель; 14 — ножевой контакт; 15 — клемма подачи напряжения от блока питания; 16 — подвижный катодный узел; 17 — кнопка начального запуска горелки

скую дугу со всех сторон и центрирует ее, не давая замкнуться на боковые стенки выходного отверстия.

При взаимодействии с электрической дугой часть водяных паров переходит в так называемое четвертое агрегатное состояние — плазму, температура которой достигает 8 000 °С.

В качестве рабочей жидкости при резке можно использовать воду, а при сварке и пайке — 40%-ную смесь воды со спиртом.

С помощью плазматрона «Мультиплаз-2500» реализуются два режима работы: режим косвенной дуги (когда электрическая дуга замыкается на сопло-анод) и режим прямой дуги (когда электрическая дуга под действием дополнительного напряжения отрывается от сопла-анода и замыкается на обрабатываемый металл).

Два режима работы плазматрона позволяют выполнять два вида работ: резку металлов и сварку. Второй режим включается посредством потенциометра, при этом загорается соответствующий светодиод.

**Установки для плазменной наплавки покрытий на детали типа тел вращения.** Завод «Электрик» выпускает установки для ручной (установка УПНС-304) и механизированной (установка УПВ-301)

плазменной наплавки покрытий на детали типа тел вращения при их восстановительном ремонте. Ручная плазменная наплавка на установке УПНС-304 выполняется при постоянном токе 4...80 А в непрерывном и импульсном режиме работы и обеспечивает получение покрытий с заданными свойствами при минимальной толщине наплавки.

Установка УПВ-301 обеспечивает скоростную механизированную плазменную наплавку в непрерывном и импульсном режиме работы и обеспечивает малые деформации обрабатываемых деталей и малые припуски на последующую механическую обработку.

Обе описанные установки стационарного типа, массой 400 кг; габаритные размеры блока питания 800×700×900 мм, блока управления 600×380×600 мм. В качестве плазмообразующего и защитного газа в них используется аргон. Охлаждение плазматронов водяное.

Продолжительность включений (ПВ) зависит от номинальной силы тока и составляет 60 % при 315 А, 100 % при 250 А. Напряжение питания от трехфазной сети — 380 В. Технические характеристики установок УПНС-304 и УПВ-301 приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Технические характеристики установок для плазменной наплавки покрытий на детали типа тел вращения

Показатель	УПНС-304	УПВ-301
Тип сварки	Ручная	Механизированная
Потребляемая мощность, кВт	25	
Назначение	Сварка-наплавка	Наплавка
Регулирование величины рабочего тока в пределах, А	20...160	20...315
Толщина наплавляемого слоя за один проход, мм	1...4	0,2...2,0
Производительность наплавки	3 кг/ч	100 см <sup>2</sup> /мин
Материал электрода	Вольфрам	
Длина шланга, м	4,5	
Максимальный расход газа, л/ч	1 250	
Расход охлаждающей воды, л/ч	200	

Таблица 4.6 Режимы плазменной наплавки порошковыми материалами

Марка наплавляемого порошка	Режим наплавки					Параметры наплавляемого слоя		
	Число слоев и номер слоя	Сила сварочного тока, А	Скорость подачи порошка, м/ч	Расход порошка, кг/ч	Высота (максимальная), мм	Толщина, мм	Твердость HRC	
ПГ-СР4	Один	120	6	3,2	2,7...3,0	4,0...4,2	50...52	
ПГ-СР4	Один	145	6	3,2	2,9...3,3	4,3...4,7	41...42	
ПГ-СР4	Один	100	6	3,2	4,6...4,6	4,3...4,7	57...58	
ПГ-СР4	Один	145	11	3,2	1,7...1,9	0,5...2,3	44...49	
ПГ-СР4	Один	120	11	3,2	2,4...2,5	0,5...0,6	56...58	
ПГ-СР4	Один	100	11	3,2	2,4...2,9	0,5...0,6	58...61	
ПГ-СР4	Один	100	6	3,2	4,2...4,6	0,5	56...57	
ПГ-СР4	Один	120	6	3,2	7,0...7,2	1,6...3,2	48...52	
ПГ-СР4	Первый	100	6	3,2	7,1...7,2	0,4...0,5	57...60	
ПГ-СР4	Второй	100	6	3,2				
ПГ-СР4	Первый	145	11	3,2	5,0...5,7	0,5...2,1	48...50	
ПГ-СР4	Второй	100	6	3,2				
ПГ-СР2	Первый	100	6	2,7	5,3...6,0	0,5...1,0	57...59	
ПГ-СР4	Второй	100	6	3,2				
ПГ-СР2	Первый	120	11	2,4	5,5...5,5	0,5...1,5	55...56	
ПГ-СР4	Второй	100	6	3,2				
ПГ-С	Первый	100	6	2,7	6,0...6,0	1,0...1,3	48...51	
ПГ-СР4	Второй	100	6	3,2				



В ремонтной практике для получения износостойких покрытий применяют наиболее простой способ наплавки — по заранее насыпанному на наплавляемую поверхность порошку. Обычно используют хромборникелевые порошки СНГН и ПГ-ХН80СР4, твердосплавные порошки на железной основе ФБХ-2, КБХ, УС-25, а также различные смеси порошков.

**Оптимальные режимы плазменной наплавки порошковыми материалами.** Режимы плазменной наплавки порошковых материалов многовариантны и определяются маркой наплавляемого порошка, числом наплавляемых слоев, скоростью подачи порошка и его расходом.

В зависимости от заданной твердости поверхности восстанавливаемой детали и параметров наплавляемого слоя (его высоты и толщины) выбирают соответствующий номер режима обработки и значения его параметров (табл. 4.6).

### **Экспериментальная часть работы:**

1. Для наплавляемого порошка ПГ-СР4 выбрать режимы наплавки, обеспечивающие твердость наплавленного слоя 57... 58 НRC.

2. В соответствии с выбранными режимами наплавки обработать одну из шеек изношенного первичного вала.

3. Наплавку (пп. 1 и 2) повторить на других шейках вала, выбирая режимы, обеспечивающие твердость наплавленного слоя 50... 52 и 41... 42 НRC.

4. Замерить высоту наплавленного слоя для каждого случая с помощью штангенциркуля.

5. Данные эксперимента свести в таблицу.

6. Замерить фактическую твердость на каждой восстановленной шейке вала и сравнить полученные значения со значениями, приведенными в табл. 4.6.

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- материалы и оборудование, использованные при выполнении работы;
- таблица экспериментальных значений режимов наплавки порошкового материала;
- заключение о степени соответствия экспериментальных данных значениям твердости наплавленного слоя данным, приведенным в теоретической части работы;
- общие выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Каково целевое назначение плазматронов?
2. Какие существуют аппараты и установки для микроплазменной обработки металлов?
3. Какие плазматроны применяют для обработки деталей из пластиков и диэлектрических материалов?
4. Как осуществляется возбуждение сварочной дуги прямого и косвенного действия?
5. Что входит в комплект оборудования для микроплазменной обработки металлов?
6. Чем отличается плазматрон для микроплазменной сварки от плазматрона для резки металла?
7. Какие установки применяются для микроплазменной наплавки покрытий на детали типа тел вращения?
8. Какой способ наплавки обычно применяют на практике для получения износостойких покрытий?
9. Какие порошки используют для микроплазменной наплавки?
10. Исходя из чего выбирают режимы микроплазменной наплавки?
11. Какие параметры режимов микроплазменной наплавки влияют на твердость наплавленного слоя металла?

## Лабораторная работа № 18

---

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ЗЕРНИСТОСТИ И СОСТАВА ПОРОШКА

**Цель работы** — ознакомление с оборудованием для лазерной наплавки деталей автомобилей; определение технологических параметров процесса и характеристик наплавленного слоя.

**Необходимое оборудование, расходные материалы, контрольные приборы:** лазерный технологический модуль 01.03.178 фирмы «Ремдеталь»; порошковый материал для наплавки (различные фракции зерен определенных размеров), образцы автомобильных деталей, требующих ремонтного восстановления (клапан двигателя, распределительные валы и кулачковые валы); прибор для контроля микротвердости наплавленного слоя, штангенциркуль ШЦ-I.

## Порядок выполнения работы:

- подробно изучить теоретическую часть работы;
- ознакомиться по техническому паспорту с устройством и работой лазерного технологического модуля 01.03.178;
- подготовить объект наплавки для нанесения покрытия (очистить от грязи, обезжирить);
- выбрать оптимальные технологические параметры процесса;
- выполнить наплавку на поверхности нескольких экспериментальных образцов;
- измерить толщину наплавленного слоя;
- измерить микротвердость наплавленного слоя;
- оформить отчет.

**Особенности лазерной наплавки порошковых материалов.** В ремонтной практике способом лазерной наплавки восстанавливаются тарелки клапанов, кулачки распределительных и кулачковых валов и некоторые другие детали.

Лазерная наплавка представляет собой способ получения покрытий с заданными физико-механическими свойствами путем нанесения на восстанавливаемую поверхность наплавочного материала (порошка, фольги, проволоки) с последующим оплавлением его лазерным лучом. При использовании порошковых материалов энергозатраты наименьшие.

Порошки могут подаваться на поверхность детали разными способами: непосредственно в зону лазерного луча (с помощью дозатора), после предварительной обмазки поверхности клеящим составом с последующей обсыпкой порошком в виде коллоидного раствора (смеси порошка и раствора целлюлозы). Для первого способа характерен увеличенный расход порошка (в 5—7 раз) и более низкие физико-механические свойства покрытия.

Технологические параметры процесса и наплавленного слоя. С увеличением толщины слоя обмазки клеящим составом повышается КПД процесса. При этом увеличивается и поглощение излучения. Одновременно повышается твердость нанесенного слоя, которую путем подбора материала и скорости наплавки можно регулировать в пределах 35...65 HRC.

При наплавке порошковых материалов следует учитывать зернистость порошка, поскольку увеличение размера его частиц обуславливает повышение твердости и износостойкости покрытия.

Рациональной является смесь различных фракций порошка: частиц размером 40...100 мкм — 10 %, размером 100...280 мкм — 80 %, размером 280 мкм и крупнее — 10 %.

Технологические параметры лазерной наплавки приведены в табл. 4.7.

Скорость перемещения лазерного луча, толщина наплавляемого слоя, перекрытия валиков в значительной степени определяют качество покрытия. Обычно оно характеризуется следующими параметрами: толщина слоя наплавки за один проход — до 0,8 мм, толщина дефектного слоя — не более 0,1 мм, прочность сцепления — до 35 кг/мм<sup>2</sup>; потери наплавляемого материала — не более 1 %; глубина зоны термического влияния — не более 1 мм; толщина нанесенного слоя — 40...50 мкм.

В составе установок для лазерной наплавки функционируют серийные лазеры ЛГН-702 «Кардамон», ЛГ1-2, «Иглай», «Комета», «Катунь», «Латус-31», «Юпитер 1.0» и лазерные технологические модули производства фирмы «Ремдеталь»: 01.03.178 и 01.12.376.

### Экспериментальная часть работы:

1. Эксперимент проводится на порошках ПН73ХСЗР3 и ПГФБХ-6-2 с различной зернистостью.
2. Образцы очистить от грязи и обезжирить.
3. Выполнить наплавку на технологическом модуле 01.03.178.
4. Подобрать режимы наплавки для каждого порошка с учетом зернистости.
5. Порошки наносить на восстанавливаемую деталь после предварительной обмазки ее клеящим составом.
6. Исходные данные по условиям проведения эксперимента занести в сводную таблицу (по типу табл. 4.7).

Таблица 4.7. Технологические параметры лазерной наплавки в зависимости от зернистости и марки порошка

Марка порошка	Зернистость	Скорость наплавки, см/мин	Микротвердость, 10 <sup>3</sup> МПа	Предел прочности сцепления с основой, МПа
ПН73ХСЗР3	200...300	38	7,5	250
		28	6,5	
		21	5,5	

Марка порошка	Зернистость	Скорость наплавки, см/мин	Микротвердость, $10^3$ МПа	Предел прочности сцепления с основой, МПа		
ПН73ХСЗР3	200...300	13	4,5	250		
		100...200	38		6,5	
			28		6,0	
			21		5,5	
			13		3,5	
	60...100	38	3,2			
		28	2,9			
		21	2,5			
		13	2,4			
	ПГФБХ-6-2	100...200	15...38		8,0...10,0	350
		200...400	15...35		8,5...11,0	
		400...600	15...30		9,0...11,5	

7. За один проход наплавить слой металла до 0,5 мм.

8. Замерить толщину наплавленного слоя штангенциркулем.

9. Замерить микротвердость поверхностного слоя на каждом наплавленном образце.

10. Сравнить фактические значения микротвердости со значениями, приведенными в табл. 4.7.

### Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- расходные материалы, оборудование и образцы деталей, использованные при выполнении работы;
- таблица экспериментальных значений режимов наплавки порошкового материала;
- заключение о степени соответствия экспериментальных данных значениям микротвердости наплавленного слоя, приведенным в теоретической части работы;
- общие выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. На каком оборудовании выполняется лазерная наплавка?
2. В чем заключается способ нанесения износостойкого покрытия с помощью лазера?
3. Каким образом порошки могут подаваться на поверхность восстанавливаемой детали?
4. Какие детали автомобиля можно восстанавливать способом лазерной наплавки?
5. Как влияет толщина слоя обмазки на КПД процесса и изменение твердости нанесенного слоя?
6. Как влияет зернистость порошка на физико-механические свойства наплавленного слоя?
7. Какими параметрами обычно характеризуется качество покрытия?
8. Каких значений может достигать толщина наплавленного слоя при лазерной наплавке?
9. Какие лазеры используются в технологических установках для наплавки покрытий при восстановлении деталей автомобиля?

## Лабораторная работа № 19

---

### КОРРЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ МЕТАЛЛА НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ

**Цель работы** — ознакомление с технологией плазменного напыления автомобильных деталей, соответствующим оборудованием и оснасткой; изучение особенностей протекания процесса и факторов, определяющих конечное качество наносимого покрытия; опытно-экспериментальное корректирование режимов напыления на образцах.

**Необходимое оборудование, расходные материалы, контрольные приборы:** камера плазменного напыления (установленная на токарном станке), плазматрон, установка для дробеструйной обработки образцов; металлический порошок ПН85Ю15, чугунная дробь Д4К, образцы деталей (валики диаметром 20 мм); штангенциркуль ШЦ-I.

#### Порядок выполнения работы:

- сформулировать цели и задачи эксперимента;
- подробно изучить теоретическую часть работы;

- по техническому паспорту и инструкции ознакомиться с конструкцией и принципом работы экспериментальной установки, а также с правилами техники безопасности при работе на ней;
- выполнить экспериментальную часть лабораторной работы в соответствии с пп. 1—5 (см. с. 141);
- составить отчет.

**Плазменное напыление металла при восстановлении автомобильных деталей.** Плазменное напыление как один из наиболее прогрессивных способов ремонта изношенных деталей обеспечивает ресурс работы восстановленных деталей на уровне новых и вдвое повышает срок службы деталей, работающих в условиях жидкостного трения.

Суть процесса состоит в напылении струей сжатого газа предварительно расплавленного металла на специально подготовленную поверхность детали.

Плазменное напыление характеризуется одновременным воздействием на расплавленный металл высокотемпературного источника теплоты и кинетической энергии газовой струи. Частицы металлического порошка, разогретые до температуры плавления, достигают поверхности детали в пластифицированном состоянии и при соударении с ней деформируются, вклиниваясь в ее неровности. Соединение металлических частиц между собой и одновременно с поверхностью происходит за счет механических и молекулярных связей, в результате чего образуется износостойкое покрытие.

Плазменная струя возникает при нагреве плазмообразующего газа в электрической дуге, горящей между катодом и анодом плазменной горелки.

В качестве плазмообразующего газа при плазменном напылении автомобильных деталей обычно используют аргон, азот либо смесь этих газов.

Температура азотной плазмы ниже, чем аргонной, но теплосодержание ее выше. Это обстоятельство, а также низкая стоимость азота обусловили его доминирующее применение в качестве плазмообразующего газа. Однако сопла плазматрона вследствие более высокого напряжения на дуге быстро выходят из строя, поэтому при восстановлении деталей чаще всего используют смесь этих газов (примерно 60 % аргона и 40 % азота).

Практика показывает, что процесс плазменного напыления дает наилучшие результаты при обработке деталей класса «круглые

стержни». Особенно эффективен он при восстановлении деталей, работающих в условиях жидкостного трения.

Плазменное напыление не рекомендуется использовать при восстановлении изношенных зубьев зубчатых колес, седел клапанных гнезд в головках и блоках цилиндров, а также деталей, испытывающих во время работы значительные ударные нагрузки.

**Оборудование для плазменного напыления металла.** Промышленностью выпускаются плазменные установки нескольких типов, в комплект которых входят плазматрон, бункер-питатель для дозированной подачи в плазматрон порошковых материалов, система водяного и газового снабжения.

Одним из основных элементов аппаратуры для плазменного напыления является плазматрон, мощность которого зависит от размеров межэлектродного пространства и от рода плазмообразующего газа.

Самый нагруженный элемент плазматрона — сопло, которое формирует геометрические и энергетические параметры плазменной струи. Оно подвергается наибольшему износу, поэтому должно быть сменным. Срок службы сопла зависит от режима работы плазматрона, вида плазмообразующего газа и системы охлаждения. Конструктивно различные плазматроны отличаются друг от друга системой охлаждения соплового узла и местом ввода порошка в плазменную струю.

Схема наиболее простого плазматрона для напыления порошковых материалов показана на рис. 4.7.

Достоинством данного плазматрона являются простота изготовления, возможность быстрой замены сопла и вольфрамового электрода.

Регулировочный сердечник позволяет по мере изнашивания (выгорания) электрода поддерживать нужное расстояние между ним и соплом. В плазматроне предусмотрено интенсивное охлаждение соплового узла, что позволило увеличить срок его службы.

Важным элементом аппаратуры, от которого зависит стабильность плазменного напыления, является порошковый питатель (дозатор). Наибольшую стабильность подачи металлических порошков обеспечивают питатели с механическим дозированием, в которых в качестве дозаторов применяются инжекторы, вертикальные и горизонтальные барабаны, шнеки. Для улучшения сыпучести порошка и предотвращения его зависания в бункере используются электромагнитные вибраторы.

Кроме основного оборудования в состав плазменной установки входит технологическая оснастка: аппарат для дробеструйной об-



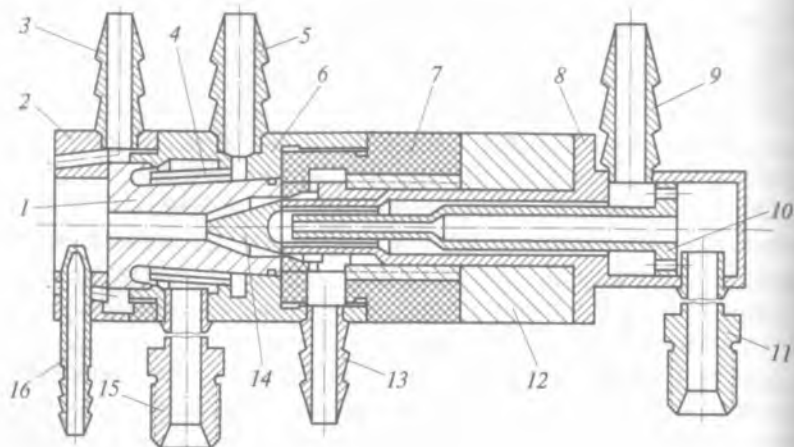


Рис. 4.7. Схема плазматрона для напыления порошковых материалов: 1 — сопло; 2 — насадка; 3, 13 — штуцеры для ввода плазмообразующего газа; 4 — втулка; 5, 9 — штуцеры для подвода охлаждающей воды; 6 — корпус анода; 7 — изолятор; 8 — регулировочный сердечник; 10 — трубка; 11, 15 — штуцеры для отвода охлаждающей воды; 12 — корпус катода; 14 — вольфрамовый электрод; 16 — штуцер для ввода порошка в плазменную струю

работки деталей, рабочий шкаф, баллоны с рабочими газами, сеть подвода охлаждающей воды и сжатого воздуха, прибор для разделения порошков на фракции, термошкаф и печь для сушки порошковых материалов.

Поскольку при плазменном напылении выделяется большое количество теплоты, образуются оксиды азота, озон и аэрозоли напыляемых металлов, то для обеспечения безопасности труда напыление должно производиться в вытяжном шкафу или специальной камере (рис. 4.8). Портативная камера плазменного напыления устанавливается на токарном станке 9 таким образом, чтобы при напылении патрон 1 для вращения напыляемой детали 2 и задняя бабка 10 находились внутри камеры. Для этого в ее боковых стенках прорезаны проемы. Чтобы исключить попадание на суппорт 11 металлического порошка, низ камеры обшит железным листом. Для защиты оператора от инфракрасных и ультрафиолетовых излучений лицевая (рабочая) сторона камеры снабжена подвижной шторкой 4, в которой для наблюдения за процессом прорезано смотровое окно 5 с цветными стеклами, аналогичными применяемым в масках электросварщиков. Легкость перемещения шторки 4 на на-

направляющих планках 7 обеспечивается противовесами 8. Плазматрон 3 закрепляется на суппорте 11 станка посредством регулировочной планки 12 и с помощью включенного самохода равномерно перемещается относительно напыляемой поверхности. Регулировочная планка 12 позволяет устанавливать нужное расстояние между соплом и деталью. Порошковый питатель 6 установлен на специальном кронштейне.

**Факторы, определяющие качество напыленного покрытия.**

При восстановлении стальных автомобильных деталей чаще всего применяется металлический порошок ПН85Ю15. Покрытие, нанесенное этим порошком, отличается высокой износостойкостью, хорошей сцепляемостью с поверхностью основы, удовлетворительно обрабатывается шлифованием. Температура плавления порошка ПН85Ю15 примерно 1 400 °С.

Механические свойства покрытия при плазменном напылении во многом зависят от размера частиц порошка и его гранулометрического состава. Крупные частицы недостаточно прогреваются, вследствие чего не возникает прочной их связи с основой или они отскакивают от нее при соударении. Слишком мелкие частицы не обладают достаточной энергией для образования прочной связи с основой. Кроме того, мелкие частицы успевают охладиться, пре-

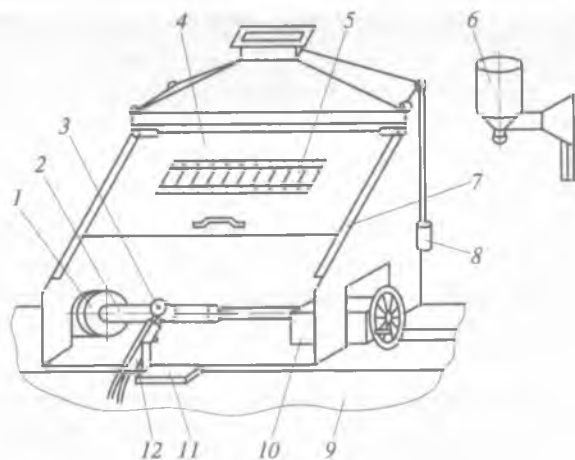


Рис. 4.8. Схема портативной камеры плазменного напыления:

- 1 — патрон станка; 2 — напыляемая деталь; 3 — плазматрон; 4 — подвижная защитная шторка; 5 — смотровое окно; 6 — порошковый питатель; 7 — направляющие планки; 8 — противовесы; 9 — токарный станок; 10 — задняя бабка; 11 — суппорт; 12 — регулировочная планка

жде чем достигнут поверхности. Поэтому перед напылением порошки необходимо просеять. Для восстановления автомобильных деталей лучше всего использовать порошки из частиц размером 60... 100 мкм.

Порошки интенсивно поглощают влагу, поэтому перед применением их необходимо просушить в электропечи при температуре 120... 150 °С в течение 1... 2 ч.

**Параметры режимов плазменного напыления и их регулирование.** При определении параметров режима плазменного напыления необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- увеличение дистанции напыления по сравнению с оптимальной вызывает увеличение пористости покрытия и снижение его механической прочности;
- способ и качество подготовки поверхности детали к напылению заметно влияют на прочность сцепления покрытия с основой;
- прочность сцепления покрытия с основой снижается при увеличении дистанции напыления (свыше 120 мм), когда температура и скорость металлических частиц снижаются;
- увеличение напряжения и силы тока приводит к перегреву наносимого покрытия и укрупнению частиц порошка, что также снижает прочность сцепления покрытия с основой;
- во избежание возрастания внутренних напряжений, стремящихся оторвать покрытие от поверхности детали не рекомендуется наносить слишком толстый слой покрытия;
- для получения покрытий с минимальным припуском на обработку и предотвращения перегрева детали напыление до заданной толщины следует выполнять в несколько проходов при толщине каждого напыленного слоя не более 0,15 мм;
- для предотвращения перегрева и окисления металла при нанесении покрытий на поверхность детали значительной площади во время напыления ее охлаждают сжатым воздухом (от сети или от компрессора).

Диапазоны регулирования параметров режима плазменного напыления стальных деталей диаметром 10... 40 мм, установленные практикой, приведены в табл. 4.8.

## Экспериментальная часть работы:

1. Стальные образцы (валики диаметром 20 мм) подвергнуть дробеструйной обработке для создания шероховатой поверхности (использовать чугунную дробь Д4К, расстояние между соплом пистолета и обрабатываемой поверхностью выдержать в пределах 20...60 мм, угол наклона пистолета по отношению к детали — 40...45°).

2. На экспериментальной установке для плазменного напыления задать ориентировочные параметры режимов напыления в соответствии с рекомендуемыми (см. табл. 4.8).

3. Нанести один слой покрытия на образцы исходя из времени обработки 1...2 мин.

4. Замерить толщину покрытия штангенциркулем.

5. Нанести повторный слой покрытия и установить примерную зависимость времени нанесения покрытия от его толщины.

6. В зависимости от качества получаемого покрытия изменить в ту или другую сторону параметры режима напыления (напряжение дуги, силу рабочего тока, дистанцию напыления, частоту вращения детали, скорость перемещения плазматрона) и отметить изменения качества покрытия.

7. Исходные данные и результаты занести в сводную таблицу.

8. Проанализировать результаты и сформулировать выводы.

Таблица 4.8. Диапазоны регулирования параметров режима плазменного напыления стальных деталей

Параметр	Диапазоны регулирования параметров
Напряжение дуги, В	35...50
Сила рабочего тока, А	200...350
Расход газа, л/мин:	
плазмообразующего	20...30
транспортирующего	5...10
Дистанция напыления, мм	60...120
Частота вращения детали, об/мин	40...100
Скорость перемещения плазматрона, мм/об	3,5...5,0

## Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованных расходных материалов и оборудования;
- условия проведения эксперимента;
- сводная таблица результатов эксперимента;
- заключение о влиянии отдельных параметров режимов напыления на качество полученного слоя;
- общие выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какое оборудование используется для плазменного напыления автомобильных деталей?
2. В чем состоит суть плазменного напыления детали?
3. Какой газ обычно используют в качестве плазмообразующего?
4. Какова область рационального применения процесса?
5. От чего зависит мощность плазматрона?
6. Какие питатели лучше обеспечивают стабильность подачи металлических порошков?
7. Какое оборудование входит в состав установки для восстановления деталей плазменным напылением?
8. Каковы особенности портативной камеры напыления?
9. Какие материалы используются для плазменного напыления стальных автомобильных деталей?
10. Каковы основные особенности процесса плазменного напыления?
11. Каковы оптимальные диапазоны параметров режима плазменного напыления стальных деталей, установленные практикой?

## Лабораторная работа № 20

---

### ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

*Цель работы* — изучение технологических возможностей холодной молекулярной сварки при ремонте и восстановлении корпусных деталей автомобиля; отработка технологии заделки пробоин корпусных деталей; ознакомление с составом и свойствами

современных композитов типа «холодная сварка»; экспериментальная проверка предложенной технологии на конкретной детали.

**Необходимые расходные материалы, объект ремонта, инструмент:** композиционный материал универсального назначения Реком-Б; корпусная деталь автомобиля (блок цилиндров, картер КПП, картер сцепления); шпатель для формирования конфигурации шва, ручная дрель с набором шарошек.

### Порядок выполнения работы:

- сформулировать цели и задачи работы;
- подробно изучить теоретическую часть работы;
- подобрать необходимый инструмент, расходные материалы и объект ремонта;
- разработать последовательность технологических операций при заделке пробоины корпусной детали;
- выполнить предложенные технологические операции на конкретной корпусной детали;
- проверить качество выполненного ремонта;
- оформить отчет.

**Особенности холодной молекулярной сварки.** Расходными материалами для холодной молекулярной сварки служат ремонтные композиционные материалы (реком).

Для формирования сварного шва используют пастообразную смесь, приготовленную в заводских условиях из композитов реком, поставляемых в комплекте из двух упаковок. В процессе взаимодействия компонентов формируется микрогетерофазная структура реком, состоящая из полимерной матрицы и дискретного наполнителя.

Полимерная матрица обеспечивает адгезию реком к ремонтируемой поверхности, т. е. является клеевой основой материала. Большинство реком обладают хорошей адгезией практически ко всем металлическим и неметаллическим машиностроительным материалам конструкционного и функционального назначения.

Наличие наполнителя придает реком новые свойства, обуславливающие технологические преимущества этого способа перед клеевыми и термическими (традиционная сварка, пайка, наплавка) способами соединения материала при ремонтно-восстановительных работах. К основным достоинствам данной технологии можно отнести следующие:

не требует нагрева (характерного при формировании традиционных сварных и большинства клеевых соединений), давления на сопрягаемые детали (обязательного условия при использовании большинства клеев) и создания защитной среды (как при термических способах восстановления деталей). По этим причинам сварка осуществляется без использования какого-либо технологического оборудования. Основной рабочий инструмент — шпатель для формирования шва. Это позволяет выполнять восстановительные работы в непригодных специально для ремонта помещениях (в том числе пожаро- и взрывоопасных) и даже в полевых условиях;

исключает (из-за отсутствия нагрева) вероятность возникновения термических напряжений и деформирования детали. При термических же способах ремонта трудно избежать данного дефекта, а его устранение сопряжено с дополнительными трудностями;

не нарушает заданный термической обработкой уровень физико-механических свойств восстанавливаемой детали, что исключает необходимость дополнительной термической обработки восстановленных деталей, обязательной после основной термической обработки;

позволяет соединять детали (в том числе криволинейными поверхностями) без геометрической подгонки, поскольку оптимальная толщина сварного шва составляет 0,5...1,0 мм (в отличие от необходимого минимального расстояния между сопрягаемыми деталями в случае клеевого соединения);

позволяет заполнять выработку деталей машин и оборудования глубиной 10 мм и более;

позволяет изготавливать детали методами литья и пластического деформирования (на определенной стадии его отверждения) или путем механической обработки отвержденного реком;

реком обладает объемными свойствами, какими не обладают клеи на уровне силуминов;

не требует высокой квалификации исполнителя, что позволяет выполнять текущий ремонт машины и оборудования силами линейного персонала без привлечения высококвалифицированных специалистов ремонтной службы.

Стоимость ремонта корпусной детали автомобиля способом холодной молекулярной сварки в 5 раз ниже стоимости ремонта традиционными методами.

**Области рационального применения холодной молекулярной сварки.** Данный способ достаточно широко применяется для ремонта и восстановления изношенных деталей автотранспортной техники. Виды ремонтных работ и номенклатура деталей, которые

можно восстанавливать с помощью холодной молекулярной сварки, представлены в табл. 4.9.

**Отечественный ремонтный композит.** Наиболее подходящими расходными материалами для ремонта чугуновых и стальных деталей методом холодной молекулярной сварки являются композиты фирмы Belzona (США) и отечественный ремонтный композит уни-

Таблица 4.9. Номенклатура деталей автотранспортной техники, рекомендуемых для восстановления и ремонта способом холодной молекулярной сварки

Вид ремонтных работ	Детали, подлежащие восстановлению с использованием реком
Заделка и герметизация трещин, пробоин, вмятин	Блоки цилиндров «размороженного» двигателя Головка блока цилиндров Корпус КПП Корпуса гидромеханической передачи и раздаточных механизмов Картер двигателя, поддон картера Посадочные места гильз в блоке двигателя Радиатор Топливный бак Емкость для горюче-смазочных материалов (ГСМ) Корпуса насосов и редукторов Детали с дефектами (раковинами, микротрещинами, с пористостью и рыхлостью отливки)
Восстановление коррозионных и кавитационных разрушений	Поверхности крышек жидкостной рубашки Разъемы соединительных деталей (фланцы, плоскости прилегания) Плоскости прилегания головки блока цилиндров Рубашка охлаждения
Восстановление изношенных поверхностей	Резьбовые соединения Посадочные пояски блоков и втулок двигателя Посадочные места подшипников генератора, стартера, ступиц колес, КПП, фланцев карданного вала Шлицевые соединения (в том числе карданного вала) Шпоночные пазы Посадочные места топливного насоса и других агрегатов Посадочные места зубчатых колес Постели коленчатого вала



Таблица 4.10. Основные технические характеристики композита Реком-Б

Параметр	Значение параметра
Предел прочности, МПа:	
при сдвиге по стыку со сталью	25
при сжатии	135
при изгибе	70
при растяжении	30
Твердость по Бринеллю	100
Температура, °С:	
рабочая	150
кратковременная	200
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,1
Коэффициент трения в масле	0,06
Время жизни смеси при температуре 20...30 °С, ч	1
Время полного набора прочности при температуре 20...30 °С, ч	24

версального назначения Реком-Б, основные технические характеристики которого приведены в табл. 4.10.

Реком-Б имеет технологические и экономические преимущества перед зарубежными аналогами:

удобное для потребителя массовое соотношение компонентов 2 : 1, а зарубежные аналоги его не имеют (например, 100 : 34 или 60 : 25);

равенство массового и объемного соотношения компонентов, чего нет у аналогов (например, 100 : 8/6 : 1 или 2,7 : 1/3,5 : 1);

обеспечение гарантируемых характеристик даже при отличном от оптимального соотношении компонентов (2,4...1,6) : 1, а зарубежные аналоги требуют точнейшего соблюдения заданного соотношения компонентов, в противном случае фирма не гарантирует рекламируемые свойства;

стоимость Реком-Б при равном или даже лучшем комплексе потребительских свойств в 2 раза ниже стоимости зарубежных аналогов.

Однако, большинство реком, предлагаемых ремонтным службам иностранными и отечественными разработчиками, сохраняют основные недостатки, присущие полимерной матрице, в том числе отсутствие адгезии к загрязненной жидкими (масло, топливо, антифриз, вода и др.) и твердыми инородными включениями, а также высокое значение температурного коэффициента процесса полимеризации.

Из-за перечисленных недостатков возникает необходимость нанесения реком на механически обработанную обезжиренную сухую поверхность и выполнение ремонтных работ при нормальных температурах с набором прочности ремонтного соединения в течение длительного времени. Эти условия вполне приемлемы при ремонте в стационарных условиях, но исключают возможность выполнения аварийных работ.

**Последовательность технологических операций при заделке пробоины корпусной детали.** Опыт использования холодной молекулярной сварки при ремонтном восстановлении блоков цилиндров автомобильных двигателей показал, что для обеспечения должного качества ремонта необходима следующая очередность технологических операций.

1. Ручной дрелью с набором шарошек тщательно зачистить поверхность вокруг пробоины (внутри и снаружи блока) на ширину 20 ... 25 мм.

2. Вырезать накладки нужного размера из листовой стали толщиной 0,7 ... 0,8 мм в целях закрытия пробоины с нахлестом 15 ... 20 мм с двух сторон — изнутри и снаружи (предварительно сделав картонные шаблоны).

3. Подогнать накладки по месту, обстукивая молотком, чтобы обеспечить их полное прилегание к блоку.

4. В местах полного прилегания разметить и засверлить отверстия, предварительно прижав накладки к блоку и сделав сквозное отверстие через накладку в стенке блока сверлом 5 ... 5,2 мм (отверстия расположить по контуру пробоины равномерно, с шагом 40 ... 50 мм).

5. В накладках рассверлить отверстия до диаметра 6,5 мм, а в отверстиях блока нарезать резьбу М6.

6. Предварительно собрав конструкцию, поставив и затянув все болты, проконтролировать, как накладки встают на блок и как затягиваются болты.

7. Тщательно очистить поверхности накладок, все обезжирить ацетоном и нанести реком (предварительно смешав компоненты в нужной пропорции) на стенку блока по контуру пробоины.

8. Прижать одну из накладок, заполнить пробойну композитом и установить вторую накладку (между накладками должно оказаться столько композита, чтобы при затягивании болтов часть его выдвинулась по всему контуру накладок).

9. После отверждения композита срезать выступающую часть болтов и окрасить блок.

10. Проверить результат работы, постучав по стенке блока в месте ремонта и рядом (тон должен быть одинаковым).

### **Содержание отчета:**

- наименование лабораторной работы;
- цели и задачи работы;
- перечень использованных расходных материалов, инструмента и объектов ремонта;
- технологическая последовательность и характер выполненных операций по заделке пробойн корпусной детали;
- результаты проверки качества работы;
- общие выводы.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Какова цель лабораторной работы?
2. В чем состоит суть холодной молекулярной сварки?
3. Что служит расходным материалом при проведении холодной молекулярной сварки?
4. Из чего состоит микрогетерофазная структура реком?
5. Что является клеевой основой реком?
6. Какова адгезия композита реком к различным материалам?
7. Каковы преимущества холодной молекулярной сварки перед другими способами соединения материалов при ремонтно-восстановительных работах?
8. Какова оптимальная толщина сварного шва при холодной молекулярной сварке?
9. Как соотносится стоимость ремонта способом холодной молекулярной сварки со стоимостью ремонта традиционными способами?
10. Каковы области рационального применения холодной молекулярной сварки?
11. Каковы достоинства и недостатки отечественных и зарубежных композитов?
12. Какова технология заделки пробойны корпусной детали методом холодной молекулярной сварки?

## РЕМОНТ БЕСКАМЕРНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

**Цель работы** — ознакомление с наиболее характерными повреждениями шин, применяемыми починочными материалами, видами ремонта шин, с технологиями ремонта и оборудованием для их реализации.

**Необходимая литература, материалы, оборудование:** справочная литература по эксплуатации и ремонту бескамерных автомобильных шин; автомобильные колеса с шинами, имеющими характерные повреждения (вздутие на боковине или протекторе, разрывы боковины); починочный материал (резиновый и резинотканевый), автомобильная аптечка; стенд для демонтажа шин легковых автомобилей с ободом диаметром 13... 16" (стационарный с механическим приводом монтируемого колеса), электровулканизатор Ш-113 (или аналогичный), устройство С-414 (или аналогичное) для накачивания бескамерных шин, наконечник 458М1 воздуهورаздаточного шланга для проверки давления в шине.

### Порядок выполнения работы:

- по справочной и учебной литературе ознакомиться с наиболее характерными повреждениями бескамерных шин легковых автомобилей, починочными материалами, устройством технологического оборудования и правилами работы на нем;
- по теоретической части работы изучить основные этапы ремонта шин с местными повреждениями;
- демонтировать шину с обода колеса, тщательно осмотреть повреждение и выработать стратегию восстановительного ремонта с использованием имеющихся починочных материалов и ремонтного оборудования;
- устранить повреждения шины с использованием автомобильной аптечки и проверить качество ремонта;
- смонтировать шину на обод колеса, с помощью устройства С-414 накачать ее воздухом, проверить давление в шине наконечником 458М1 воздуهورаздаточного шланга;
- оформить отчет.

**Характерные повреждения шин, виды ремонта шин с местными повреждениями и починочные материалы.** Наиболее часто встречающимися повреждениями шин являются порезы, неравномерный износ, отслаивание или разрыв протектора, расслаивание или излом каркаса, прокол со стороны боковины или протектора, пропуск воздуха через вентиль.

Починочные материалы, используемые при ремонте автомобильных шин, делятся на две группы. Первая группа — **материалы, требующие горячей вулканизации**. К ней относятся различные резины: листовая протекторная толщиной 2 мм применяется для заполнения повреждений протектора и боковины шины; вальцованная резина толщиной 10 мм — для наложения протектора навивкой узкой ленты; профилированные ленты разных размеров — для наложения нового протектора; листовая прослоечная резина толщиной 0,9 и 2 мм — для обеспечения связи между починочным материалом и покрышкой; обрезаемый корд — для ремонта каркаса шины и изготовления пластырей.

Вторая группа — **самовулканизирующиеся материалы**: резинокордовые пластыри применяются для усиления поврежденных участков шин; резиновые вулканизированные ремонтные грибки — для заделки проколов; самовулканизирующийся клей — для смазки поврежденных участков перед установкой пластырей и ремонтных грибков.

В зависимости от характера и размеров повреждений и от конструкции покрышек устанавливаются два вида ремонта: **местный**, при котором устраняются местные повреждения, и **восстановительный**, предусматривающий наложение нового протектора взамен изношенного. В зависимости от технического состояния шин различают два класса их восстановления.

**Технологический процесс устранения местных повреждений бескамерных шин.** Процесс устранения местных повреждений шин состоит из нескольких основных этапов, приведенных далее.

**Очистку и мойку** выполняют теплой водой в специальных моечных установках или вручную с помощью волосяных щеток.

Сушка производится в сушильных шкафах при температуре 40...60 °С в течение 2 ч (допустимая влажность каркаса не должна превышать 3...5 %). Наличие влаги может привести к образованию паровых мешков и расслоению каркаса.

**Подготовка поврежденных участков** заключается в удалении отслоившейся резины и разорванных нитей корда по всей глубине повреждения. В зависимости от вида повреждения применяют один из двух способов вырезки поврежденных участков шины: в

ступенчатую рамку или внутренним конусом. Вырезка в ступенчатую рамку представляет собой ступенчатое удаление слоев каркаса. Высота ступеньки составляет 20 мм вдоль нитей корда и 10 мм поперек них.

**Шероховку** внутренних и наружных участков шины выполняют для увеличения прочности соединения починочных материалов с шиной. Внутренние поверхности шины обрабатывают дисковой проволочной щеткой (граница обработки отстоит на 20...30 мм от краев накладываемого пластыря), а наружные — игольчатой шарошкой и дисковой проволочной щеткой. При этом обработке подвергают зону вырезки повреждения и часть шины вокруг нее на расстоянии 7...10 мм. Проколы очищают электродрелью, диаметр сверла которой должен быть примерно на 1 мм больше размера прокола, или круглым рашилом.

**Нанесение клея и сушку** выполняют следующим образом. Клей наносят в два слоя кистью с короткой жесткой щетиной. Слои должны быть тонкими сплошными, без потеков. Каждый слой клея сушат в сушильном шкафу при температуре 30...40 °С в течение 25...30 мин. Качество сушки проверяют мягкой кистью — ее волоски не должны прилипать к просушенной поверхности.

**Подготовка починочных материалов** заключается в протирке их бензином и последующей сушке под вытяжным устройством. При потере клейкости материала на него с обеих сторон наносят один слой клея концентрацией 1 : 8, затем просушивают.

**Заделка повреждений** заключается в наложении подготовленного починочного материала на ремонтируемые участки и последующей прикатки роликом. Место вырезки при заделке несквозного наружного повреждения не более двух слоев каркаса покрышки обкладывают листовой прослоечной резиной толщиной 0,9 мм и тщательно прикатывают роликом. Полость вырезанного конуса в области каркаса заполняют слоями листовой прослоенной резины толщиной 2 мм. Если повреждены более двух слоев каркаса покрышки, то с ее внутренней стороны накладывают пластырь, который предварительно покрывают листовой прослоечной резиной. Центр пластыря должен совпадать с центром выреза.

**Вулканизацию** выполняют с помощью специальных аппаратов с электрическим подогревом при температуре  $(143 \pm 2)^\circ\text{C}$  для создания прочного монолитного соединения ремонтируемых участков шины с починочным материалом и превращения их в прочную эластичную массу.

**Контроль качества** ремонта бескамерной шины проводят в соответствии с техническими требованиями. На внутренней по-

верхности покрышки не должно быть отслоений починочного материала, складок, утолщений, недовулканизации. На поверхности отремонтированного участка допускается наличие раковины или поры размером до 10 мм и глубиной до 2 мм.

**Технология ремонта бескамерных шин с использованием автомобильной аптечки.** Данная технология включает в себя семь последовательных операций:

- 1 — удаление предмета, повредившего шину;
- 2 — зачистка поврежденной поверхности теркой;
- 3 — обезжиривание и нанесение клея на поврежденный участок;
- 4 — обезжиривание и нанесение клея на ремонтный грибок;
- 5 — постановка ремонтного грибка на поврежденный участок;
- 6 — прикатка ремонтного грибка (или заплат);
- 7 — обрезка лишней части стержня.

Автомобильная аптечка включает в себя терку для зачистки поверхности в месте повреждения, кисть для обезжиривания и нанесения клея на место постановки заплат или ремонтного грибка, шприц диаметром 4 мм с насадками для заполнения места прокола шины клеящим составом, ремонтные грибки и заплаты для ремонта повреждений, крючок-захват для протягивания ремонтных грибков через повреждения в шине, ролик для прокатки заплат и ремонтного грибка.

### Экспериментальная часть работы:

1. Отобрать для эксперимента колесо легкового автомобиля, бескамерная шина которого имеет характерные повреждения (проколы и порезы протектора).

2. Предварительно вымыть и очистить (вручную) колесо от грязи, затем просушить.

3. Демонтировать шину с обода колеса.

4. Тщательно изучить характер повреждения; удалить предмет, повредивший шину; выбрать соответствующий починочный материал для ремонта.

5. Подготовить поврежденный участок шины к выполнению ремонтных операций.

6. Отремонтировать поврежденный участок с использованием автомобильной аптечки.

7. Произвести контроль выполненного ремонта.

8. Установить отремонтированную шину на обод колеса с использованием устройства С-414 и наконечника 458М1.

## Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- перечень использованных расходных материалов, оборудования и объектов ремонта;
- заключение о качестве ремонта поврежденной шины на основании технических требований;
- общие выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие виды повреждений бескамерных шин особенно часто встречаются при эксплуатации легковых автомобилей?
2. Какие починочные материалы используются при ремонте бескамерных шин?
3. Какое оборудование используется для демонтажа бескамерной шины с обода колеса?
4. Как бескамерные шины устанавливают на обод колеса?
5. С помощью каких устройств производят вулканизацию отремонтированного участка шины?
6. В чем состоит технология ремонта бескамерной шины с использованием автомобильной аптечки?
7. Какие основные этапы содержит технологический процесс устранения местных повреждений бескамерных шин?
8. В каких целях выполняют шероховку внутренних и наружных участков шины?
9. В чем состоит подготовка поврежденных участков шины к ремонту?
10. Как выполняют операции нанесения клея и сушки?
11. В чем заключается подготовка починочного материала?
12. Что входит в состав автомобильной аптечки?
13. Как выполняется контроль качества ремонта бескамерной шины?
14. При какой температуре производят вулканизацию отремонтированного участка?



#### ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

К лабораторной работе допускаются студенты, изучившие правила техники безопасности при работе со сварочным и компрессорным оборудованием, пневмоаппаратурой, лазерной и плазменной техникой; прошедшие инструктаж на рабочих местах и соблюдающие правила внутреннего распорядка.

Проведение инструктажа и результат усвоения полученных знаний регистрируется в специальном журнале.

Для обеспечения безопасности работ необходимо соблюдать перечисленные далее правила.

##### ***Перед началом работы необходимо проверить:***

- исправность электрооборудования, лабораторных установок, контрольных приборов, измерительного инструмента;
- исправность работы нагревательных приборов, принудительной вытяжной вентиляции, надежность крепления заземляющего провода;
- наличие средств индивидуальной защиты (респираторов, очков со светофильтрами, рукавиц и пр.).

*Во время работы необходимо четко соблюдать меры безопасности, изложенные в Приложениях 2, 3, 4.*

##### ***По окончании работы необходимо:***

- выключить электронагревательные приборы, отключить от сети технологическое оборудование и измерительную аппаратуру;
- привести в порядок рабочее место, убрать расходные материалы и инструмент;
- проверить помещение лабораторий и убедиться в отсутствии тлеющей ветоши или других горючих материалов; а также в наличии крышек на всех емкостях с лакокрасочными материалами и обезжиривающими составами.

##### ***В аварийных ситуациях необходимо принять следующие меры:***

- при загорании одежды гасить пламя асбестовым одеялом, плотно прижимая его к месту возгорания;
- в случае воспламенения лакокрасочных материалов как можно быстрее удалить от пламени емкости с краской и растворителем, выключить электронагревательные приборы и немедленно приступить к тушению пожара всеми доступными способами;

- разлившиеся горящие лакокрасочные материалы тушить не водой, а пенным огнетушителем, песком (хранящимся в лаборатории лакокрасочных материалов в специальном ящике, окрашенном в красный цвет) или куском плотной ткани.

*Студенты, нарушившие требования техники безопасности, привлекаются к дисциплинарной ответственности.*

## Приложение 2

### ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЛАЗМАТРОНОМ «МУЛЬТИПЛАЗ-2500»

#### *Категорически запрещается:*

- включать и использовать аппарат лицам, не достигшим 18-летнего возраста;
- включать и работать на плазматроне без тщательного изучения руководства по его эксплуатации;
- выполнять резку, сварку и пайку окрашенных и оцинкованных металлических деталей в непроветриваемом помещении;
- эксплуатировать аппарат в помещениях с металлическим или сырым полом, не закрытым изолирующим ковриком для ног;
- использовать плазматрон без заземления сетевой розетки;
- производить резку, сварку или пайку свежеокрашенных деталей до полного высыхания краски;
- включать горелку вблизи легковоспламеняющихся предметов и жидкостей;
- работать в одежде с пятнами жира, масла, бензина и других горючих жидкостей;
- прикасаться открытыми частями тела к свариваемым металлоконструкциям;
- применять присадочную проволоку для сварки без держателя присадки, входящего в комплект поставки, и без перчаток сварщика или брезентовых рукавиц;
- выполнять газовую сварку без специальных защитных очков с темными стеклами;
- выполнять работы с использованием плазменной дуги без специальной маски сварщика;
- разбирать горелку с включенным блоком питания;
- заливать рабочую жидкость в горелку, находящуюся под напряжением;
- отворачивать полностью крышку управления катодом при включенном выходном напряжении;
- опускать в воду горелку при включенном выходном напряжении;

- подносить горелку к лицу и заглядывать в отверстие сопла-анода после ее запуска;
- оставлять без присмотра включенную горелку.

*Рабочие места для работы на сварочном оборудовании и плазматроне должны быть тщательно подготовлены в противопожарном отношении. Для этого необходимо:*

- наличие средств пожаротушения (песка, огнетушителей, ведер с водой, пожарных кранов);
- систематическая проверка исправности местной вытяжной вентиляции;
- размещение оборудования и материалов таким образом, чтобы было исключено попадание расплавленного металла и пламени на пожароопасные конструкции, материалы, блок питания горелки.

*Приложение 3*

## **МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ**

*Необходимо соблюдать следующие условия личной безопасности:*

- напыление необходимо выполнять в вытяжных шкафах или специальных камерах с местным отсосом воздуха, поскольку плазменное напыление сопровождается выделением большого количества теплоты, образованием оксидов азота, озона и аэрозолей напыляемых материалов;
- оператор должен работать в защитной маске со светофильтром, так как плазменная струя является интенсивным источником инфракрасного и ультрафиолетового излучения; руки защищают от излучения рукавицами из асбестовой ткани.

Кроме того, необходимо соблюдать некоторые условия по обеспечению сохранности и чистоты поверхностей обработанных деталей до следующей обработки:

- поверхности деталей, не подлежащие напылению, необходимо защитить от попадания на них дроби при дробеструйной обработке;
- к детали, подготовленной к нанесению покрытия, нельзя прикасаться голыми руками, поскольку наличие на ее поверхности даже мельчайших загрязнений (особенно следов масла) снижает прочность сцепления покрытия с основой;
- все операции по перемещению деталей необходимо выполнять в чистых рукавицах или с помощью специальных щипцов;
- перерыв между операциями дробеструйной обработки и нанесения покрытий должен быть минимальным (не более 3 ч), так

как дробеструйная обработка улучшает условия образования химической связи между материалами покрытия и основы.

#### Приложение 4

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для обеспечения в лаборатории санитарно-гигиенических условий и пожарной безопасности необходимо соблюдать технологический режим, правила и нормы пожарной безопасности и промышленной санитарии.

Помещение должно быть светлым, чистым, свободным от пыли. Стены, потолок, пол помещения должны быть выполнены из огнестойких материалов. Температура в помещении не должна опускаться ниже 15... 16 °С при относительной влажности воздуха не более 60 %.

При работе с лакокрасочными материалами необходимо включить вытяжную вентиляцию и обеспечить освещенность лаборатории не ниже 75 лк. В лаборатории нельзя пользоваться открытыми источниками огня и приборами с неисправной или непригодной для данных условий электроарматурой.

Во избежание кожных заболеваний перед работами с лакокрасочными материалами руки следует смазать защитной пастой (например, ИР-1, ПМ-1, фурацилиновой пастой, мылом ИДМ) или надеть перчатки. Для защиты органов дыхания и зрения от вредного воздействия краски необходимо использовать средства индивидуальной защиты — респираторы (РМП-62, РУ-60 и др.).

Лаборатория в обязательном порядке должна быть оснащена средствами пожаротушения: пенными огнетушителями, ящиками с песком, щитами с инвентарем.

#### Приложение 5

### ДОПУСТИМОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Содержание загрязнений всех видов в атмосферном воздухе, поступающем в пневмомагистраль автосервисного предприятия, в значительной

Таблица П5.1. Классы чистоты воздуха в зависимости от максимального размера частиц и содержания твердых загрязняющих веществ (ISO 8573-1:1991)

Класс чистоты воздуха	Максимальный размер загрязняющих частиц, мкм	Максимальное содержание* загрязнения, мг/м <sup>3</sup>
1	0,1	0,1
2	1	1
3	5	5

Класс чистоты воздуха	Максимальный размер загрязняющих частиц, мкм	Максимальное содержание* загрязнения, мг/м <sup>3</sup>
4	15	8
5	40	10

\* При нормальном атмосферном давлении, температуре 20 °С и относительном давлении пара 0,06 МПа. При повышении давления содержание загрязняющих веществ повышается.

Таблица П5.2. Классы чистоты воздуха в зависимости от максимальной точки росы (ISO 8573-1:1991)

Класс чистоты воздуха	1	2	3	4	5	6	7
Максимальная точка росы, °С	-70	-40	-20	3	7	10	Не установлено

мере зависит от района его расположения. В среднем регистрируются следующие уровни загрязнения атмосферного воздуха: в жилых массивах — 0,005 г/м<sup>3</sup>; в промышленных зонах — 0,020 г/м<sup>3</sup>; в зонах добывающей промышленности — 0,100 г/м<sup>3</sup>.

Максимальный размер взвешенных частиц в большинстве случаев не превышает 25...35 мкм.

## Приложение 6

### ОБОРУДОВАНИЕ ПНЕВМОМАГИСТРАЛИ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. ПНЕВМОИНСТРУМЕНТ

Таблица П6.1. Основные технические характеристики фильтров очистки сжатого воздуха

Тип фильтров	Размер резьбового соединения, дюйм	Пропускная способность, л/мин
Керамические (степень очистки 3 мкм)	$\frac{3}{8}$	400
	$\frac{1}{2}$	800
	$\frac{3}{4}$	1 600
	1	2 500
	1	3 600
	$1\frac{1}{2}$	6 000
	2	7 000
	2	9 000

Тип фильтров	Размер резьбового соединения, дюйм	Пропускная способность, л/мин
Керамические (степень очистки 3 мкм)	2	12 000
Абсорбционные (степень очистки 0,01 мкм)	$\frac{3}{8}$	400
	$\frac{1}{2}$	800
	$\frac{3}{4}$	16 00
	1	2 500
	1	3 600
	$1\frac{1}{2}$	6 000
	2	7 000
	2	9 000
	2	12 000
На основе активированного угля (степень очистки 0,003 мкм)	$\frac{3}{8}$	400
	$\frac{1}{2}$	800
	$\frac{3}{4}$	1 600
	1	2 500
	1	3 600
	$1\frac{1}{2}$	6 000
	2	7 000
	2	9 000
	2	12 000

Таблица П6.2. Основные технические характеристики ресиверов для накопления сжатого воздуха

Вместимость, л	Размер резьбового соединения, дюйм	Давление, МПа	Габаритные размеры, мм
270	1	0,11	560 × 1 700
500	2	0,11	660 × 2 100
800	2	0,11	750 × 2 090
1 000	2	0,10	860 × 2 350
2 000	2	0,10	1060 × 2 820
2 000	2	0,10	1060 × 2 820

Таблица П6.3. Основные технические характеристики охладителей сжатого воздуха

Подача, л/мин	Размер резьбового соединения, дюйм	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
600	1	19	490 × 630 × 290
1 200	1	20	
1 800	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	29	560 × 710 × 230
2 400	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	32	
3 000	2	49	800 × 800 × 480
3 900	2	51	
4 800	2	53	
7 200	2	97	800 × 1 100 × 940
9 600	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	120	1 200 × 1 200 × 1 000

Таблица П6.4. Основные технические характеристики осушителей воздуха компании Фиас (Италия)

Модель осушителя	Подача, л/мин	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
DRY 3	350	34	450 × 540 × 505
DRY 5	550	37	450 × 540 × 505
DRY 8	850	39	450 × 540 × 505
DRY 11	1 100	41	450 × 540 × 505
DRY 18	1 800	43	450 × 540 × 505
DRY 23	2 300	45	450 × 540 × 505
DRY 31	3 100	57	540 × 670 × 635
DRY 43	4 300	76	590 × 820 × 805
DRY 52	5 200	94	590 × 820 × 805

Примечание. Все приведенные осушители рассчитаны на рабочее давление 1,6 МПа.

**Таблица П6.5. Поправочные коэффициенты для выбора осушителя в зависимости от рабочего давления**

Рабочее давление, МПа	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
Коэффициент	0,54	0,67	0,77	0,85	0,93	1,0	1,06	1,11	1,15	1,18	1,21	1,23	1,25	1,27	1,28

**Таблица П6.6. Поправочные коэффициенты для выбора осушителя в зависимости от температуры воздуха на входе**

Температура воздуха на входе, °С	30	35	40	45
Коэффициент	1,20	1,0	0,82	0,67

**Таблица П6.7. Поправочные коэффициенты для выбора осушителя в зависимости от точки росы**

Точка росы, °С	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент	1,0	1,02	1,05	1,07	1,1	1,12	1,15	1,18

**Таблица П6.8. Основные технические характеристики компрессоров**

Тип компрессоров	Вместимость ресивера, л	Объемная подача, л/мин	Давление, МПа	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, кг
Безмасляные	—	200	0,8	1,1	5
	24	230	0,8	1,5	23
	50	230	0,8	1,5	35



Тип компрессоров	Вместимость ресивера, л	Объемная подача, л/мин	Давление, МПа	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, кг
Масляные коаксиальные	24	220	0,8	1,1	24
	24	240	0,8	1,5	25
	24	210	0,8	1,5	28
	24	310	0,8	2,2	27
	50	220	0,8	1,1	36
	50	240	0,8	1,5	37
	50	310	0,8	2,2	39
	100	310	0,8	2,2	53,5
Масляные, с ременным приводом	50	320	0,9	2,2	48
	100	320	0,9	2,2	69
	100	476	0,9	3,0	85
	200	476	0,9	3,0	125
	200	514	0,9	3,0	128
	270	653	1,1	4,1	180
	270	827	1,1	5,5	210
	500	1 210	1,1	7,4	295
	500	1 654	1,1	5,5	410
	1 000	2 400	1,1	15,0	584
Масляные коаксиальные, со специальной чугунной головкой	10	260	1,0	2,2	30
	24	260	0,8	1,5	28
	50	260	0,8	1,5	38
	24	315	0,8	1,8	30
	50	315	0,8	1,8	39
	50	350	0,9	2,2	54
	100	360	0,9	2,2	77
Масляные, с вертикальным реверсом	100	350	0,9	2,2	88
	270	827	1,1	5,5	210

Таблица Пб.9. Основные технические характеристики пневмоинструмента слесарного отделения

Инструмент	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	Момент силы, Н · м	Расход воздуха, л/мин
Дрели	500	1,4	—	110
	400	1,5	—	110
	650	1,4	—	110
	1 200	1,2	—	110
	1 800	1,1	—	85
Угловые гайковерты	270	0,8	7...34	113
	200	0,5	7...27	70
	160	1,1	14...61	110
	300	1,2	14...68	110
	160	1,1	14...61	110
	300	1,5	14...68	110
	300	1,4	14...82	110
Ударные гайковерты	200	0,7	10...21	800
	15 000	1,1	34...312	114
	7 500	1,9	34...270	113
	8 000	2,6	34...408	120
Тяжелые гайковерты	6 000	5,1	410...1 380	280
	5 500	5,7	136...1 020	270
	6 000	5,2	410...1 380	280
	5 000	11,4	136...1 635	280
	6 800	6,4	200...1 635	336
	6 000	10,0	200...1 635	280
Фрезерный инструмент	6 000	10,7	200...1 635	280
	20 000	0,45	—	85
	22 000	1,3	—	110
	12 000	1,7	—	170
	12 000	1,85	—	170
Шуруповерты	27 000	0,3	—	85
	1 800	1,1	13	85
	1 800	1,1	15	85
Пневмомолотки	1 800	1,6	7...13	110
	—	1,5	—	85
	—	2,8	—	220

**Таблица П6.10. Основные технические характеристики пневмоинструмента малярного отделения**

Инструмент	Размер подушки, мм	Масса, кг	Частота вращения, об/мин	Расход воздуха, л/мин
Шлифовальные машинки	152	0,9	12 000	220
	152	1,0	12 000	220
	152	0,95	12 000	230
	75	0,85	12 000	220
	90 × 170	1,6	8 000	170
	152	2,1	10 000	110
	152	1,9	10 000	110
	93 × 170	2,1	8 000	170
	178	2,9	5 000	220
	70 × 445	3,0	3 000	220
	127	1,0	18 000	340
	178	2,0	5 000	170
Полировальные машинки	178	2,9	2 500	220
	178	2,0	2 800	170

**Таблица П6.11. Основные технические характеристики краскопульты**

Вместимость бачка, л	Масса, кг	Размер форсунок, мм	Расход воздуха, л/мин
1,0	0,8	1,8	140
0,6	0,6	1,4	280
0,125	0,3	0,8	85
0,6	0,8	1,5	350

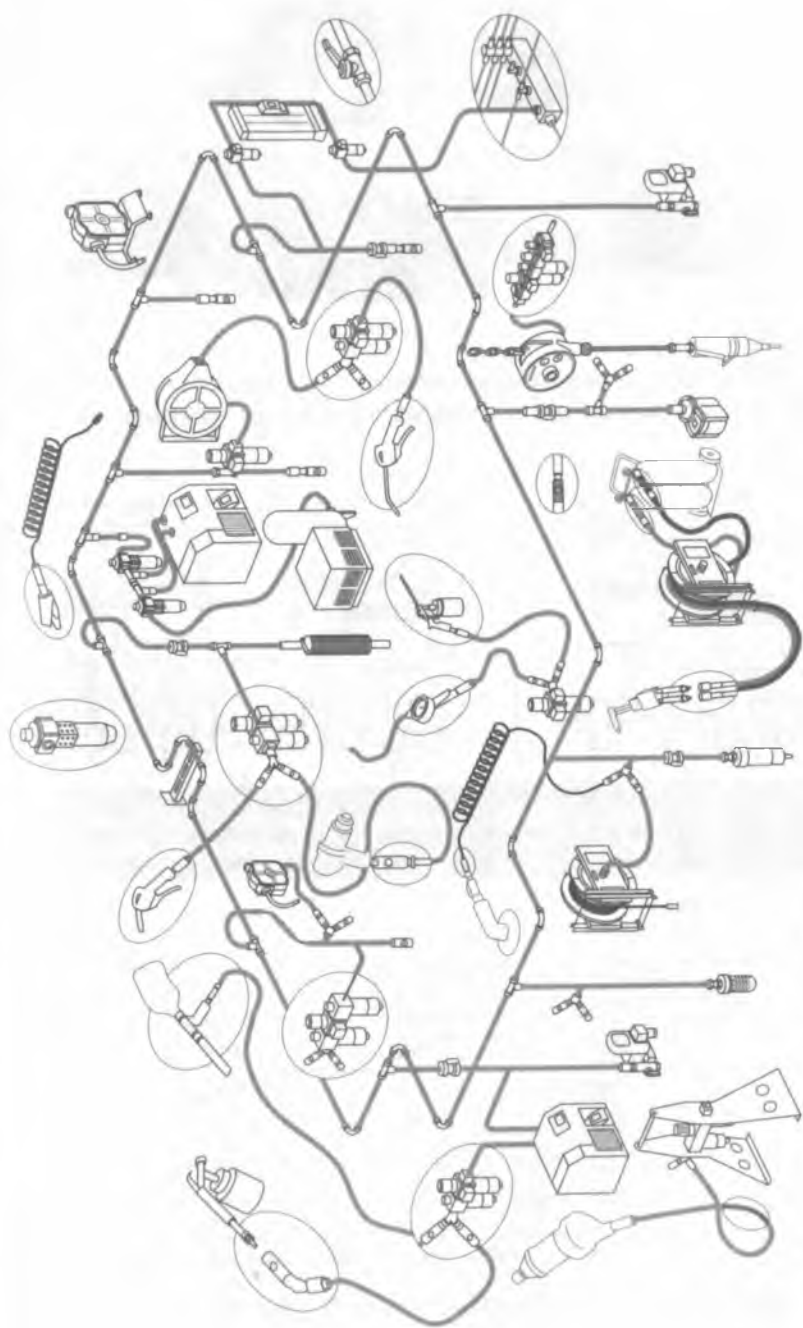


Рис. ПБ.1. Элементы пневмомагистрالی

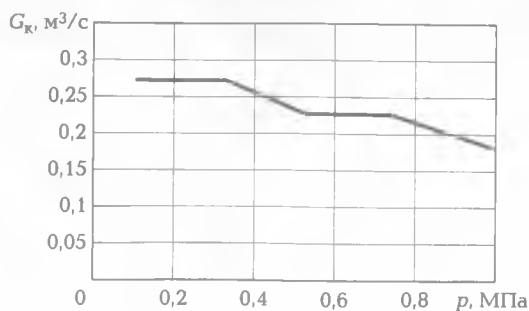
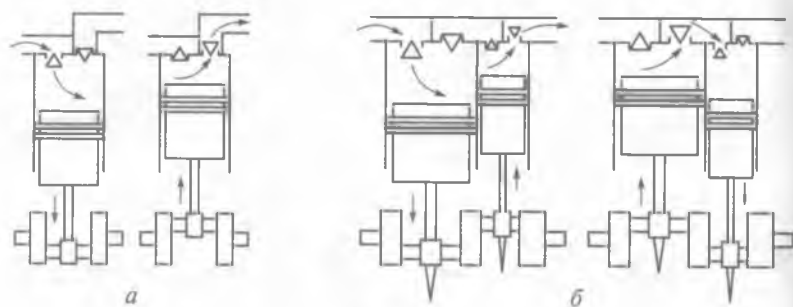
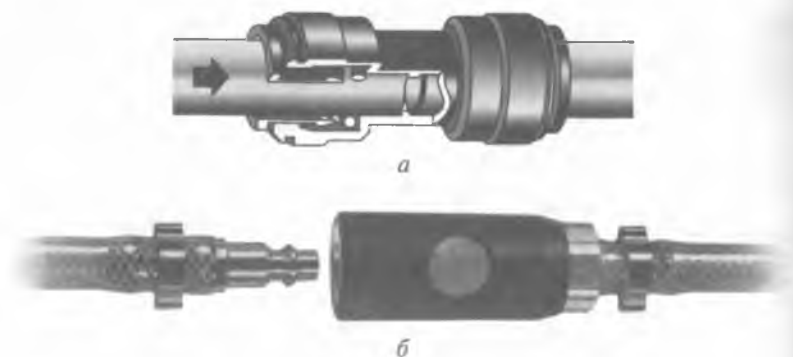


Рис. П6.4. Зависимость объемной подачи  $G_k$  компрессора от рабочего давления  $p$

**ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ПЛАЗМАТРОНОВ**

**Таблица П7.1. Основные технические характеристики плазматронов для наплавки**

Параметр	Значение параметров плазматронов		
	Для наплавки наружных поверхностей	Для наплавки внутренних поверхностей	Универсальные
Допустимая сила рабочего тока, А	260	230	310
Производительность наплавки, кг/ч	0,5...5,2	0,3...3,0	0,5...3,8
Диаметр, мм: плазмобразующего сопла	4	4	3...4
выходного отверстия защитного сопла	12...13	10...12	10...12
Высота плазматрона, мм	135	48	12

**Таблица П7.2. Основные технические характеристики плазматронов для сварки**

Модель плазматрона	Максимальная сила сварочного тока, А		Толщина свариваемого листа металла, мм	Максимальный расход, л/мин		Масса, кг
	прямой полярности	обратной полярности		газа (суммарный)	охлаждающей воды	
ПРС-0201	60	20	0,05...1,5	6,6	2,0	0,1
ПРС-0401	100	40	0,1...2,5	6,6	2,0	0,3
ПРС-0301	315	—	0,5	17	4,0	1,0
ПМС-501	500	—	—	—	—	—
ПМС-804	800	—	6...12	—	—	—
Многодуговой	600	400	1...60	45	8,4	3,0

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА

Таблица П8.1. Технические характеристики баллонов для сжатых газов

Назначение баллона	Тип баллона	Масса, кг	Цвет	
			баллона	надписи
Для кислорода	150 Л	43,5	Голубой	Черный
Для ацетилена	100	43,5	Белый	Красный
Для углекислого газа	150	60	Черный	Желтый

Примечание. Для баллонов всех типов наружный диаметр составляет 219 мм, длина корпуса — 1390 мм, вместимость — 40 л.

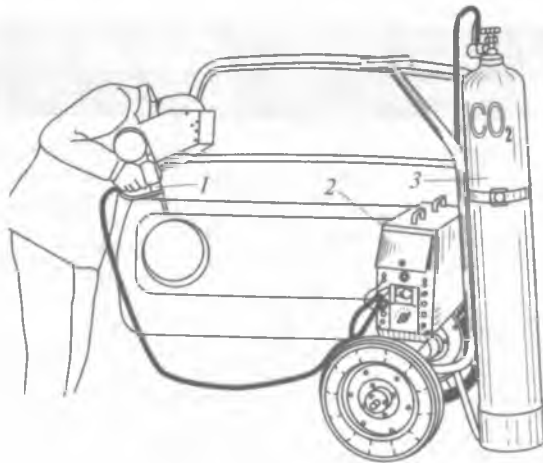


Рис. П8.1. Общий вид передвижной полуавтоматической установки И-103 «Луч» для сварки в среде защитного (углекислого) газа:

1 — сварочная горелка с механизмом подачи проволоки; 2 — источник питания с пультом управления; 3 — баллон с углекислым газом

Таблица П8.2. Основные технические характеристики полуавтоматов для сварки плавящимся электродом в среде защитного (углекислого) газа

Модель полуавтомата	Модель источника питания*	Диапазон регулирования рабочего тока, А	Диапазон регулирования напряжения, В	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
А-547У	ВС-300	60 ... 300	17 ... 23	0,8 ... 1,2	2,5 ... 7,5	560 × 720 × 905	277
А-547Р	ВС-300	30 ... 300	17 ... 23	0,8 ... 1,2	2,0 ... 6,0	560 × 720 × 905	277
А-825М	ВСЖ-303	80 ... 300	17 ... 38	0,8 ... 1,2	2,0 ... 10,0	720 × 660 × 1 150	296
А-1230М	ВАГ-301	40 ... 300	17 ... 40	0,8 ... 1,2	2,3 ... 11,0	500 × 460 × 700	244
ПАГ-305	ВАГ-301	40 ... 300	17 ... 40	0,8 ... 1,4	2,0 ... 20,0	500 × 460 × 700	244
ПАГ-306	ВАГ-302	50 ... 315	17 ... 40	0,8 ... 1,4	2,0 ... 20,0	—	308
ПАПГ-500-1	ПСГ-500-1	60 ... 500	16 ... 40	0,8 ... 2,0	2,0 ... 20,0	1 052 × 590 × 1 013	559
И-103 «Луч»	—	40 ... 100	16 ... 22	0,6 ... 1,0	—	605 × 208 × 408	36
«Кемпомат-163»	—	40 ... 160	18,2 ... 25,7	0,6 ... 0,8	До 11,0	815 × 390 × 1 010	85

\* Полуавтоматы подключаются к трехфазной сети напряжением 380 В и частотой 50 Гц.



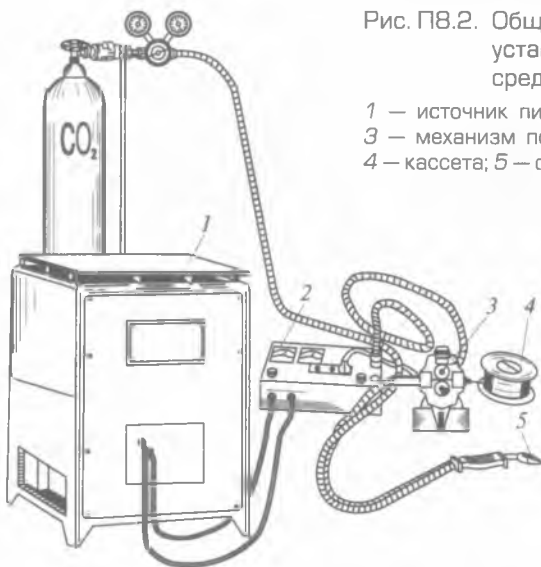


Рис. П8.2. Общий вид полуавтоматической установки А-825М для сварки в среде углекислого газа:

1 — источник питания; 2 — пульт управления;  
3 — механизм подачи электродной проволоки;  
4 — кассета; 5 — сварочная горелка

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов В. М.* Технологические процессы ремонта автомобилей : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. М. Виноградов. — М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 384 с.

2. *Карагодин В. И.* Ремонт автомобилей и двигателей : учебник / В. И. Карагодин, Н. Н. Митрохин. — М. : Издательский центр «Академия», 2003. — 496 с.

3. *Раевский М. А.* Справочник по обслуживанию и ремонту автомобилей ВАЗ. Оборудование и инструмент / М. А. Раевский, В. П. Обметица. — 2-е изд. — М. : Высш. шк., 1991. — 175 с.

4. *Розаренов Ю. Н.* Оборудование для электрической сварки плавлением : учеб. пособие / Ю. Н. Розаренов. — М. : Машиностроение, 1987. — 208 с.

5. *Синельников А. Ф.* Кузова легковых автомобилей : обслуживание и ремонт / А. Ф. Синельников, Ю. Л. Штоль, С. А. Скрипников. — М. : Транспорт, 1995. — 256 с.

6. *Технология изготовления автомобильных кузовов : учебник / [Д. В. Горячий, А. Д. Горячий, Г. И. Захаров, Г. А. Зотьева].* — М. : Машиностроение, 1979. — 352 с.

7. *Улашкин А. П.* Восстановление деталей и узлов автомобилей / А. П. Улашкин. — Хабаровск : Изд-во ХГТУ, 2002. — 204 с.

8. *Шангин Ю. А.* Ремонтное окрашивание легковых автомобилей : советы автолюбителям / Ю. А. Шангин. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Транспорт, 1994. — 160 с.

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
<b>Глава 1. Технологические процессы и оборудование для подготовки сжатого воздуха для нужд автосервисного производства .....</b>	<b>5</b>
Лабораторная работа № 1. Разработка системы подготовки сжатого воздуха для питания пневмоинструмента и технологического оборудования основного производства .....	5
Лабораторная работа № 2. Выбор оборудования пневмомагистрали снабжения сжатым воздухом окрасочного пневмоинструмента.....	13
Лабораторная работа № 3. Выбор комплекта пневмооборудования кузовного участка и расчет суммарного расхода сжатого воздуха его запланированными потребителями.....	20
Лабораторная работа № 4. Экспериментальное исследование потерь энергонасыщенности при циркуляции сжатого воздуха в элементах пневмомагистрали.....	31
Лабораторная работа № 5. Расчет параметров компрессора, ресивера и осушителя для пневмомагистрали кузовного участка.....	37
<b>Глава 2. Технологические процессы восстановления агрегатов трансмиссии автомобиля .....</b>	<b>46</b>
Лабораторная работа № 6. Расчет сборочной размерной цепи на регулирование осевого положения ведущего зубчатого колеса при сборке механизма главной передачи легкового автомобиля.....	46
Лабораторная работа № 7. Сборка редуктора заднего моста и экспериментальное определение необходимой толщины компенсатора .....	53
<b>Глава 3. Технологические процессы восстановления кузова автомобиля .....</b>	<b>61</b>
Лабораторная работа № 8. Разработка технологии	