

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

В. С. Ивашко  
В. А. Лойко  
В. М. Изойтко

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (ПРАКТИКУМ)

Пособие

для студентов, обучающихся по специальностям 1-37 01 06  
«Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»  
и 1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2022

УДК 629.33.027.2(075.8)

ББК 39.33я7

И24

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра «Технологии и организация технического сервиса»

УО БГАТУ;

ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт порошковой

металлургии им. академика О. В. Романа»

канд. техн. наук, доц. *А. И. Шевцов*

**Ивашко, В. С.**

И24 Механизация процессов технической эксплуатации (практикум) : для студентов, обучающихся по специальностям 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервис» / В. С. Ивашко, В. А. Лойко, В. М. Изойтко. – Минск : БНТУ, 2022. – 45 с.

ISBN 978-985-583-457-2.

В пособии даны теоретический и методический материалы для проведения лабораторных работ по дисциплинам «Механизация процессов технической эксплуатации» и «Средства технического оснащения автосервиса». Приведены оснащение рабочих мест, порядок выполнения лабораторных работ, дана последовательность и методика расчета основных параметров оборудования, а также основные правила охраны труда на рабочем месте.

Может быть рекомендовано магистрантам, аспирантам технических вузов, специалистам предприятий технического сервиса и инженерно-техническим работникам.

УДК 629.33.027.2(075.8)

ББК 39.33я7

ISBN 978-985-583-457-2

© Ивашко В. С., Лойко В. А.,  
Изойтко В. М. 2022

© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Лабораторная работа № 1. Определение основных параметров оборудования для газопорошковой наплавки .....	5
2. Лабораторная работа № 2. Изучение устройства и подготовка к работе установки электродуговой металлизации КДМ-2 .....	14
3. Лабораторная работа № 3. Изучение устройства и подготовка к работе установки электродуговой сварки и наплавки АДГ-602.....	28
Литература .....	44

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящий практикум содержит лабораторные работы, в ходе выполнения которых студенты закрепляют и углубляют теоретические знания и получают практические навыки по дисциплинам «Механизация процессов технической эксплуатации» и «Средства технического оснащения автосервиса».

В каждой лабораторной работе предусматриваются разделы:

- цель и задачи работы;
- задание на выполнение работы;
- оснащение рабочего места;
- охрана труда;
- общие сведения с основными теоретическими положениями;
- порядок выполнения работы;
- требования к отчету.

Выполнение каждой лабораторной работы состоит из следующих самостоятельных этапов, тесно связанных между собой:

- домашняя самостоятельная подготовка;
- проверка преподавателем готовности студентов к выполнению лабораторной работы (путем проведения опроса, тестового контроля);
- изучение органов управления оборудованием и правил по охране труда;
- проверка комплектности рабочих мест;
- выполнение работы в требуемом порядке (дополнение исходных данных, разработка операций, проведение расчетов, выполнение схем, эскизов, графиков, заполнение таблиц);
- организационно-техническое обслуживание рабочего места, оформление отчета и защита результатов работы.

В объем самостоятельной работы при подготовке к лабораторной работе входит подготовка исходных данных, расчетных формул, эскизов, таблиц для очередной работы, проработка конспектов, настоящего лабораторного практикума и соответствующей дополнительной литературы. Объем и порядок самостоятельной работы студентов устанавливает преподаватель на предыдущем занятии. В зависимости от конкретных условий могут быть приняты и другие организационные решения проведения работ.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после усвоения ими правил охраны труда, что подтверждается их подписью в журнале протоколов проверки знаний по мерам безопасности при проведении лабораторных работ.

## Лабораторная работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ГОРЕЛКИ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ ГН-2

#### 1.1. Цель работы

Изучить устройство, параметры и подготовку к работе газового оборудования и газовой наплавочной горелки ГН-2.

#### 1.2. Задание на выполнение работы

1. Изучить технику безопасности при работе с газовым оборудованием и горелкой газопламенной наплавки ГН-2.

2. Изучить техническую документацию, устройство и принципы работы газового оборудования и горелки газопламенной наплавки ГН-2.

3. Ознакомиться с оснащением рабочих мест, устройством и работой оборудования, приспособлениями и инструментом.

4. Подготовить к работе с газовое оборудование и горелку газопорошковой наплавки ГН-2.

5. Определить весовым методом толщину слоя и рассчитать скорость нанесения покрытия, сравнить и занести данные в таблицу.

6. Оформить и защитить отчет.

#### 1.3. Оснащение рабочего места

- стол сварщика РМС-2;
- тиски стальные 8"-200 мм Rock FORCE 6540208;
- газовая горелка для наплавки ГН-2;
- газовые баллоны с кислородом и пропаном;
- газовые шланги;
- газовые редукторы для кислорода и пропана;
- защитные очки (щиток) по ГОСТ 12.4.013-85 со светофильтрами по ГОСТ 12.4.080-79;
- рукавицы;
- порошки наплавочные зернистостью 40–120 мкм;

– образцы из конструкционной стали 3 размером 5×50×50 мм – 5 шт.;

– штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-89.

#### **1.4. Охрана труда**

При проведении работ необходимо руководствоваться «Правилами безопасности труда и производственной санитарии при производстве ацетилена, кислорода и газопламенной обработке металла», а также следующим:

– к работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальный инструктаж для дипломированных газосварщиков не ниже 2-го разряда;

– запрещается проводить работы неисправной горелкой;

– строго соблюдать порядок подготовительных работ;

– не допускать падения баллонов, а также ударов их друг о друга или с различными предметами;

– тщательно закреплять баллоны на рабочем месте, чтобы они случайно не упали;

– хранить баллоны следует в вертикальном положении, с плотно навинченными предохранительными колпаками, вентилями вверх. Для хранения баллонов должны быть оборудованы специальные гнезда или клетки с барьерами, которые предохраняют баллоны от падения;

– устанавливать баллоны следует на расстоянии не менее 5 м от очагов с открытым огнем. В летнее время их необходимо защищать от нагрева солнечными лучами;

– перемещать баллоны на небольшие расстояния разрешается путем перекачивания в слегка наклоненном положении, переносить баллоны на руках или на плечах запрещается. Перемещать баллоны из одного помещения в другое только на специальных ручных тележках или на специальных носилках;

– отбор газа из баллона следует производить через редуктор, предназначенный для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет;

– перед присоединением редуктора необходимо продуть штуцер вентиля, на короткое время открыв баллон поворотом маховичка на

0,5 оборота, при этом нельзя находиться напротив штуцера вентиля, а также запрещено пробовать струю газа рукой;

– в случае образования обратного удара, погасить горелку, охладить мундштук и подтянуть гайки в разъемных соединениях;

– периодически очищать мундштук от прилипших частиц порошковых наплавочных материалов;

– использовать средства индивидуальной защиты: очки закрытого типа со сменными стеклами Г-3, рукавицы, сварочный фартук;

– строго запрещается открывать или закрывать вентиль кислородного баллона промасленными руками.

### **1.5. Общие сведения об устройстве и работе оборудования**

При газопламенной порошковой наплавке источником тепловой энергии является пламя, образующееся в результате горения смеси кислород-горючий газ (пропан).

Подача рабочих газов к горелке может осуществляться по шлангам (рис. 1.1) от баллонов (*а*), от газопроводов (*б*) и от баллона и ацетиленового генератора (*в*). Выбор схемы зависит от технологических возможностей предприятия, материалов и программы и номенклатуры производства и многих других факторов.

Основой конструкции горелок для наплавки и аппаратов для напыления является базовая схема сварочной горелки, которая служит для смешивания газа с кислородом и получения газового пламени.

Мощность, состав и форма сварочного пламени зависят от конструкции мундштуков наконечников горелок.

Наплавочные и сварочные горелки подразделяют:

а) по способу подачи горючего газа и кислорода в смесительную камеру – на инжекторные и безинжекторные;

б) по роду применяемого горючего газа – на ацетиленовые и для газов-заменителей;

в) по назначению – на универсальные (сварка, наплавка) и специализированные (выполнение одной операции);

г) по форме пламени – на однопламенные и многопламенные;

д) по мощности пламени – на микромощные (до 60 л/ч), малой (до 700 л/ч), средней (до 2500 л/ч) и большой мощности (до 7000 л/ч);

е) по способу применения – на ручные и машинные.

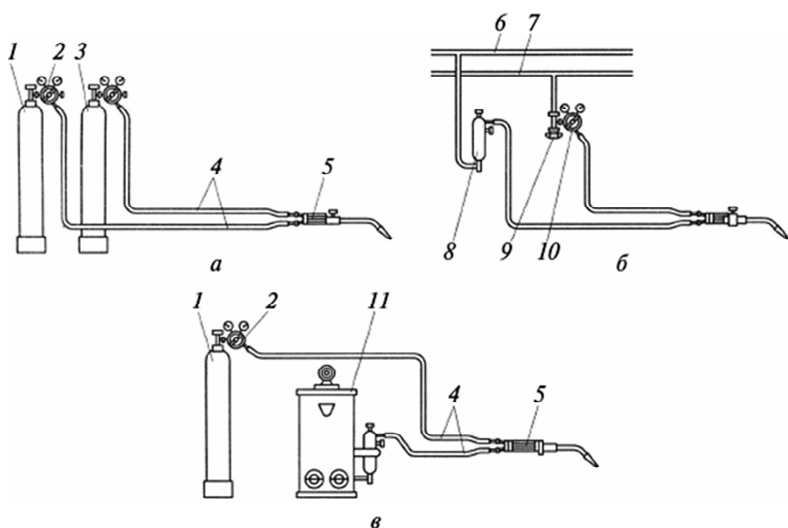


Рис. 1.1. Схемы питания газами рабочего поста:

*а* – от баллонов; *б* – от газопроводов; *в* – от ацетиленового генератора: 1 – баллон с кислородом; 2 – кислородный редуктор; 3 – баллон с ацетиленом; 4 – шланги; 5 – горелка; 6 – кислородный трубопровод; 7 – ацетиленовый трубопровод; 8 – водяной затвор; 9 – кислородный вентиль; 10 – кислородный постовый редуктор; 11 – ацетиленовый генератор

Горелки для газопорошковой наплавки, выполненные на базе сварочных горелок, отличаются от обычных горелок принципом работы и конструкцией: в горелках для наплавки предусмотрен питатель (бункер) с порошковым материалом.

Основная трудность при конструировании горелок – обеспечение разрежения канала порошкового бункера: существует возможность обратного удара пламени в бункер.

Для комплексной реализации технологического процесса восстановления деталей машин газопламенным нанесением порошковых материалов разработаны специализированные установки и посты.

Пост для газопорошковой наплавки состоит из стола сварщика, оснастки для наплавки деталей типа «вал», горелок марки ГН-2 для работы в ацетилене и для работы на пропане.

Горелки для газопорошковой наплавки марок ГН-1, ГН-2 и ГН-3 обеспечивают подачу рабочих газов и порошка с помощью системы инжекторов для ацетиленокислородной смеси.



Основные элементы горелки ГН-2 показаны на рис. 1.2.

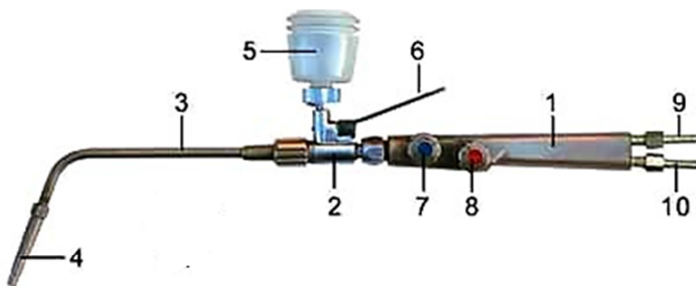


Рис. 1.2. Основные элементы наплавочной горелки ГН-2:  
 1 – ствол (рукоятка); 2 – узел подачи порошка; 3 – наконечник; 4 – мундштук;  
 5 – бункер для порошка; 6 – рычаг подачи порошка; 7 – вентиль кислорода;  
 8 – вентиль пропана (ацетилена); 9 – ниппель кислорода; 10 – ниппель пропана  
 (ацетилена)

Техническая характеристика горелки газопорошковой наплавки ГН-2 приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Техническая характеристика ГН-2

Наименование показателя	Номер мундштука	
	3А	4А
1. Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) кислорода горючего газа	0,2–0,4 (2,0–4,0) 0,02–0,08 (0,2–0,8)	0,3–0,5 (3,0–5,0) 0,03–0,1 (0,3–1,0)
2. Расход, л/ч, не более: кислорода горючего газа	420 400	750 700
3. Разрежение, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее: в канале горючего газа в бункере	–0,004 (–0,04) –0,020 (–0,20)	–0,01 (–0,1) –0,04 (–0,4)
4. Грануляция порошка, мкм	10–160	
5. Масса комплекта, кг, не более:	1,0	
6. Габаритные размеры, мм	520×210×55	540×230×55
7. Толщина наплавленного слоя (рекомендуемая), мм	0,1–5,0 (0,1–3,0)	0,2–10,0 (0,2–5,0)

Для всех способов газопламенного восстановления применяются порошки с гранулометрическим составом в пределах 40-100 мкм.

Горелка марки ГН-2 (рис. 1.2) – горелка средней мощности предназначена для ручной газопорошковой наплавки самофлюсующимися сплавами деталей массой до 5 кг в целях их восстановления и упрочнения. Горелка марки ГН-3 – горелка большой мощности предназначена для восстановления и упрочнения крупногабаритных деталей наплавкой ацетиленово-кислородным пламенем самофлюсующихся материалов. Горелка марки ГН-4 – предназначена для ручной и механизированной наплавки деталей цилиндрической формы методом поверхностного напыления и последующего оплавления порошковых самофлюсующихся сплавов. Конструкция горелок (рис. 1.3) перечисленных марок идентична.

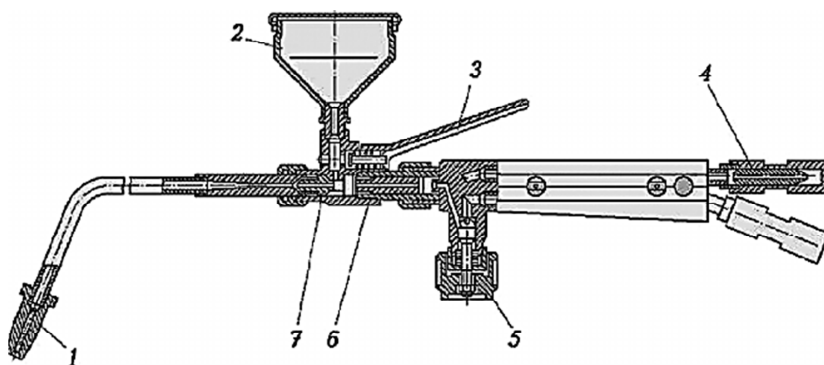


Рис. 1.3. Устройство горелки марки ГН-2 для газопорошковой наплавки:  
1 – мундштук; 2 – бункер для порошка; 3 – рычаг подачи порошка;  
4 – штуцер; 5 – вентиль; 6 и 7 – инжекторы

Они инжекционного типа, т. е. работают по принципу всасывания порошка из бункера, расположенного сверху горелки за счет создания разрежения при движении горючих газов в канале ствола.

Горелка состоит (рис. 1.3) из ствола, переходника с устройством для подачи порошка, наконечника, вентиля кислорода и горючего газа.

К стволу накидной гайкой присоединяется переходник с узлом подачи порошка. В переходнике установлен инжектор первой ступени. Механизм подачи порошка включает в себя бункер и рычаж-

ный механизм, обеспечивающий пуск и прекращение подачи порошка. Наконечник состоит из смесительной камеры с инжектором второй ступени, трубки и мундштука.

Напыляемый порошковый материал поступает в горелку из бункера, расположенного на верхней части горелки, разгоняется потоком транспортирующего газа (кислород-пропан) и на выходе из сопла попадает в активную часть пламени, где происходит его прогревание. Увлекаемые струей горячего газа частицы порошка попадают на обрабатываемую поверхность.

Группа специализированных горелок, предназначена для выполнения одной технологической операции: горелки для наплавки гранулированных самофлюсующихся порошковых сплавов хром-бор-никелевой основы (ГН-1, 2, 3), никель-алюминиевой основы с экзотермическими свойствами (ГН-4) или другой основы на поверхности новых или восстанавливаемых деталей машин и механизмов (табл. 1.2). В горелки ГН-1 и ГН-2 газ подается по резиноканевым рукавам с внутренним диаметром 6,3 мм, а в горелки ГН-3 и ГН-4 – по рукавам с диаметром 9 мм.

Таблица 1.2

Горелки для наплавки (газопорошковой).  
Технические характеристики

Параметры	ГН-1	ГН-2	ГН-3	ГН-4
Расход напыляемого порошка, кг/ч, менее	0,9	2	–	3,6
Давление горючего газа, МПа, не менее	0,01	0,01	0,02	0,03
Расход горючего газа, л/ч	140–300	350–600	150–1750	800–1100
Масса (без порошка), кг	0,75	0,77	1,1	1,3
Способ наплавки	Ручной, с подачей порошка через пламя с последующим оплавлением			Механизированный, с внешней подачей без оплавления
Назначение	Упрочнение и исправление дефектов отливок или механических повреждений деталей		Упрочнение и восстановление деталей	

Процесс газопорошковой наплавки деталей на пропане включает подготовку порошков, подготовку наплавочной горелки ГН-2, подготовку детали, собственно процесс наплавки, механическую обработку наплавленного слоя.

Для наплавки используют порошковые самофлюсующиеся порошки зернистостью 40–120 мкм. Порошковые материалы должны храниться в герметичной таре во избежание их загрязнения и влагопоглощения.

## 1.6. Порядок выполнения работы

1. Очистить поверхность образцов пескоструйной обработкой до получения матовой поверхности.

2. Рассчитать расход газов и толщину наплавленного слоя:

– полный расход газа  $Q$ :

$$Q = q \cdot t,$$

где  $q$  – тепловая мощность газового пламени, л/ч;

$$q = A \cdot S,$$

$A$  – коэффициент тепловой мощности, л/ч мм.  $A = 75–130$  л/ч мм;

$S$  – толщина наплавляемого слоя, мм;

$t$  – время наплавки, ч.

$$t = L/V,$$

$L$  – длина наплавки, м;

$V$  – скорость наплавки, м/ч.

$$V = C \cdot S,$$

$C$  – коэффициент скорости наплавки, мм/ч.  $C = 12–15$  мм/ч.

3. Подключить газовую горелку ГН-2 к баллонам кислорода и пропана через редукторы (кислородный ДСК-66, пропановый ДПС-66), используя соответствующие шланги.

4. Выбрать в соответствии с заданием преподавателя и результатами расчета наконечник и установить на горелку, используя специальный инструмент.

5. Установить давление кислорода в рабочей камере редуктора 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>), а давление пропана 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>).

6. Заполнить бункер на 2/3 объема порошковым материалом. Полностью открыть вентиль кислородного баллона и проверить разрежение в канале нажатием на рычаг горелки 3 (рис. 1.2).

7. Включить вытяжную вентиляцию, открыть на 25 % оборота кислородный и на 1 оборот пропановый вентили горелки и зажечь горючую смесь. Затем поочередно открывая кислородный и пропановый вентили горелки, отрегулировать пламя заданной мощности.

8. Подать нажатием на рычаг горелки 3 (рис. 1.2) порошок в наплавочную горелку и убедиться, что процесс наплавки пошел.

9. Закрыть вентили на горелке и баллонах, выключить вентиляцию.

10. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

## 1.7. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Оснащение рабочего места.
3. Основные положения по охране труда.
4. Общие сведения об устройстве и работе оборудования, устройство и характеристика горелки наплавочной ГН-2.
5. Расчет расходов газов и толщины наплавленного слоя.
6. Выбор основных параметров (давления и расход газов).
7. Выводы.

## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПОДГОТОВКЕ К РАБОТЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КДМ-2

#### 2.1. Цель работы

Ознакомиться с устройством и характеристиками установки КДМ-2, изучить конструкцию параметры электродугового металлизатора ЭМ-14М, получить практические навыки подготовки их к работе.

#### 2.2. Задание на выполнение работы

1. Изучить технику безопасности при работе с установки электродуговой металлизации КДМ-2 с металлизатором ЭМ-14.
2. Изучить техническую документацию, устройство и принципы работы установки электродуговой металлизации КДМ-2 с металлизатором ЭМ-14.
3. Ознакомиться с оснащением рабочих мест, устройством и работой оборудования, приспособлениями и инструментом.
4. Рассчитать или выбрать из таблиц основные параметры электродуговой металлизации.
5. Подготовить к работе установку электродуговой металлизации КДМ-2 с металлизатором ЭМ-14.
6. Включить оборудование и проверить его работу.
7. Оформить и защитить отчет.

#### 2.3. Оснащение рабочего места

- комплект оборудования газотермического нанесения покрытий КДМ-2 с электродуговым металлизатором ЭМ-14;
- стол сварщика РМС-2;
- тиски стальные 8"-200 мм Rock FORCE 6540208;
- компрессор с системой очистки (осушки) сжатого воздуха или баллоны со сжатым воздухом;
- токарно-винторезный станок;
- сварочная, наплавная проволока диаметром 2 мм;

- образцы из конструкционной ст3 размером 5×50×50 мм с пескоструйной (дробеструйной) поверхностью;
- газовые шланги;
- газовые редукторы;
- защитные очки (щиток) по ГОСТ 12.4.013-85 со светофильтрами по ГОСТ 12.4.080-79, рукавицы;
- штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-89.
- секундомер часового типа.

## **2.4. Охрана труда**

При эксплуатации комплекта необходимо соблюдать «Межотраслевые правила по охране труда при нанесении металлопокрытий», ПОТ Р М-018-2001, «Из-во НЦ ЭНАС», Москва, 2001 г.:

- к работе по подготовке комплекта КДМ-2 допускаются лица не моложе 18 лет в присутствии преподавателя и ответственного за оборудование инженера кафедры ТЕА после подробного инструктажа по технике безопасности на рабочем месте и росписи в журнале;

- все электрооборудование поста металлизации и комплект КДМ-2 должны быть заземлены в соответствии с требованиями правил устройства эксплуатации электроустановок;

- с целью защиты от действия электрической дуги, шума, защиты дыхательных путей и кожного покрова от пыли оператор обязан пользоваться очками, наушниками, респиратором и быть одетым в комбинезон с обязательным использованием перчаток или рукавиц;

- рабочее место для металлизации должно быть оборудовано местной приточно-вытяжной вентиляцией, а скорость отсоса воздуха в рабочей зоне должна быть не менее 1,5 м/с в соответствии с «Санитарными нормами СН 245-71»;

- участок металлизации должен быть огорожен сплошной перегородкой из несгораемого материала;

- помещение для выполнения работ должно соответствовать «Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий СН 245-71» и «Противопожарным требованиям СН и П 11-А, 5-20 предприятий и населенных мест»;

- электрооборудование и электрическая проводка должны соответствовать «Правилам техники безопасности при эксплуатации электрических установок промышленных предприятий».

– при работе на комплекте КДМ-2 обязательно следовать инструкциям, изложенным в паспортах на «Комплект электродуговой металлизации КДМ-2», на аппарат металлизации ЭМ-14 и на источник тока сварочного тока.

***Запрещается:***

- направлять инструмент или струю сжатого воздуха на людей или на себя;
- превышать рекомендованное рабочее давление;
- проводить настройку и регулировку распылительной головки электродугового аппарата под напряжением;
- проводить ремонт металлизатора и другой аппаратуры на рабочем месте;
- эксплуатировать электродуговой металлизатор без защитного экрана на воздушном колпаке, при наличии неисправностей аппарата, без средств защиты. При обнаружении неисправности следует немедленно прекратить работу, отключить оборудование.

## **2.5. Общие сведения об устройстве и работе оборудования**

Сущность металлизации заключается в том, что на заранее подготовленную поверхность наносят слой мельчайших частиц (диаметром 0,01–0,015 мм) расплавленного металла, распыленного струей сжатого воздуха под давлением 0,5–0,6 МПа и скоростью 150–200 м/с. Восстанавливаемая поверхность нагревается до температуры 70–100 °С, что значительно ниже температуры при использовании метода наплавки, зона термического влияния мала и деталь не подвергается разного рода температурным деформациям. Это очень важно при восстановлении изношенных поверхностей деталей, где строго оговаривается точность взаимного расположения поверхностей (например, шпиндели станков, распределительные валы, промежуточные валы механизмов передачи движения и т. д.).

Оборудование электродуговой металлизации применяют для восстановления поверхностей с износом от 0,02 до 10 мм.

***Электродуговая металлизация*** на установке осуществляется следующим образом: к соплу электрометаллизатора 7 (рис. 2.1). ЭМ-14, закрепленного на суппорте станка, с катушек 6 подводятся две ветви присадочной стальной проволоки, одновременно к ним через



понижающий трансформатор 5 подают электрический ток напряжением 35 В. У сопла обе проволоки сближаются и соприкасаются, между ними возникает электрическая дуга, и концы проволоки расплавляются.

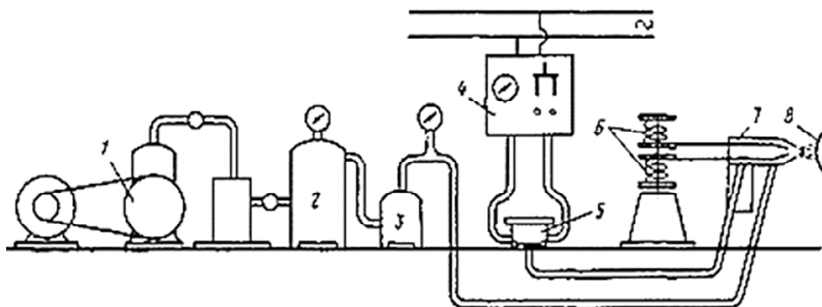


Рис. 2.1. Схема установки электродуговой металлизации КДМ-2:

- 1 – компрессорная установка; 2 – воздухохорбник; 3 – масло-влагодотделитель; 4 – шит управления; 5 – понижющий трансформатор; 6 – катушки с проволокой; 7 – электрометаллизатор ЭМ-14; 8 – металлизиремая деталь

Для распыления расплавленного металла и направления его на металлизиремую поверхность детали 8, установленной в центрах станка, к электрометаллизатору подводят сжатый воздух от компрессорной установки 1 через воздухохорбник 2 и масло-влагодотделитель 3.

Комплект электродуговой металлизации КДМ-2 включает в себя электрораспылитель (электродуговой металлизатор) ЭМ-14, тиристорный источник питания ТИМЕЗ-500, переносную стойку с катушками для присадочного материала (проволоки), пульт управления, воздушный фильтр и средства индивидуальной защиты оператора. Применение тиристорного источника питания с жесткой вольт-амперной характеристикой обеспечивает высокую стабильность процесса, расплавление присадочных проволок с минимальным разбрызгиванием. Контролируется также расход воздуха. Управление осуществляется автоматически.

Преимущества установок электродуговой металлизации: возможность получения наращенного слоя любой толщины (от 0,01 до 10 мм и выше), что позволяет восстанавливать детали с большим износом; структура основного металла ремонтируемых деталей после металлизации не изменяется, так как процесс протекает при невысоких температурах (60–80 °С); возможность металлизации деталей, изго-

товленных из разных материалов (металлы, дерево, стекло, пластмассы и др.) любых размеров и конфигураций; нанесенный слой металла обладает способностью поглощать и удерживать смазку; относительная простота применяемого оборудования.

Основной недостаток, ограничивающий его применение – низкая прочность сцепления нанесенного слоя с основным металлом детали (10–20 МПа), что может привести к его отслаиванию, особенно при динамических нагрузках.

Установки электродуговой металлизации применяют для восстановления изношенных шеек валов, работающих в условиях безударной нагрузки; изношенных поверхностей под неподвижные посадки зубчатых колес, шкивов, подшипников качения; для заделки трещин на ненагруженных участках чугунных деталей; для заделки дефектов литья (раковин, пор и т. п.); для нанесения износостойких антикоррозионных и антифрикционных покрытий.

Схема работы электрометаллизатора показана на рис. 2.2. Две ветви металлической проволоки 3, на которые с помощью токоведущих пластин (щеток) 2 подается разность потенциала от источника сварочного тока 1, из автономных катушек с помощью роликовых механизмов 5 направляются в сопло под некоторым острым углом (обычно  $\approx 30^\circ$ ) друг к другу, расплавляются электрической дугой, возникающей между ними в точке соприкосновения 4, затем распыляются струей сжатого воздуха давлением 0,5–0,6 МПа на частицы от 2 до 100 мкм, разгоняются до высокой скорости и, попадая на поверхность детали 6, покрывают ее мельчайшими частицами 7.

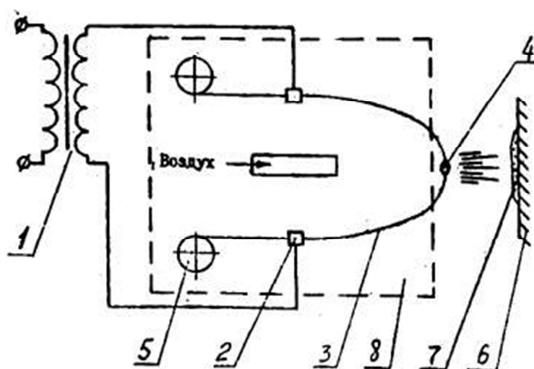


Рис. 2.2. Схема работы электродугового металлизатора ЭМ-14

Расплавленные частицы движутся за счет сжатого воздуха со скоростью 100–250 м/с и при ударе о покрываемую (металлизируемую) поверхность, сцепляются с ней, образуя сплошное покрытие.

Токоведущие пластины (щетки) 2 служат для подвода электроэнергии к проводам-электродам от источника напряжения 1 (комплект электродуговой металлизации КДМ-2). Подается проволока из кассет с помощью роликовых механизмов 5, что позволяет регулировать скорость ее движения, направляется в зону плавления.

При всех способах металлизации технологический процесс состоит из подготовки детали, обоснования параметров электродуговой металлизации и подготовки оборудования работе, нанесения покрытия, обработки после металлизации.

Электродуговой металлизацией можно восстанавливать поверхности с износом от 0,02 до 10 мм.

Преимущества метода состоят в том, что покрытия отличаются высокой износостойкостью при работе в узлах трения, причем возможно восстанавливать поверхности деталей из черных и цветных металлов.

Восстанавливаемая поверхность нагревается до температуры 70–100 °С, что значительно ниже температуры при использовании метода наплавки, поэтому деталь не подвергается разного рода температурным деформациям. Это очень важно при восстановлении изношенных поверхностей деталей, где строго оговаривается точность взаимного расположения поверхностей (например, шпиндели станков, распределительные валы, промежуточные валы механизмов передачи движения и т. д.).

Таблица 2.1

Технические характеристики установок электродуговой металлизации КДМ-2

Параметры оборудования	КДМ-2
Производительность при напылении металла, кг/ч:	
алюминия	12,5
цинка	32,0
стали	10
Диаметр распыляемой проволоки, мм	1,5–2
Скорость подачи проволоки, м/мин	2–12

Параметры оборудования	КДМ-2
Наибольший расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	90
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5–0,6
Рабочий ток, А	400
Напряжение, В дуги (рабочее)	17–44
рабочее питающей сети	380
Потребляемая мощность, кВт	25
Масса, кг	470

Несмотря на перечисленные преимущества этот способ имеет ряд недостатков: невысокая прочность сцепления покрытия с основой, трудности подготовки к металлизации поверхностей с большой поверхностной твердостью (термообработанные) и значительные потери металла (повышенный расход сварочной проволоки).

Нанесение металла на восстанавливаемую поверхность обеспечивается электродуговым металлизатором ЭМ-14М, который предназначен для подачи и расплавления присадочного материала (проволоки), распыления струей сжатого газа расплавленных частиц и нанесения их на подготовленную поверхность.

Устройство аппарата ЭМ-14М дано на рис. 2.3, 2.4, 2.5: показаны турбинный привод (рис. 2.3) с индукционным регулятором скорости подачи (рис. 2.4), трехступенчатый редуктор механизма подачи проволоки, распылительная головка (рис. 2.5).

Привод турбинный обеспечивает вращение червяка 5 (рис. 2.3), от которого передается вращение подающим роликам механизма подачи проволоки, и плавную регулировку их числа оборотов. При подаче сжатого воздуха на лопатки рабочего колеса 4 турбины вал турбины 5 начинает вращаться. Скорость вращения колеса турбины может достигать 35 000 об/мин.

Ротор 3 турбины вращается внутри кольцевого зазора, образованного внутренней поверхностью магнитопровода 6 и наружной поверхностью постоянного магнита 2. В роторе при этом будут наводиться индукционные токи, тормозящие его вращение. Величина индукционных токов, а следовательно, и тормозящего момента будет

зависеть от степени заглубления магнита во внутрь кольца, которое регулируется маховичком 1, связанным с постоянным магнитом 2.

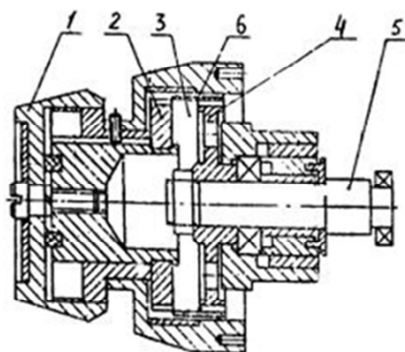


Рис. 2.3. Привод турбинный подачи проволоки в зону плавления

Устройство электрометаллизатора ЭМ-14 показано на рис. 2.4. Редуктор трехступенчатый для подачи проволоки (рис. 2.4) имеет две червячные передачи: червяк 12 и червячное колесо 7 – первая передача, червяк 8 и червячное колесо 13 – вторая передача.

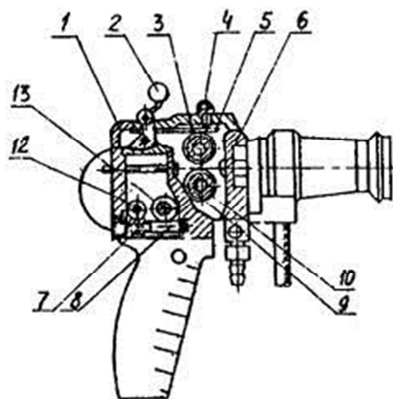


Рис. 2.4. Устройства электрометаллизатора ЭМ-14

Двухступенчатый червячный редуктор передает вращение на третью ступень, состоящую из двух цилиндрических колес, обеспечивающих изменение подачи проволоки со скоростью 55–12 м/мин

и 2–6,5 м/мин. Механизм подачи проволоки состоит из ведущих роликов 10, закрепленных на изоляционных втулках 9. На откидной верхней крышке 1 закреплены на качающейся подвеске 3 прижимные ролики 5. При работающем аппарате крышка должна быть закрыта и ее положение зафиксировано с помощью рукоятки 2. Необходимое усилие нажатия прижимных роликов на проволоку устанавливается с помощью нажимного винта 4, расположенного на крышке.

Головка распылительная (рис. 2.5) состоит из передней стенки 2, изготовленной из изоляционного материала, с установленными токоведущими шинами 11, к которым припаяны контактные трубки 1.

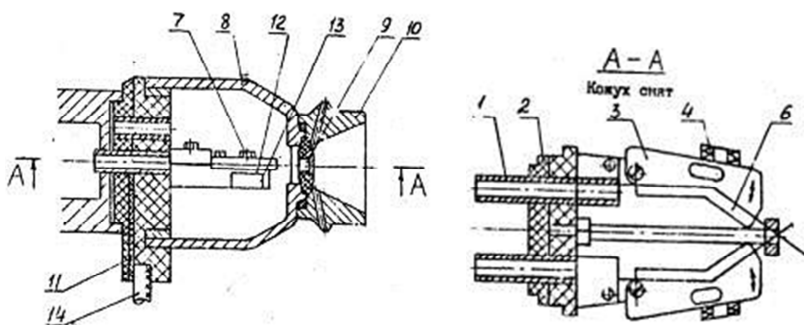


Рис. 2.5. Головка распылительная

Трубки одновременно служат для закрепления головки на корпусе аппарата. Болты, с помощью которых закрепляют распылительную головку, имеют внутри отверстие, через которое проходит проволока в распылительную головку. В верхней поверхности башмаков закреплены направляющие пластины 3, с помощью которых ток подается к проволоке. Для получения хорошего контакта и фиксирования точки скрещивания проволок их прижимают к направляющим пластинам специальными вкладышами 6. Вкладыши вставляют в скобы 13, прижимаемые пружинами 4. На переднюю стенку навертывают колпак 8, внутри которого размещены башмаки с закрепленными на них деталями. Через отверстия в передней стенке сжатый воздух поступает во внутреннюю полость колпака.

Истечение воздуха происходит из сопла 9, через которое также проходят движущиеся проволоки. На передней части колпака надет защитный экран 10, в распылительной головке аппарата предусмот-

рена возможность регулирования положения точки скрещивания проволок. Регулирование достигается за счет поворота башмаков на контактных трубках и перемещения направляющих пластин по верхней поверхности башмаков с помощью эксцентрических винтов 7.

На нижней части передней стенки к выступающим шинам подсоединяются кабели 14 от источника тока.

Аппарат ЭМ-14 входит в состав установки КДМ-2, предназначенной для нанесения металлических покрытий из цинка, алюминия, стали, молибдена и других металлов с целью защиты изделий от коррозии, восстановления изношенных деталей механизмов и машин.

При восстановлении деталей, имеющих форму тел вращения, электродуговой металлizador устанавливают в суппорте, а деталь – в центрах или патроне.

Установка металлizador на суппорте токарного станка (поперечная каретка) позволяет регулировать расстояние от сопла металлizador до восстанавливаемой поверхности. Вдоль восстанавливаемой поверхности металлizador перемещается вручную или с помощью механической подачи (продольной) суппорта.

Окружная скорость вращения детали в пределах 0,13–0,33 м/с. Продольная подача в пределах 1–5 мм/об.

При выборе режимов металлзации пользуются графиками производительности аппарата ЭМ-14М (рис. 2.6) и табл. 2.2.

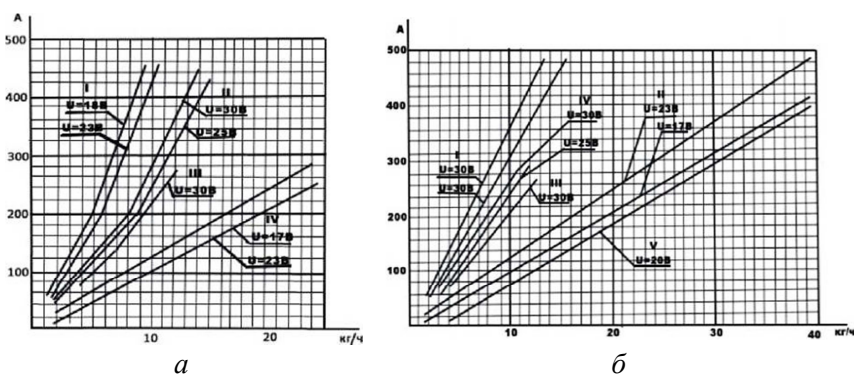


Рис. 2.6. Графики определения производительности распыления проволоки:  
 а – для проволоки  $\varnothing 1,5-1,6$  мм: I – алюминий и его сплавы;  
 II – сталь малоуглеродистая; III – молибден; IV – цинк;  
 б – для проволоки  $\varnothing 2$  мм: I – алюминий и его сплавы; II – цинк;  
 III – молибден; IV – сталь малоуглеродистая; V – цинк  $\varnothing 2,5$  мм

Например: при напылении стали малоуглеродистой для производительности 10 кг/ч рекомендуется ток  $I = 250$  А, напряжение  $U = 25$  В. Восстанавливаемая деталь с поверхностью вращения 3 (рис. 2.7) крепится в патроне токарно-винторезного станка 2.

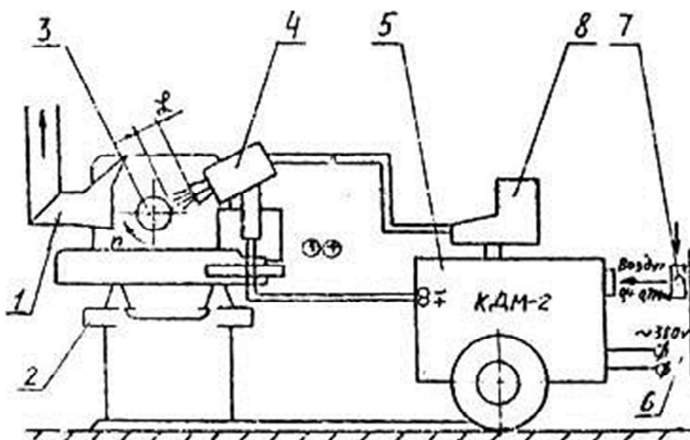


Рис. 2.7. Схема установки для металлизации деталей типа тел вращения на основе КДМ-2

Электродуговой металлизатор 4 (мод. ЭМ-14М) крепится на поперечной каретке станка или в резцедержателе, что позволяет регулировать расстояние до напыляемой поверхности и обеспечивает механическое регулируемое перемещение металлизатора относительно восстанавливаемой поверхности.

Привод вращательного движения шпинделя станка позволяет регулировать число оборотов восстанавливаемой поверхности.

Источник питания 5 с кассетами 8 устанавливается на расстоянии от металлизатора 4 и подключается к воздушной магистрали 7 и источнику питания электрической дуги.

Для соблюдения техники безопасности при выполнении металлизационных работ стенд имеет вытяжную вентиляцию 1.



Таблица 2.2

**Основные технологические параметры и характеристика  
электродугового металлатора ЭМ-14**

Вес		3 кг		
Давление сжатого воздуха		0,5–0,6 МПа		
Расход сжатого воздуха		Для сопла $d = 6$ мм		Для сопла $d = 7$ мм
		1,8 м <sup>3</sup> /мин		2,4 м <sup>3</sup> /мин
Номинальная производительность		Цинковая проволока $\varnothing = 2$ мм (200 А)		Алюминиевая проволока $\varnothing = 2$ мм (200 А)
		20 кг/ч		65 кг/ч
Напряжение и токи	Распыляемый материал	Диаметр проволоки, мм	Напряжение без нагрузки	Рабочая сила тока, А
	Цинк, алюминий, сплавы свинцово-олово	1,2–1,3	20–28	50–80
	Цинк, алюминий	2	22–28	150–200
	Медь	1,3–2,0	3540	100–200
	Углеродистая сталь, нержавеющая сталь	1,6–2,0	3540	120–200

### 2.6. Порядок выполнения работы

Перед выполнением работы изучить материалы технической документации, лабораторной работы и инструкцию правил техники безопасности и сдать запись в журнале регистрации инструктажей.

1. Подготовить к металлзации образец ст3 с размерами 5×50×50.
2. Установить 2 катушки проволоки (диаметр 2 мм) и заправить концы в подающие механизмы, обеспечив при этом надежный электрический контакт с токоподводящими пластинами (щетками) и сходимость свободных концов проволок точно на оси сопла.
3. Включить источник тока пакетным выключателем на задней стенке согласно инструкции по эксплуатации.
4. Открыть запорный воздушный кран. Тумблер на дистанционном пульте должен при этом находиться в положении «выключен».

5. Открыть воздушный кран на аппарате ЭМ-14М.

6. Включить тумблер на дистанционном пульте управления, при этом вольтметр будет показывать величину рабочего напряжения, подаваемого на аппарат ЭМ-14М (если рабочее напряжение требуется изменить, то необходимо ручкой установить требуемое напряжение).

7. Включить подачу проволоки (см. паспорт аппарата ЭМ-14М).

8. Отрегулировать скорость подачи проволоки на аппарате до требуемой производительности (по силе тока, фиксируемой амперметром на пульте управления); при кратковременном прекращении работы остановите подачу проволоки, приподняв рукоятку на аппарате.

*Примечание.* При остановке процесса после прекращения подачи проволоки **сначала** выключить напряжение тумблером на пульте дистанционного управления, а **затем** закрыть кран на аппарате.

9. Исходя из требуемой толщины наплавки выбрать диаметр проволоки, определить ток дуги и остальные параметры элетродуговой металлзации, используя номограмму рис. 2.6 и табл. 2.2.

10. Для заданной производительности металлзатора выбрать режим металлзации:  $U$  – напряжение – В, ток – А, число оборотов заготовки  $n$  – (от 40 до 200 об/мин в зависимости от диаметра восстанавливаемой поверхности),  $J$  – расстояние до торца распылительного наконечника до восстанавливаемой поверхности, давление сжатого воздуха в пределах 0,5–0,6 МПа и расход до 90 м<sup>3</sup>/ч.

11. Настроить параметры металлзатора ЭМ-14М, руководствуясь результатами расчетов и номограммой рис. 2.6.

12. Проверить работу механизма подачи проволок в распылитель и оценить скорость.

13. Предъявить преподавателю подготовленную к металлзации установку КДМ-2.

14. Включить установку, включить воздух, произвести апробирование работы.

15. Отключить установку, обесточить и перекрыть вентиль подачи сжатого газа;

16. Сравнить измеренное время металлзации с временем, полученным по номограмме (см. рис. 2.6).

17. Данные, полученные при выполнении лабораторной работы, занести в отчет.

## 2.7. Содержание отчета

По результатам проделанной работы составить отчет, в котором указать:

1. Название, цель и задание на выполнение работы.
2. Сведения об оснащении рабочего места, применяемых приспособлениях и инструменте.
3. Общие сведения о принципе действия, устройстве и работе оборудования, включая схему установки и конструкции ее основных составных частей электродугового металлатора и техническую характеристику.
4. Сведения об обоснованных параметрах для электродугового металлатора: токе и напряжении на дуге, скорости подачи проволок, расходе сжатого газа, скорости перемещения металлатора относительно восстанавливаемой поверхности.
5. В таблицу занести выбранные параметры для проведения металлации **выбранные по номограмме**.
6. Вывод о готовности оборудования к работе по заданным преподавателем параметрам.

## Лабораторная работа № 3

# ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ АДГ-602

### 3.1. Цель работы

Изучить устройство, параметры и подготовку к работе установки электродуговой сварки и наплавки АДГ-602.

### 3.2. Задание на выполнение работы

1. Изучить правила безопасной работы, техническую документацию, устройство и принципы работы установки, техническую характеристику и правила технической эксплуатации установки сварки и наплавки в среде углекислого и других защитных газов.

2. Ознакомиться с оснащением рабочего мест, устройством и работой оборудования, приспособлениями и инструментом.

3. В соответствии с заданием преподавателя (инженера) рассчитать или выбрать из таблиц основные параметры электродуговой сварки (наплавки) в среде защитных газов на полуавтоматической установке АДГ-602.

4. Подготовить к работе полуавтоматическую установку АДГ-602 к электродуговой **сварке (наплавке)** в среде защитных газов в соответствии с полученным от преподавателя (инженера) заданием.

5. Предъявить подготовленную к выполнению работ по сварке (наплавке) установку преподавателю.

6. В присутствии и под наблюдением инженера включить оборудование и проверить его работу.

7. Оформить и защитить отчет.

### 3.3. Оснащение рабочего места

- установка АДГ-602 для сварки и наплавки в среде  $\text{CO}_2$  с источником питания электрической дуги ВДГ-601-1УЗ;
- станок токарный;
- верстак слесарный ОРГ-1468-06-092А;

- стол сварщика РМС-2;
- защитные очки (щиток) по ГОСТ 12.4.013-85 со светофильтрами по ГОСТ 12.4.080-79;
- очки защитные с простыми стеклами, рукавицы;
- присадочная проволока ГОСТ 2246-70, ГОСТ 10543-75;
- баллон с углекислым газом ТУ 6-21-32-78;
- редуктор газовый углекислотный ДЗД-1-59-М или У-30 ГОСТ 6266-78;
- шланги газовые и сварочные шланги SEMPERIT GAS Ø12;
- штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-89;
- секундомер часового типа;
- образцы из конструкционной ст3 размером 5×50×50 мм с пескоструйной (дробеструйной) поверхностью.

### **3.4. Охрана труда**

Перед началом выполнения лабораторной работы на установке обучаемые обязаны пройти инструктаж на рабочем месте по охране труда и расписаться в журнале инструктажа лаборатории:

- к работе по подготовке установки АДГ-602 допускаются лица не моложе 18 лет, изучившие настоящие методические указания, техническую документацию, получившие задание, только в присутствии преподавателя и ответственного за оборудование инженера кафедры ТЕА;

- все электрооборудование поста и компоненты установки АДГ-602 должны быть надежно заземлены в соответствии с требованиями правил устройства эксплуатации электроустановок;

- с целью защиты от действия электрической дуги, шума, защиты дыхательных путей и кожного покрова от пыли оператор обязан пользоваться очками, наушниками, респиратором и быть одетым в комбинезон с обязательным использованием перчаток или рукавиц, рабочее место оснащается резиновым ковриком;

- рабочее место для электродуговой сварки и наплавки в среде защитных газов должно быть оборудовано местной приточно-вытяжной вентиляцией, а скорость отсоса воздуха в рабочей зоне должна быть не менее 1,5 м/с в соответствии с санитарными нормами СН 245-71;

– электрооборудование и электрическая проводка должны соответствовать «Правилам техники безопасности при эксплуатации электрических установок».

– при выполнении работ по подготовке АДГ-602 следовать настоящей инструкции и рекомендациям, изложенным в паспортах на установку сварки и наплавки в среде защитных газов АДГ-602, на наплавочную головку и источник **тока** сварочного тока;

– при работе с баллонами с защитным газом следует избегать сильных толчков и ударов по баллону, не допускать нагрева свыше 40 °С;

– соблюдать правила эксплуатации сосудов, работающих под давлением;

– в помещении должны быть средства пожаротушения (песок, вода, огнетушители);

– запрещается начинать сварку, пока находящиеся рядом люди не будут защищены от дуги;

– запрещается прикасаться руками к токоведущим частям установки;

– запрещается производить ремонт оборудования без полного обесточивания установки;

– при появлении напряжения в частях сварочного оборудования, не являющихся токоведущими, необходимо немедленно отключить установку и сообщить инженеру и преподавателю.

### **3.5. Общие сведения об устройстве и работе оборудования**

Принцип работы установки основывается на расплавлении механически подаваемой в направлении восстанавливаемой (свариваемой) поверхности присадочной проволоки в зону горения дуги одновременно с подачей под давлением углекислого газа, или смеси защитных газов, одним из компонентов которой является CO<sub>2</sub> и нейтральный газ (Ar, He и др.), благодаря которым столб электрической дуги и особенно ванна расплавленного металла зоны сварки (наплавки) изолируются от кислорода, водорода и азота, содержащихся в окружающем воздухе, и не подлежат окислению, азотированию. На рис. 3.1 показана схема установки электродуговой сварки

(наплавки) в среде защитных газов и устройство горелок сварочных (наплавочных) с плавящимся (расходуемым) (а) и неплавящимся (б) электродом.

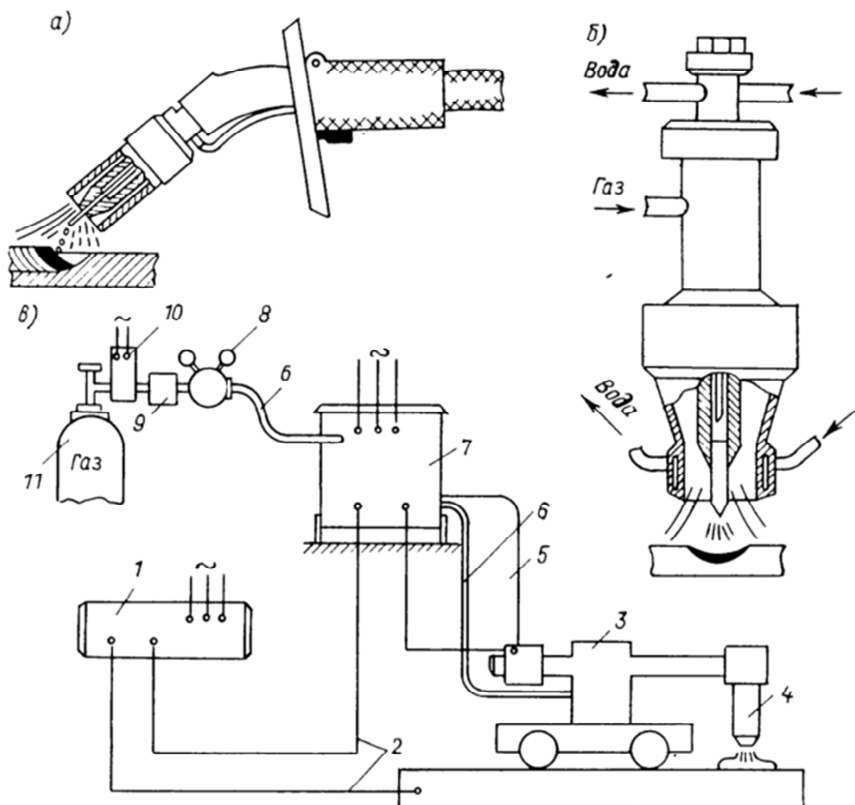


Рис. 3.1. Схема установки для сварки в защитных газах;  
 а – горелка для полуавтоматической сварки плавящимся электродом; б – горелка для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом; в – общая компоновка установки для автоматической сварки: 1 – источник постоянного тока с жесткой характеристикой; 2 – сварочные провода; 3 – сварочный автомат тракторного типа; 4 – сварочная горелка; 5 – кабель связи управления; 6 – газоподводящий шланг; 7 – шкаф управления; 8 – газовый редуктор, снабженный расходомером газа; 9 – осушитель газа; 10 – подогреватель газа; 11 – баллон с газом (CO<sub>2</sub> или смесь защитных газов)

Основными узлами установок являются источники питания (выпрямители), сварочные горелки, редукторы, осушители и подогреватели газа, механизмы подачи проволоки, аппарата управления.

При сварке в  $\text{CO}_2$  и в смесях защитных газов используются выпрямители с поглощающей или жесткой внешней характеристикой.

Выпрямители типа ВС, такие как ВС-300, ВС-500, ВС-300 и др., состоят из понижающего трансформатора с переключателями первичной обмотки, позволяющими обеспечивать грубое и тонкое регулирование напряжения, подаваемого после вторичной обмотки на селеновые выпрямительные блоки. Внешние характеристики выпрямителей ВС пологопадающие.

Выпрямители типа ИПП имеют пологопадающую внешнюю характеристику. Используются выпрямители ИПП-120П, ИПП-30П, ИПП-500П и др. Как и выпрямители типа ВС, они имеют трехфазный понижающий трансформатор и блок селеновых выпрямителей.

Отличаются электрической схемой, конструкцией, имеют грубую (ступенями) и плавную регулировку напряжения (в пределах каждой ступени). Плавное изменение напряжения можно выполнять под нагрузкой, грубое (ступенями) – при отключенной нагрузке.

Выпрямитель типа ВДГ-601-1УЗ в основном имеет электрическую схему, подобную схеме выпрямителей ИПП.

Выпрямители типов ВСС и ВД имеют падающую внешнюю характеристику. Выпрямительные блоки ВСС-120-4, ВСС-300-3, ВД-102 и ВД-302 собраны из селеновых вентилей, а ВД-101, ВД-301, ВД-303 – из кремниевых вентилей.

Преобразователи типов ПГС-500, ПСУ-300, ПСУ-500 и др. состоят из сварочного генератора и приводного асинхронного электродвигателя, смонтированных в одном корпусе, установленном на колесах. Сварочные генераторы обеспечивают получение жестких или пологопадающих внешних характеристик.

В последнее время нашли наибольшее применение в качестве источников сварочного тока инвенторные IGBT-типа импульсные источники. Они могут выдавать любую вольт-амперную характеристику (крутопадающую, жесткую, полого возрастающую и их вариации), что позволяет качественно сваривать тонкий металл с высокой производительностью и небольшим разбрызгиванием.

Сварочные горелки предназначены для подвода к месту сварки электродной проволоки, тока и защитного газа. При сварке током до



500 А возможно использование горелок без водяного охлаждения. Горелки для ручной полуавтоматической сварки соединяются с механизмом подачи проволоки гибким шлангом, по которому подаются к горелке сварочная проволока, защитный газ и ток.

Промышленность серийно выпускает горелки с гибкими шлангами на токи 150–630 А (например, горелки А-547 на 150; ГДПГ-3018 на 315 А; ГПДГ-501-4 на 500 А и др.).

*Комплект газовой аппаратуры* включает баллон с  $\text{CO}_2$ , подогреватель газа, редуктор, осушитель и газовый клапан.

*Баллоны* имеют емкость 40 л. Углекислый газ в баллоне находится в жидком состоянии при давлении 5–7 МПа. В баллоне обычно 25 кг жидкого  $\text{CO}_2$  или смеси защитных газов, при испарении которых получают  $12,5 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$  или смеси защитных газов.

Для получения углекислого газа или смеси защитных газов необходим подвод тепла для их испарения. При температуре баллона 22–25 °С можно получить непрерывный отбор газа 20–25 л/мин. При большем отборе или низких температурах питать сварочный пост следует от нескольких баллонов.

*Редукторы* предназначены для снижения давления газа до рабочего, при котором газ поступает в горелку. Применяются редукторы типа У-30 (рис. 3.2) и ДЗД-59-М, которые одновременно являются расходомерами.

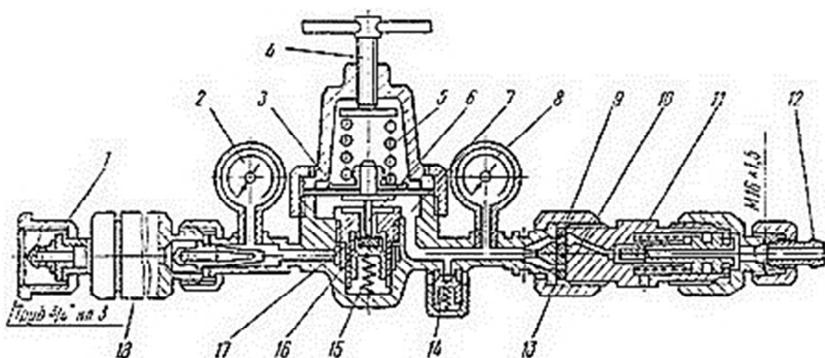


Рис. 3.2. Устройство газового редуктора У-30 для углекислого газа:

- 1 – накидная гайка; 2, 8 – манометры; 3 – мембрана; 4 – винт регулировочный;
- 5 – пружина; 6 – игла; 7 – камера низкого давления; 9, 13 – калиброванные отверстия;
- 10 – канал; 11 – клапан; 12 – штуцер; 14 – предохранительный клапан; 15 – пружина;
- 16 – клапан; 17 – седло; 18 – подогреватель

*Подогреватели газа* делают электрическими и устанавливают перед редуктором. Подогреватель обеспечивает подогрев газа до 40–80 °С, что устраняет возможную закупорку льдом отверстий редуктора.

*Осушители газа* обеспечивают поглощение влаги. Осушители бывают высокого и низкого давления и поэтому устанавливаются до или после редуктора. Осушитель низкого давления имеет значительные размеры, его устанавливают после редуктора, он не требует частой замены влагопоглотителя. Такой осушитель одновременно является ресивером и повышает равномерность подачи газа.

В качестве влагопоглотителя используются силикагель и алюмогель. Силикагель, насыщенный влагой, поддается восстановлению путем прокалки при температуре 250–300 °С.

*Газовый клапан* обеспечивает предварительную или одновременную с зажиганием дуги подачу газа и прекращение подачи CO<sub>2</sub> после окончания процесса сварки.

*Аппаратура управления* включает устройства, обеспечивающие управление источником питания (изменение напряжения, тока, частоты импульсов и т. д.), механизмом подачи сварочной проволоки и подачей защитного газа.

Автоматы АДГ-502, АДГ-601, АДФ-1001, АДФ-1201 предназначены для сварки стыковых и угловых соединений, также наплавки поверхностей, выполнены на базе унифицированных узлов. Автоматы АДФ-1001 и АДФ-1201 предназначены для сварки под флюсом, автомат АДГ-502 – для сварки в среде углекислого газа. Автоматы позволяют осуществлять сварку как внутри колеи, так и вне ее на расстоянии до 200 мм. Размер колеи – 295 мм. Конструкция автоматов дает возможность корректировать в поперечном направлении положение электрода относительно стыка в пределах 60 мм. В автоматах для сварки под флюсом положение электрода контролируется с помощью свето-указателя. Регулирование скорости подачи электродной проволоки и скорости сварки – плавное. Автоматическая система регулирования частоты вращения двигателей позволяет жестко стабилизировать выбранные скорости.

Автоматы комплектуются тиристорными источниками сварочного тока. К основным унифицированным узлам, применяемым в каждом автомате, относятся: тележка, двигатель, редуктор, механизм вертикального перемещения головки, кассетные устройства, пульт

управления. Для привода тележки применен двигатель серии КПА мощностью 60 Вт, а для привода механизма подачи электродной проволоки – двигатель 90 Вт той же серии.

Автомат АДГ-601 предназначен для сварки соединений с узкой щелевой разделкой кромок глубиной до 100 мм. Автомат имеет направляющие, которые позволяют выполнять прямолинейные швы длиной до 2 м. Во избежание изменения скорости сварки от проскальзывания ведущих колес, направляющие снабжены зубчатой рейкой, сцепленной с ведущим зубчатым колесом сварочного трактора. Особенностью автомата является наличие оригинального устройства для правки проволоки, обеспечивающего степень правки, при которой можно отказаться от ненадежных в работе и быстро изнашивающихся, а также сложных в изготовлении токоподводящих мундштуков, погружаемых в разделку.

Для автоматической наплавки в среде  $\text{CO}_2$  установки монтируют на токарных станках, обеспечивающих необходимые перемещения наплавочной головки относительно восстанавливаемой поверхности и получение скоростей наплавки в пределах 20–120 м/ч, на суппорте которых устанавливают наплавочный аппарат, а восстанавливаемую деталь закрепляют в патроне или центрах станка. К наплавочному аппарату подводят мундштук для подачи  $\text{CO}_2$  или защитных газовых смесей в зону наплавки. Наплавку в среде  $\text{CO}_2$  чаще проводят на постоянном токе при обратной полярности.

Устройство установки АДГ-602 приведено на рис. 3.3. В автомате сварочного типа АДГ-602 осуществляется зажигание дуги, ее поддержание и перемещение вдоль шва (наплавляемого валика) с непрерывной подачей углекислого газа из баллона 5 (рис. 3.3) в зону сварки. Для обеспечения непрерывного процесса сварки в качестве электрода применяется проволока, предварительно уложенная в кассету 7 (рис. 3.4) и непрерывно подаваемая в зону сварки наплавляемой поверхности детали 7 (рис. 3.3).

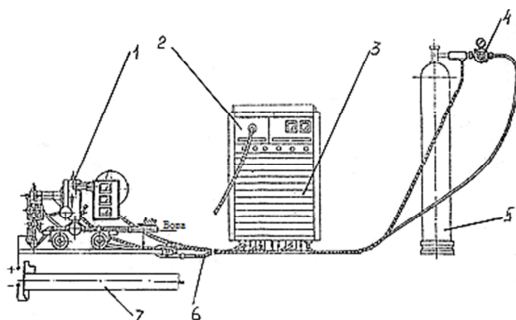


Рис. 3.3. Схема установки АДГ-602 для автоматической электродуговой наплавки в среде углекислого газа (смеси защитных газов:

- 1 – тележка сварочная; 2 – блок управления; 3 – выпрямитель сварочный ВДГ-601-УЗ; 4 – редуктор с расходомером и подогревателем газа; 5 – баллон с углекислым газом; 6 – шланги (газовый и водяные); 7 – деталь в патроне токарного станка

Основные параметры автомата дуговой сварки типа АДГ-602 приведены в табл. 3.1.

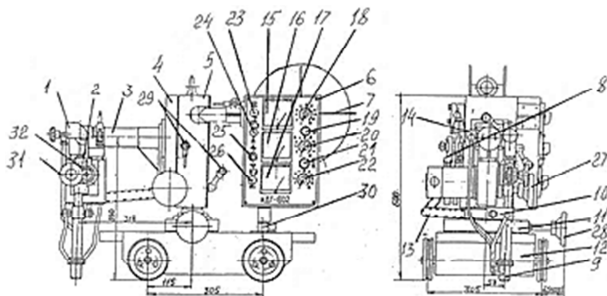


Рис. 3.4. Тележка сварочная:

- 1 – устройство 3-роликное; 2 – устройство подающее; 3 – кронштейн; 4 – суппорт вертикальный шариковый; 5 – основание; 6 – пульт управления; 7 – кассета; 8 – шунт; 9 – головка сварочная; 10 – токоподвод; 11 – суппорт горизонтальный шариковый; 12 – каретка самоходная; 13 – токопровод; 14 – устройство водогазовое; 15 – амперметр; 16 – вольтметр; 17 – индикатор; 18 – регулятор тока; 19 – сигнальная лампочка; 20 – регулятор напряжения; 21 – кнопка включения подачи газа; 22 – регулятор скорости тележки; 23 – тумблер включения (выключения) сварки (наплавки); 24 – тумблер подачи электродной проволоки «вверх – вниз»; 25 – тумблер переключения на наладочный режим и на автоматическую работу; 26 – тумблер перемещения сварочной тележки; 27 – маховичок вертикального перемещения сварочной тележки; 28 – маховичок горизонтального перемещения сварочной тележки; 29 – рукоятки для оперативной фиксации поворотов основания, сварочной головки и пульта управления; 30 – рукоятка включения муфты привода тележки; 31 – ролик ведомый; 32 – ролик ведущий

Таблица 3.1

Техническая характеристика автомата дуговой сварки  
типа АДГ-602

Наименование параметра	Норма
Номинальное напряжение питающей сети при частоте 50 Гц, В	380
Род сварочного тока	постоянный
Номинальный сварочный ток, А	630
Номинальный режим работы ПВ, %	60
Пределы регулирования сварочного тока, А	100–700
Продолжение цикла сварки, мин	10
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2–3,0
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	120–960
Скорость сварки, м/ч	12–120
Расход защитного газа, л/ч не более	1400
Расход воды, л/ч не более	120
Масса стальной электродной проволоки в кассете, кг	12
Масса сварочной тележки, кг	60
Габаритные размеры сварочной тележки (длина – ширина – высота), мм не более	(800×450×600)

Областью установки АДГ-602 является автоматическая сварка и наплавка широкой номенклатуры деталей трансмиссии и ходовой части автомобилей, подвижного состава дорожных машин, а также сварка тонколистовой стали (оперение машин, кабины, кузова и др.) и деталей из чугуна.

*Достоинства оборудования:* высокая производительность (в 2,5 раза выше, чем при ручной дуговой сварке, в 1,2–1,3 раза производительнее сварки и наплавки под слоем флюса); сварку можно вести в любых пространственных положениях; отсутствует необходимость зачистки швов; при наплавке в среде CO<sub>2</sub> и в защитных газовых смесях хорошо формируется шов, наплавленный металл получается плотным, зона термического влияния невелика, благодаря этому способ применяют для сварки тонколистового металла и для наплавки деталей из углеродистых и малолегированных сталей диаметром 10–40 мм; возможность наблюдения за процессом сварки; низкая стоимость защитного газа.

*Недостатки оборудования:* повышенное разбрызгивание металла (до 10–12 %); потеря защитного газа; ограниченное легирование наплавленного металла (только за счет подбора электродной проволоки); снижение износостойкости и усталостной прочности на 10–20 %; необходимость транспортировки баллонов с CO<sub>2</sub> или смесями защитных газов; необходимость защиты сварщика от излучения электрической дуги.

Таблица 3.2

Сравнение параметров автоматов электродуговой сварки (наплавки)

Обозначение		Назначение	Основные параметры					
автомата	источника питания		номинальный сварочный ток, А	сварочная проволока		скорость сварки, м/ч	масса, кг	
				диаметр, мм	скорость подачи, м/ч		автомата	источника питания
АДГ-602 (тракторного типа)	Выпрямитель ВДУ-601	Сварка в среде углекислого газа	630	От 1,2 до 3	От 120 до 960	От 12 до 120	60	320
А-1406 (подвесной)	Выпрямитель ВДУ-505	Сварка под флюсом и в среде углекислого газа	1000	От 2 до 5 (сплошной)	От 17 до 553	–	215	300
А-1412	Трансформатор ТДФЖ-2002			от 2 до 3 (порошковой)				
А-1416 (подвесной)	Выпрямитель ВДУ-1201	Сварка под флюсом	1000	От 2 до 5	От 47	От 12	580	730
А-1416 (подвесной)	Выпрямитель ВДУ-506							

Подача в зоны сварки (наплавки)  $\text{CO}_2$  или защитных газовых смесей осуществляется по схеме «баллон – подогреватель – осушитель – понижающий редуктор-расходомер – наплавочная головка».

Подогрев и осушение  $\text{CO}_2$  необходимы в целях устранения возможной закупорки льдом отверстий в редукторе-расходомере, которая может образоваться от расширения газа, а также для предотвращения пористости.

Стоимость газа составляет лишь небольшую часть общего объема затрат на сварку.

Использование защитных газовых смесей снижает расход электроэнергии и материалов на 10–15 %. Благодаря уменьшению количества дыма, сварных аэрозолей сохраняются здоровье сварщика и возможность длительное время работать с большим вниманием. Защитные газовые смеси обеспечивают высокое качество сварного соединения как полуавтоматической, так и автоматической (в т. ч. с применением робота-автомата) электросварки.

Широко применяемая в сварочных автоматах и полуавтоматах защита сварочной ванны с помощью однокомпонентных газов (двуокись углерода или аргон) не отвечает требованиям качества и производительности.

Преимущество применения в автоматах и полуавтоматах сварки газовых смесей на основе аргона проявляется в том, что возможен струйный и управляемый процесс переноса электродного металла. Эти изменения сварочной дуги – эффективный способ управления ее технологическими характеристиками: производительностью, величиной потерь электродного металла на разбрызгивание, формой и механическими свойствами металла шва, а также величиной проплавления основного металла. Рекомендуемые режимы сварки в смесях газов приведены в табл. 3.3.

Сравнение технологических характеристик сварочной дуги и механических свойств наплавленного металла (табл. 3.4), наглядно показывает эффективность применения газовых смесей по сравнению с  $\text{CO}_2$ .

На качество сварки и наплавки в среде  $\text{CO}_2$  и в защитных газовых смесях влияют выбранные технологические режимы: величина сварочного тока, напряжение дуги, диаметр электродной проволоки, вылет электрода, скорость сварки и др.

Таблица 3.3

Рекомендуемые режимы сварки в смесях газов Ar + (12–18) % CO<sub>2</sub>  
(сварочная проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70)

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Вылет электрода, мм
0,6–1,0	0,5–0,7	17–19	30–100	25–30	100–110	5–8
1,0–1,5	0,7–0,8	17–19	70–110	30–40	110–120	6–8
1,5–2,5	0,8	18–21	100–150	25–35	120–150	6–12
1,0–2,0	1,0	18–22	100–180	30–40	110–150	7–13
2,0–3,0	1,0	19–22	125–180	37–40	130–160	7–13
3,0–4,0	1,0	18–22	150–270	25–30	150–200	7–13
2,0–3,0	1,2	20–23	140–250	30–35	220–250	8–15
3,0–4,0	1,2	22–28	170–300	30–40	200–270	8–15
5,0	1,6	26–30	180–240	35–45	215–300	15–20

Таблица 3.4

Сравнительные характеристики основных параметров аппаратуры электродуговой наплавки в среде различных защитных газовых смесей

Защитный газ	$I_{св}$ , А	$U_{д}$ , В	$G$ , кг/ч	$Y$ , %	$a_{нб}$ , %
CO <sub>2</sub>	200–210	22–23	2,3	4,7	1,5
	300–310	30–33	4,3	6,7	2
97 % Ar + 3 % O <sub>2</sub>	200–210	21–22	3	1,4	0,2
	300–310	29–30	4,7	0,5	–
82 % Ar + 18 % CO <sub>2</sub>	200–210	24–25	3	3,8	0,3
	300–310	30–31	5,3	2,9	0,3
78 % Ar + 20 % CO <sub>2</sub> + 2 % O <sub>2</sub>	200–210	25–26	3,7	3,2	0,2
	300–310	30–31	5,3	2,9	0,2
86 % Ar + 12 % CO <sub>2</sub> + 2 % O <sub>2</sub>	200–210	21–22	3,1	1,4	0,2
	300–310	29–30	5,2	0,5	–

*Примечание.*  $I_{св}$  – сварочный ток, А;  $U_{д}$  – напряжение на дуге, В;  $G$  – масса наплавленного металла за единицу времени, кг/ч;  $D_{эл}$  – диаметр электродной проволоки, мм;  $L_{эл}$  – вылет электродной проволоки, мм;  $Y$  – коэффициент потерь электродной проволоки на разбрызгивание, %;  $a_{нб}$  – коэффициент набрызгивания, определяющий трудозатраты на удаление брызг с поверхности свариваемых деталей, %.



Величину тока, напряжение дуги и диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от толщины или диаметра детали. Процесс рекомендуется проводить короткой дугой при напряжении 17–32 В и силе тока 30–400 А. Увеличение напряжения приводит к повышенному разбрызгиванию и сильному окислению металла, увеличивается пористость. Снижение напряжения ниже 17 В ухудшает формирование шва, при этом затрудняется возбуждение дуги. Расход защитного газа существенно влияет на качество металла шва. Обычно расход углекислого газа или защитной газовой смеси составляет 6–10 л/мин при сварке и 10–15 л/мин при наплавке.

Величина тока зависит от скорости подачи электродной проволоки. Существенное влияние на качество наплавленного металла оказывает вылет электрода (расстояние от конца электродной проволоки до места подвода к ней тока). С увеличением вылета электрода ухудшается защита расплавленного металла, а уменьшение ведет к интенсивному загрязнению сопла горелки и подгоранию наконечника. В зависимости от диаметра электродной проволоки и расхода защитного газа вылет может быть в пределах 6–25 мм.

### 3.6. Порядок выполнения работы

1. Изучить требования по охране труда и расписаться в журнале инструктажа на рабочем месте.

2. Ознакомиться с оснащением рабочего места.

3. Изучить устройства автомата АДГ-602 для сварки и наплавки в защитных газах, используя настоящее пособие и техническую документацию установки.

4. Выбрать параметры работы автомата для электродуговой сварки (наплавки) в среде  $\text{CO}_2$  или смеси защитных газов из табл. 3.1–3.4 в соответствии с заданием, полученным от преподавателя.

5. Рассчитать параметры по формулам:

– сила сварочного тока  $I$ , А:

$$I = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j,$$

где  $d_3$  – диаметр присадочной электродной проволоки;

$j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Для наплавки в углекислом газе электродом диаметром 0,8–2,0 мм применяются плотности тока от 300–200 А/мм<sup>2</sup> до 60–50 А/мм<sup>2</sup>.

Таблица 3.5

Зависимость диаметра электрода от толщины  
наплавляемого слоя

Толщина наплавляемого слоя, мм	2–3	3–4	4–5	5–6	свыше 6
Диаметр электрода, мм	2,0	2–3	3–4	4–5	5

– масса наплавленного металла  $m_{\text{ч}}$  за один час, г/ч:

$$m_{\text{ч}} = a_{\text{н}} \cdot I,$$

где  $a_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки. Для наплавки в среде CO<sub>2</sub>  $a_{\text{н}} = 10–12$  г/(А·ч);

– масса подаваемой проволоки в зону наплавки в единицу времени (масса наплавленного металла), г/ч:

$$m_{\text{ч}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} \cdot \gamma \cdot v_{\text{пр}},$$

где  $\gamma$  – удельный вес материала присадочной проволоки, кг/м<sup>3</sup>;

$v_{\text{пр}}$  – скорость подачи проволоки в зону горения дуги, м/ч;

– скорость подачи электродной проволоки, м/ч:

$$v_{\text{пр}} = \frac{4\alpha_{\text{н}} \cdot I}{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot \gamma},$$

– площадь сечения наплавки  $F_{\text{н}}$ , см<sup>2</sup>:

$$F_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I}{\gamma \cdot V_{\text{н}}},$$

где  $V_{\text{н}}$  – скорость наплавки, кг/ч;

– скорость наплавки:

$$V_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I}{F_{\text{н}} \cdot \gamma} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I}{B \cdot h \cdot k \cdot \gamma},$$

где  $B$  и  $h$  – ширина и высота наплавки соответственно, м;  
– частота вращения заготовки  $n$  при наплавке,  $\text{мин}^{-1}$ :

$$n = \frac{60 \cdot V_{\text{н}}}{\pi \cdot d_{\text{д}}} = 6000 \cdot \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I}{\pi \cdot d_{\text{д}} \cdot B \cdot h \cdot k \cdot \gamma},$$

где  $d_{\text{д}}$  – диаметр наплавляемой детали.

6. Подготовить автомат АДГ-620 к работе, исходя из задания преподавателя руководствуясь расчетными и табличными значениями параметров установки электродуговой наплавки в среде углекислого или смеси защитных газов, установить и отрегулировать параметры режима сварки: силу тока и полярность, скорость подачи электродной проволоки, расход защитного газа, скорость сварки;

7. Под контролем инженера с разрешения преподавателя временно включить и контролировать правильность наладки автомата АДГ-602;

8. Показания приборов занести в таблицу и сравнить с расчетными (табличными) параметрами.

9. Оформить отчет и защитить у преподавателя.

### 3.7. Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Оснащение рабочего места.
3. Порядок выполнения работы.
4. Устройство и схемы, поясняющие состав и работу автомата АДГ-602 для сварки и наплавки в среде углекислого газа или в смеси защитных газов и его основных компонентов.
5. Выбранные из таблиц и расчетные значения параметров.
6. Вывод о готовности оборудования к работе по выданному преподавателем заданию.
7. Заключение.

## Список литературы

1. Газотермические покрытия из порошковых материалов : справочник / Ю. С. Борисов [и др.]. – К. : Наукова думка, 1987. – 544 с.
2. Ивашко, В. С. Электротермическая технология нанесения защитных покрытий / В. С. Ивашко, И. Л. Куприянов, А. И. Шевцов. – Мн. : Навука і тэхніка, 1996. – 375 с.
3. Каталог сварочного оборудования, расходных материалов, вспомогательного оборудования, сырья для изготовления электродов, газосварочного оборудования, оборудования для специальных способов сварки, резки, наплавки и напыления. – К. : Салон «Сварка», 1994. – 100 с.
4. Кудинов, В. В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / В. В. Кудинов, Г. В. Бобров. – М. : Металлургия, 1992. – 250 с.
5. Кудрин, А. И. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : Текст лекций / А. И. Кудрин. – Челябинск : Изд. Ю.-Ур.ГУ, 2003. – 168 с.
6. Куприянов, И. Л. Газотермические покрытия с повышенной прочностью сцепления / И. Л. Куприянов, М. А. Геллер. – Мн. : Беларус. навука, 1990. – 176 с.
7. Молодых, Н. В. Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодых, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.
8. Мчедлов, С. Г. Газотермическое покрытие в технологии упрочнения и восстановления деталей машин / С. Г. Мчедлов // Сварочное производство. – 2007. – № 10. – С. 35–45.
9. Оборудование для восстановления деталей : каталог. – М. : Информагротех, 1990. – 40 с.
10. Вакуумные технологии в ремонтном производстве. Монография / В. А. Лойко [и др.]. – М. : БГАТУ, 2007. – 190 с.
11. Оборудование технического обслуживания автотранспортных средств / В. С. Ивашко [и др.]. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2016. – 368 с.
12. Основы проектирования ремонтно-технологического оборудования и оснастки / С. К. Карпович [и др.]. – М. : БГАТУ, 2009. – 92 с.
13. Савич, А. С. Восстановительные технологии при ремонте автомобилей / А. С. Савич, В. С. Ивашко, В. П. Иванов. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2013. – 528 с.

14. Савич, Е. Л. Ремонт кузовов легковых автомобилей / Е. Л. Савич, В. С. Ивашко, А. С. Савич. – Мн. : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2012. – 320 с.

15. Сидоров, А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 189 с.

16. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П. А. Витязь [и др.]. – Мн. : Беларус. навука, 1998. – 583 с.

17. Шец, С. П. Проектирование и эксплуатация технологического оборудования для технического сервиса : учебное пособие / С. П. Шец, И. Л. Осипов, А. В. Фролов. – Брянск : Изд-во БГГУ, 2004. – 270.

18. Электродуговая металлизация – перспективный метод нанесения защитных покрытий / И. Л. Куприянов [и др.]. – Мн. : Беларус. навука, 1988. – 321 с.

19. Ясенков, Е. П. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учебное пособие / Е. П. Ясенков, Л. А. Парфенова. – 2-е изд., перераб. – Братск : ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 140 с.

Учебное издание

**ИВАШКО** Виктор Сергеевич  
**ЛОЙКО** Владимир Алексеевич  
**ИЗОИТКО** Владимир Михайлович

**МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (ПРАКТИКУМ)**

Пособие

для студентов, обучающихся по специальностям 1-37 01 06  
«Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»  
и 1-37 01 07 «Автосервис»

Редактор *А. Д. Спичёнок*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 16.06.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,67. Уч.-изд. л. 2,09. Тираж 100. Заказ 737.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.