

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра эксплуатации и ремонта машин

**ВИБРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Методические указания к лабораторной и самостоятельной работе

Для студентов Института механизации и технического сервиса обучающихся по  
направлениям подготовки «Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-  
технологических машин и комплексов» и  
«Наземные транспортно-технологические средства»

Казань – 2018

УДК 631.3.004.67 (075.8)

ББК 40.72

Составители: Валиев А.Р., Шайхутдинов Р.Р., Калимуллин М.Н.,  
Ахметзянов Р.Р., Гималтдинов И.Х.

Рецензенты: доцент кафедры «Машины и оборудования в агробизнесе»  
Казанского ГАУ, Халиуллин Д.Т.;

старший преподаватель кафедры «Технологии конструкционных  
материалов» КНИТУ Шайхетдинова Р.С.

Одобрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры эксплуатации  
и ремонта машин (протокол № 3 от 22.11.2018 года), и методической комиссии  
ИМ и ТС Казанского ГАУ (протокол № 4 от 26.10. 2018 года).

**Вибродуговая наплавка деталей машин:** метод. указания / Сост.:  
А.Р. Валиев, Р.Р. Шайхутдинов, М.Н. Калимуллин, Р.Р. Ахметзянов,  
И.Х. Гималтдинов. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. – 20 с.

Методические указания к лабораторной и самостоятельной работе  
предназначены для студентов ИМ и ТС по направлениям подготовки  
«Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и  
комплексов», «Наземные транспортно-технологические средства» и  
способствуют формированию профессиональных компетенций.

УДК 631.3.004.67 (075.8)

ББК 40.72

© Казанский государственный аграрный университет, 2018 г.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Получить и закрепить основные сведения о сущности процесса вибродуговой наплавки деталей.
2. Изучить устройство и принцип работы оборудования, приспособлений, используемых при механизированной наплавке деталей вибродуговым способом.
3. Освоить методику и получить практические навыки по выполнению операций по технологическому процессу вибродуговой наплавки деталей.

### СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

**1-й этап** - самостоятельное изучение темы и подготовка письменного отчета по следующим вопросам:

1. Изучить правила по технике безопасности при наплавке деталей вибродуговым способом.
2. Сущность и особенности осуществления вибронаплавки. Основные данные законспектировать в рабочей тетради.
3. Записать основные технические данные источника тока и виды материалов используемых при наплавке.

**2-й этап** – непосредственное выполнение следующих этапов работы по ремонту станков в лаборатории университета:

4. Ознакомиться с оснащением рабочего места оборудованием, инструментом, приспособлениями.
3. Обосновать (рассчитать и подобрать) основные параметры технологического процесса вибронаплавки заданной детали.
5. Подготовить установку и деталь для наплавки.
6. Осуществить технологический процесс наплавки детали.
7. Произвести контроль качества наплавки детали.
8. Составить отчет о выполненной работе.

### ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Станок, переоборудованный для вращения на пониженных частотах вращения.
2. Универсальная наплавочная головка *ГМВК-1*.
3. Преобразователь *ПСГ-500-1*.
4. Дроссель.
5. Защитные очки, щитки с защитными стеклами.
6. Сварочная проволока *Св-08*  $\varnothing 1,4...2,0$  мм.
7. Охлаждающая жидкость в виде 10...20% водного раствора глицерина.
8. Штангенциркуль *ШЦ-125*.
9. Щетка металлическая.
10. Деталь, подлежащая восстановлению (по заданию преподавателя).

## **ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НАПЛАВКЕ ДЕТАЛЕЙ**

1. Корпус источника тока и установка для наплавки должны иметь надежное заземление, во время работы оператор должен стоять на резиновом коврике или сухой деревянной решетке.

2. Нельзя одновременно прикасаться к токоведущим частям установки, имеющим потенциал различных знаков, например, к головке и станку.

3. Все работы по установке на станок наплавляемых деталей, регулировке отдельных узлов и механизмов установки должны производиться только при выключенном общем рубильнике и в присутствии учебного мастера или преподавателя.

4. При поражении током немедленно выключить ток и отнести пострадавшего от токонесущих предметов. При этом оказывающий помощь должен быть в резиновых перчатках и стоять на резиновом коврике. Пострадавшему следует применить немедленно искусственное дыхание и вызвать врача.

5. Во время работы для наблюдения за процессом формирования слоя наплавленного металла, установка должна быть оборудована щитком со смотровым светофильтром необходимой плотности или обеспечена защитными масками. Работа с открытой зоной горения категорически запрещена.

6. Рабочее место должно быть оборудовано местным отсосом, отводящим газы. Наплавка должна производиться обязательно с включенным вентилятором местного отсоса.

7. Работа на установке разрешается только в брезентовом костюме или переднике и головном уборе.

8. Шестеренчатые, ременные передачи станка и наплавочной головки должны быть ограждены, не следует держать обтирочный материал вблизи наплавочной установки; после завершения работы необходимо тщательно осмотреть участок и только после этого покинуть рабочее место.

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Вибродуговая наплавка является разновидностью электродуговой наплавки. В отличие от наплавки электрической дугой постоянного тока в данном случае процесс протекает обычно в жидкостной среде при сравнительно низком напряжении и значительной частоте вибрации электродной проволоки.

Возникновение этого способа связано в основном с необходимостью восстановления деталей малого диаметра или сложной формы, подверженных значительным тепловым деформациям при обычных способах наплавки.

Вибродуговая наплавка в технической литературе именуется иногда также электровибрационной, виброконтактной, импульсно-дуговой, контактно-дуговой и т.д.

В 1950-52 г.г. под руководством проф. ЧИМЭСХ И.Е. Ульмана инженер Г.П. Клековкин изобрел вибродуговую наплавку. В относительно короткий промежуток времени, прошедший после опубликования первых работ по автоматической наплавке вибрирующим электродом, вибронаплавка получила

особенно широкое применение и стала одним из основных методов восстановления деталей машин в сельскохозяйственном производстве.

Совершенствованием и внедрением способа занимались большое количество институтов и предприятий: Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ), Челябинский политехнический институт, Государственный Всесоюзный научно-исследовательский технологический институт ремонта к эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ), Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ), Саратовский политехнический институт, Украинский дорожно-транспортный научно-исследовательский институт, Башкирский сельскохозяйственный институт, Ленинградский сельскохозяйственный институт, Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства (МИИСП), Московский автомобиле-дорожный институт (МАДИ) и др.

В дальнейшем способ вибродуговой наплавки получил свое новое развитие, которое свелось в основном к применению различных сред, окружающих дугу и ванну расплавленного металла. Кроме жидкости и атмосферы воздуха может применяться флюс, водяной пар, углекислый газ, поток сжатого воздуха, кислород, пены и др.

В практике используется сейчас также двухэлектродная вибронаплавка и наплавка с использованием ультразвука.

В ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий вибродуговые установки составляли 40...50 % от всего парка наплавочных установок. В последние годы область использования вибродуговой наплавки по номенклатуре восстанавливаемых деталей несколько уменьшилась, хотя в целом количество наплавочных установок на ремонтных предприятиях возросло. Сужение области применения вибронаплавки произошло в основном за счет последующего внедрения автоматической наплавки под слоем флюса, микронаплавки чугуновых деталей, плазменной обработки и др. способов.

**Достоинства механизированной вибронаплавки** следующие:

1. Незначительней нагрев детали, ведущий к незначительным ее деформациям и, как следствие, отсутствие требований исследующей правки деталей.

2. Сохранение структуры термической обработки на участках детали, расположенных вблизи места наплавки благодаря малому нагреву.

3. Отсутствие требований последующей термической обработки, так как непосредственно в процессе наплавки под действием охлаждающей жидкости происходит закалка наплавленного слоя, твердость которого может достигать до 69...62 HRC.

4. Возможность регулирования толщины наплавленного слоя в пределах от 0,5 до 3,5...4 мм на одну сторону детали. Для деталей с износом более 3,5...4 мм обычно производят многослойную наплавку. Предварительной обработки ранее наплавленного слоя при этом не требуется.

5. Возможность автоматизации технологического процесса наплавки.

6. Отсутствие требований по специальной обработке деталей перед наплавкой.

7. Возможность регулирования физико-механических свойств наплавленных поверхностей деталей путем изменения параметров установки (расход охлаждающей жидкости и др.).

8. Меньшее выгорание углерода и др. легирующих элементов по сравнению с наплавкой в атмосфере воздуха или его потоке.

9. Незначительная стоимость оборудования, приспособлений, материалов, по сравнению с другими методами восстановления деталей.

**К недостаткам** процесса следует отнести:

1. Невозможность использования для наплавки детали толщиной менее 8 мм.

2. Трудность получения равномерной твердости наплавленной поверхности.

3. Снижение усталостной прочности наплавленной детали.

4. Неоднородность микроструктуры наплавленного металла.

5. Нередко наблюдаемая пористость наплавленного слоя.

Вибронаплавку необходимо использовать с учетом ее достоинств и недостатков.

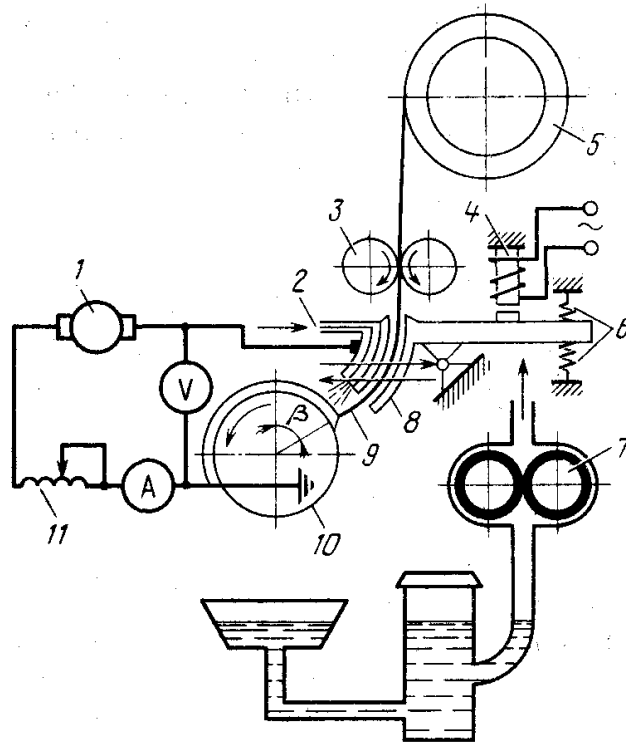
Вибродуговой наплавкой в жидкости могут восстанавливаться в основном детали, не подвергающиеся большим переменным нагрузкам. К таким деталям относятся: распределительный вал, крестовина кардана, крестовина дифференциала, столица шкива коленчатого вала, фланец крепления карданного вала и другие детали.

Принципиальная схема установки вибродуговой наплавки показана на рисунке 1.

Наплавленную деталь закрепляют центрах станка. На суппорте его устанавливают изолированно от массы вибродуговую головку. К детали и головке подводят ток низкого напряжения. При помощи роликов электродную проволоку подают к детали. Под действием вибратора конец электродной проволоки вибрирует, между электродом и деталью возникает электрическая дуга и деталь наплавляется.

Изменение силы тока и напряжения в сварочной цепи процесса вибродуговой наплавки показано на графике (рис.2). При коротком замыкании электрода с деталью сила тока в цепи возрастает, а напряжение падает до 1,5...2,0В. Вокруг обмоток источника тока и дросселя создается электромагнитное поле, электрод и деталь в месте контакта нагреваются.

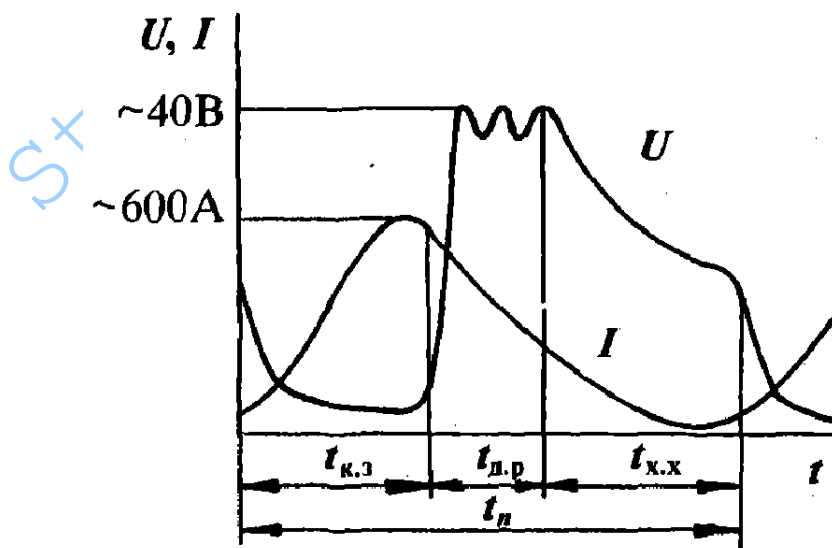
При отходе электрода от детали электромагнитное поле начинает исчезать, пересекая обмотки. В них индуцируется электродвижущая сила самоиндукции, совпадающая по направлению с током источника питания. Напряжение между электродом и деталью повышается до тех пор, пока не возникнет дуговой разряд. Напряжение его зависит от среды (воздух, жидкость, пар и т.д.) и составляет 24...30 В.



1 — источник сварочного тока; 2 — штуцер для подачи охлаждающей жидкости; 3 — механизм подачи электродной проволоки; 4 — электровибратор; 5 — кассета с электродной проволокой; 6 — уравнивающие пружины; 7 — насос для подачи охлаждающей жидкости; 8 — мундштук; 9 — электрод; 10 — наплавляемая деталь; 11 — дроссель

Рисунок 1 — Принципиальная схема установки для вибродуговой наплавки

Если напряжение источника тока ниже, то сила благодаря энергии электромагнитного поля, накопленного за время короткого замыкания, повышается до напряжения дугового разряда. Это является важной особенностью процесса вибродуговой наплавки.



$t_{к.з.}$  — время короткого замыкания;  $t_{д.р.}$  — время дугового разряда;  $t_{х.х.}$  — время холостого хода;  $t$  — текущее время;  $t_{п.}$  — период

Рисунок 2— Осциллограмма процесса вибродуговой наплавки



В период дугового разряда выделяется основное количество тепла (50...95%). Металл электрода в виде мелких капель переносится в сварочную ванну.

При дальнейшем отходе электрода от детали может наступить период холостого хода. Холостой ход нежелателен, так как в этот период тепло не выделяется и стабильность процесса ухудшается. Таким образом, период цикла наплавки состоит из короткого замыкания -  $t_x$ ; периода дугового разряда -  $t_{д.р.}$  и периода холостого хода -  $t_{х.х.}$

В зависимости от напряжения источника тока, индуктивности цепи и других параметров соотношение между этими периодами меняется: с увеличением напряжения период дугового разряда увеличивается. При напряжении 28...25В электрическая дуга горит непрерывно. При правильно подобранных параметрах процесса периода холостого хода нет. Чем ниже напряжение, тем больше сила тока короткого замыкания и средняя сила тока в цепи.

### Материалы используемые при вибродуговой наплавке

Электродные материалы. Вибродуговую наплавку выполняют электродной проволокой из углеродистых сталей, лентой, а также порошковой проволокой. Марку проволоки выбирают в зависимости от требуемых механических свойств наплавляемой поверхности. Для большинства деталей требуется высокая твердость наплавленного слоя не менее *HRC 42...45*. Чтобы обеспечить такую твердость, обычно применяют электродную проволоку с высоким содержанием углерода (0,6...0,8%): *Hn-50, Hn-65, Hn-80, Hn-50Г и Hn-65Г* по ГОСТУ 10543-63. В случае, когда не требуется высокая твердость, требуется применять проволоку с более низким содержанием углерода, например *Hn-30*. Если не требуется высокой твердости и наплавку производят без охлаждения, например, при наплавке резьбовых поверхностей, можно применять малоуглеродистую проволоку *Св -30, Св -10*. Эту же проволоку используют при наплавке чугуновых деталей.

Обычно при наплавке пользуются проволокой диаметром 1,5...2,0 мм (можно также до 2,5...3,0 мм).

Охлаждающая жидкость. Вибродуговую наплавку можно выполнять только при защите расплавленного металла различными средами: углекислым газом, паром, флюсом, жидкостью и др., но наибольшее распространение получило применение жидкости.

В качестве охлаждающей жидкости обычно используют 4...5%-ный раствор кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в воде. В соде содержатся легко ионизирующие элементы, стабилизирующие горение дуги. Раствор соды предохраняет детали и станок от коррозии. Для уменьшения количества трещин при наплавке проволокой с высоким содержанием углерода можно применять 10...30%-ный раствор технического глицерина в воде.

Пары воды и продукты ее разложения оттесняют от сварочной ванны воздух и этим защищают металл от азота. Подвод охлаждающей жидкости



непосредственно в зону сварочной дуги ухудшает устойчивость процесса и повышает потери электродного металла на разбрызгивание. Для наплавки твердых слоев место подвода охлаждающей жидкости на деталь должно быть удалено от электродугового разряда на расстояние 8...10 мм и смещено в плоскости вращения детали на 5...8 мм от точки касания электрода в сторону зенита. Расход охлаждающей жидкости обычно составляет 1,2...1,5 л/мин.

Флюсы. Флюс служит для предохранения расплавленного металла от воздействия кислорода воздуха и выгорания компонентов электродной проволоки. Кроме того, при помощи флюса можно улучшать качества наплавляемого металла. Флюсы делятся на плавные, керамические и флюсы-смеси.

Для вибродуговой наплавки применяют плавные флюсы: *АН-348А*, *ОСЦ-45* с высоким содержанием кремния, а также керамический флюс - *АНК-18*. В их состав входят –  $SiO_2$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaF_2$  и в небольшом количестве  $S$ ,  $H$ ,  $P$ . При наплавке высокоуглеродистой проволокой под слоем флюса *АН-348АМ* твердость наплавленного металла можно довести до *НВ 360-400*. Для повышения твердости следует применять проволоку легированную или с высоким содержанием углерода и добавлять к стандартному флюсу необходимые легирующие компоненты. Так, например, если требуется твердость в пределах *HRC 56...62*, берут стандартный флюс *АН-348* и добавляют к нему в качестве легирующих элементов порошковый графит (1,5%) и порошковый феррохром (2%) от веса стандартного флюса.

## Оборудование

Установка для вибродуговой наплавки включает следующее оборудование: наплавочную головку, станок для наплавки, электрооборудование, оборудование для подвода охлаждающей жидкости, флюса, защитного газа, водяного пара, систему вытяжной вентиляции и вспомогательное оборудование.

Для вибродуговой наплавки используют переоборудованные токарные станки общего назначения (типа 1А62; 1Д63А; ТН-20) или специальные.

При выполнении наплавочных работ требуется значительно меньшее число оборотов шпинделя, чем предусмотрено конструкцией станка. Обычно оно должно быть в пределах 0,5...20 мин<sup>-1</sup>. В зависимости от диаметра детали и требуемой толщины наплавляемого слоя, тогда как у токарных станков минимальное число оборотов составляет 20...25 мин<sup>-1</sup>. Для уменьшения числа оборотов шпинделя используют червячные редукторы РЧН-80 с передаточным числом  $\gamma = 20...40$ . Электрический ток к станкам необходимо подводить при помощи щеток и колец. Щетки должны быть надежно подпружинены и притерты к кольцам. Минимальное поперечное сечение щеток 80...90 мм<sup>2</sup>.

Источник тока вибродуговой наплавки должен иметь жесткую внешнюю характеристику.

Широкое применение для вибродуговой наплавки в производстве нашли агрегаты постоянного тока: ПСГ-500, ПСГ-350, ГСО-500, ГСО-300, ПСО-500, ПСО-300. Источниками сварочного тока для наплавки вибрирующим электродом

могут служить полупроводниковые преобразователи тока с малой собственной индуктивностью, такие, как ВСГ-3М, ВАГТ- 600М, ВСА-600/300, ВАСС-15-600 и др.

Наиболее подходящими источниками тока для наплавки вибрирующим электродом в среде охлаждающей жидкости следует считать низковольтные машинные преобразователи с малой собственной индуктивностью: АНД-250/500, АНД-500/1000, АНД-750/1500.

Для перечисленных типов источников тока в сварочную цепь необходимо включать регулируемое реактивное сопротивление в целях настройки сварочной цепи на оптимальные переходные процессы наплавки.

Многочисленными исследованиями установлено, что для вибродуговой наплавки электродными проволоками 1,6...2,0 мм индуктивность сварочной цепи должна быть 0,2...0,4 мГн и скорость нарастания тока - в пределах 40...50 с. Такую величину индуктивности можно получить на дросселях РСТЭ-34 при включении в цепь 5...8 витков реактивной катушки полностью замкнутым магнитопроводом. Наплавка без дросселя при использовании любого из рассмотренных источников тока сопровождается резким увеличением потерь электродного материала на разбрызгивание (до 30...40%), ухудшением сплавления основного и наплавляемого металла и стабильности процесса. Подбор индуктивности дросселя дан в таблице 1.

Вместо стандартных можно с успехом применять дроссели простейшей конструкции собственного изготовления. На катушку (размеры катушки: ширина – 130 мм; внутренний диаметр – 120 мм наружный – 290 мм) наматывается малоуглеродистая проволока  $\varnothing$  1,5...2,5 мм.

Большое влияние на работу наплавочных установок оказывают контактные сопротивления в сварочной цепи. Сварочную цепь необходимо прокладывать сварочным проводом сечением 75...100 мм<sup>2</sup>, а соединения проводов плотно зажать медными облуженными клеммами.

Таблица 1– Зависимость индуктивности от количества витков дросселя

| Число<br>витков | Индуктивность, мГн |         | Число<br>витков | Индуктивность, мГн |         |
|-----------------|--------------------|---------|-----------------|--------------------|---------|
|                 | Марки дросселя     |         |                 | Марки дросселя     |         |
|                 | РСТЭ-24            | РСТЭ-34 |                 | РТСЭ-24            | РТСЭ-34 |
| 1               | 0,01               | 0,02    | 9               | 0,44               | 0,45    |
| 2               | 0,03               | 0,035   | 10              | 0,54               | 0,55    |
| 3               | 0,06               | 0,07    | 11              | 0,64               | 0,68    |
| 4               | 0,12               | 0,13    | 12              | 0,75               | 0,80    |
| 5               | 0,15               | 0,17    | 13              | 0,89               | 0,95    |
| 6               | 0,22               | 0,23    | 15              | 1,23               | 1,35    |
| 7               | 0,28               | 0,30    | 18              | 1,43               | -       |
| 8               | 0,37               | 0,38    | 24              | 2,29               | -       |

Наплавочная головка предназначена для непрерывной подачи электродной проволоки к месту наплавки и придания вибрации концу электрода.

Наплавочные головки бывают с электромагнитным вибратором: УАНЖ-5; КМ-5; ЦЭЗ-1; ВДГ-5. На ремонтных предприятиях чаще всего применяют головки с механическими вибраторами: ОКС-1252А (ГМВК-2), КУМК-5М, ГМВК-2М в ГМВК-1.

Наплавочные головки типа ГМВК предназначены для наплавки цилиндрических наружных и внутренних, а также для плоских поверхностей. Наплавку этими головками (ГМВК-2, ГМВК-2М) можно выполнять с вибрацией и без вибрации электрода при охлаждении детали жидкостью, а также под слоем флюса. Кроме них применяются головки типа ВГ, которые предназначены для наплавки углеродистой проволокой в жидкой среде и легированной проволокой в среде защитных газов. При использовании переменного тока необходимо изменить конструкцию существующих головок типа ГМВК.

В комплекте с головками типа ГМВК есть сменные мундштуки для наплавки коленчатых валов и внутренних поверхностей. Мундштуки в основном рассчитаны для проволок диаметром до 1,8 мм, если необходимы мундштуки других диаметров то их необходимо изготовить заново.

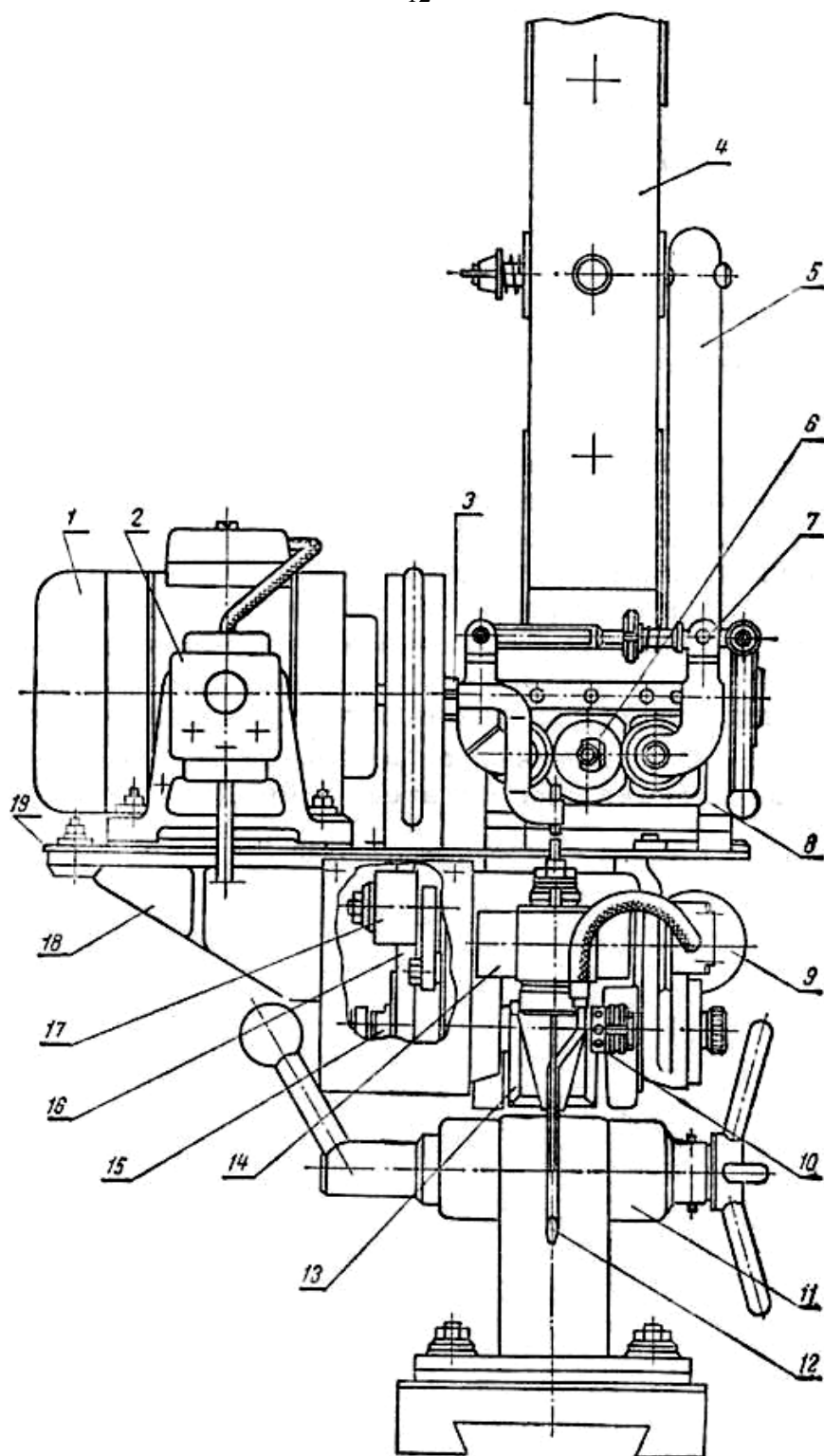
### **Краткое описание наплавочной головки *ГМВК-1***

Наплавочная головка *ГМВК-1* с механическим вибратором предназначена для наплавки цилиндрических наружных и внутренних поверхностей, шлицев, шпоночных пазов и т.п.

Мундштуки головки рассчитаны на применение проволоки диаметром 1,6...2,0 мм.

Обычно наплавку ведут при охлаждении детали жидкостью. При использовании специального оборудования головку можно приспособить для наплавки в среде защитных газов или пара.

Общий вид головки *ГМВК-1* показан на рисунке 3. К литому корпусу (18) на плите (19) укреплен трехфазный асинхронный двигатель мощностью 400 Вт с числом оборотов 2950 в минуту и понижающий редуктор (8) с механизмом подачи электродной проволоки. Вал электродвигателя при помощи муфты (3) соединен с входным валом редуктора. На входном валу редуктора укреплен ведущий ролик (6). К нему усилием пружины поджимаются два ведомых ролика. Один из них прижимает к ведущему ролику электродную проволоку, а другой является разгрузочным. От этого электродвигателя клиновым ремнем (16) приводит в действие механизм вибрации. Скорость подачи электродной проволоки изменяют ступенчато, путем установки ведущего ролика (6) соответствующего диаметра.



- 1 – электродвигатель; 2-кнопочный выключатель электродвигателя;  
 3 – полужесткая муфта; 4 – кассета для электродной проволоки;  
 5 – вилка с прижимным роликом для подачи электродной проволоки; 6 – ведущий ролик; 7 – вилка с разгрузочным роликом; 8 – редуктор механизма подачи электродной проволоки; 9 – вентиль регулировки подачи охлаждающей жидкости;  
 10 – эксцентриковая втулка вибратора; 11 – механизм подъема головки; 12 – мундштук;  
 13 – шатун; 14 – коромысло механизма вибрации; 15 – эксцентриковый вал; 16 – ремень привода механизма вибрации; 17 – натяжной ролик; 18 – корпус головки; 19 – плита.

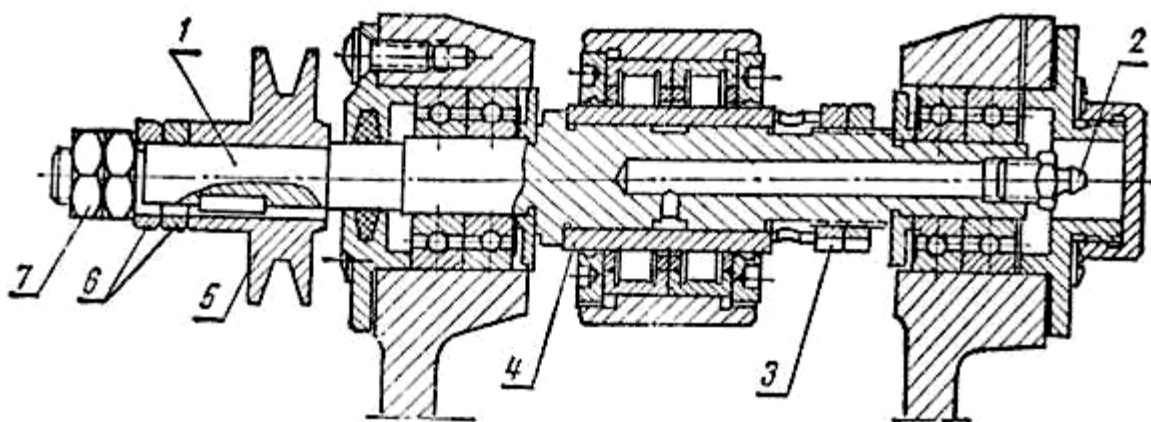
Рисунок 3 – Наплавочная головка ГМБК-1

Зависимость скорости подачи электродной проволоки от диаметра ведущего ролика приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость скорости подачи электродной проволоки от диаметра ведущего ролика

| Диаметр ведущего ролика, мм | Скорость подачи электродной проволоки, м /мин |
|-----------------------------|---|
| 20                          | 0,93  |
| 32                          | 1,30  |
| 44                          | 1,65  |

При замене ролика не следует перегибать электродную проволоку при входе ее в мундштук. В случае перегиба его устраняют смещением плиты (19) вместе с электродвигателем и редуктором относительно корпуса (18). Положение ведущего, прижимного и разгрузочного роликов правильно, если их центры расположены в одной горизонтальной плоскости. Регулирование положения роликов осуществляются изменением положения вилок (5) и (7) при предварительно ослабленных прижимных гайках и вынутых фиксаторов вилок. Возникшую при регулировке несоосность шкивов электродвигателя и эксцентрикового вала устраняют регулировочными шайбами (6) (рис. 4).



- 1 — эксцентриковый вал; 2 — пресс-масленка для смазки подшипников;  
3 — гайка; 4 — эксцентриковая втулка; 5 — шкив; 6 — регулировочные шайбы;  
7 — гайка.

Рисунок 4 - Механизм вибрации наплавочной головки ГМБК-1

Вибрация создается за счет эксцентриситета вала (1), вращающегося в шарикоподшипниках эксцентриситета втулки (4), которая вращается вместе с валом (рис. 4). С втулкой шарнирно соединен шатун, который при помощи коромысла (14) (рис.3) передает колебания мундштуку (12). Диаметры шкивов электродвигателя и эксцентрикового вала подобраны так, что вал дает 6600 мин<sup>-1</sup>, т.е. мундштук совершает 110 колебаний в секунду. Величину амплитуды вибрации мундштука плавно регулируют поворотом эксцентриковой втулки (4) относительно вала (1). Для этого ослабляют затяжку гайки (3) и накидным



ключом поворачивают втулку относительно вала на нужный угол. После установки амплитуды втулку прочно прижимают к бурту эксцентрикового вала гайкой и контргайкой. Установка амплитуды нужной величины производится по делениям и цифрам на наружной поверхности бурта эксцентрикового вала и риске на эксцентриковой втулке. Для более точного измерения амплитуды вибрацию измеряют при помощи индикатора, стержень которого устанавливают на нижнем конце мундштука. Вал (1) при этом поворачивают вручную.

### **Техническое описание и характеристика преобразователя ПГС-500-1**

Преобразователь служит для питания одной наплавочной головки постоянным током при его силе 60...500А.

Преобразователь состоит из сварочного генератора и трехфазного электродвигателя, смонтированного в одном кожухе.

Генератор ПГС-500-1 имеет жесткую внешнюю характеристику и представляет собой четырехполюсный генератор с самовозбуждением

Регулирование напряжения производится реостатом, заключенным в цепь катушек возбуждения. При повороте маховичка реостата по часовой стрелке сопротивление реостата уменьшается, и напряжение генератора увеличивается. Пуск и остановка приводного двигателя осуществляется при помощи пакетного выключателя.

#### **Технические данные преобразователя ПГС-500-1**

|   |          |
|---|----------|
| Номинальный сварочный ток, А.....                         | 500      |
| Пределы регулирования сварочного тока, А.....             | 60-500   |
| Рабочее напряжение при номинальном сварочном токе, В..... | 40       |
| Пределы регулирования напряжения, В.....                  | 60-40    |
| Мощность генератора, кВт .....                            | 20       |
| Скорость вращения, мин <sup>-1</sup> .....                | 2930     |
| Тип двигателя.....  | АВГ-71/2 |
| Напряжение сети, В.....                                   | 220/380  |
| Мощность двигателя, кВт .....                             | 30       |
| Масса преобразователя, кг .....                           | 500      |

### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Обосновать принятый способ восстановления заданной детали вибронеплавкой.

При обосновании принятого способа восстановления размеров детали необходимо учесть:

- характер работы поверхности детали;
- минимальный размер и форму наплавляемой части детали (диаметр не менее 8мм) ;
- величину износа на одну сторону для поверхности тела вращения детали ( $h \geq 0,5$  мм) ;
- материал детали;

- твердость детали;
- конфигурацию детали;
- габаритные размеры детали;
- массу детали.

2. Обосновать режим наплавки детали, т.е. материал и параметры для осуществления технологического процесса наплавки, обеспечивающего требуемое качество наращенной поверхности детали, производительность и экономику процесса.

Основные материалы и параметры процесса:

- марки и размеры электродной проволоки;
- подача продольная наплавочной головки;
- частота вращения наплавляемой детали;
- скорость вращения электродной проволоки;
- вылет электрода;
- угол подвода электрода;
- амплитуда вибрации электрода;
- сила сварочного тока;
- напряжение на электродах (деталь-проволока);
- индуктивность цепи;
- полярность электродов при ведении процесса;
- охлаждающая жидкость (флюс, пар и т.д. в зависимости от условий ведения процесса).

Для наплавки деталей машин применяется сварочная углеродистая или легированная проволока диаметром от 1,6 до 2,0 мм, лента, а также порошковая проволока. Так как при вибродуговой наплавке доля основного металла в наплавленном крайне мала, то свойства последнего зависят главным образом от марки электродной проволоки. При этом следует учитывать, что с увеличением количества углерода, марганца, хрома и др. элементов твердость наплавляемого металла повышается, но одновременно повышается склонность его к трещинообразованию.

Нужная толщина слоя наплавки металла определяют по формуле:

$$h = \delta + П, \quad (1)$$

где  $П$  - припуск на мехобработку (при вибронаплавке  $П \approx 0,6$  мм);  
 $\delta$  – величина одностороннего износа поверхности детали, мм;

$$\delta = (d_{ном} - d_{изм}) / 2, \quad (2)$$

где  $d_{ном}$  - номинальный диаметр наплавляемой поверхности, мм;  
 $d_{изм}$  - диаметр поверхности изношенной детали, мм.

При толщине наплавляемого слоя до 1 мм применяется проволока диаметром до 1,6 мм; при толщине слоя до 2 мм – диаметром до 2,5 мм и при толщине более 2,5 мм – диаметром 2...3 мм.

Диаметр проволоки замерить штангенциркулем.

Продольная подача, т.е. шаг наплавки наплавочной головки, при диаметре электродной проволоки 1,2...2,0 мм продольная подача должна быть в пределах 1...3 мм на один оборот детали (мм/об).

Сила сварочного тока ориентировочно определяется по эмпирической



зависимости:

$$I = (60 \dots 75) \frac{\pi d_{np}^2}{4}, \quad (3)$$

где  $I$  – сила сварочной цепи, А;

$d_{np}$  – диаметр электродной проволоки, мм.

Значение  $I$  корректируется опытным путем.

Величина продольной подачи корректируется в зависимости от конкретных условий ведения технологического процесса наплавки.

Скорость подачи электродной проволоки можно определить по формуле:

$$V_{np} = \frac{0,1 \cdot J \cdot U}{d_{np}^2}, \text{ м/мин} \quad (4)$$

где  $U$  – напряжение сварочной цепи, В.

При вибродуговой наплавке обычно используют напряжение порядка 14...22В. С повышением напряжения обычно твердость наплавленного металла снижается.

Наплавку целесообразно вести при обратной полярности тока, т.е. плюс – на электрод, минус – на деталь.

Скорость наплавки  $V_n$  принимают по формуле:

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d_{np}^2 \cdot V_{np} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot a}, \quad (5)$$

где  $V_n$  – скорость наплавки, м/мин;

$\eta$  – коэффициент перехода материала электрода в наплавленный валик, ( $\eta = 0,8 \dots 0,9$ );

$h$  – нужная толщина слоя наплавки (без мехобработки), мм;

$S$  – шаг наплавки, мм/об;

$a$  – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного слоя от площади четырехугольника с высотой  $h$ , ( $a = 0,8$ ).

Между  $V_{np}$  и  $V_n$  существует оптимальное соотношение, при котором получается хорошее качество наплавки. Обычно  $V_n = (0,4 \dots 0,8) V_{np}$ . С увеличением  $d_{np}$  до 2,5...3,0 мм –  $V_n = (0,7 \dots 0,8) V_{np}$ .

Частоту вращения детали можно определить по формуле:

$$n = 5,3 \frac{V_n}{d}, \quad (6)$$

где  $d$  – диаметр детали, мм.

Вылет электродной проволоки из мундштука должен находиться в пределах 8...12 мм.

Угол подвода электрода к детали выбирается так, чтобы не было подтеков расплавленного металла, и поверхность наплавленного слоя была ровной, гладкой. Практически угол подвода электродной проволоки к детали принимается от 30 до 60°.

Вибрация, кроме придания стабильности процессу, способствует мелкокапельному переносу металла в момент контакта электродной проволоки с

поверхностью детали. Частота колебания электродной проволоки –50...100 Гц.

Амплитуда вибрации электродной проволоки определяется диаметром электродной проволоки и напряжением на электродах. Чем больше  $d_{пр}$  и выше напряжение  $U$ , тем больше амплитуда вибрации.

Амплитуда проволоки  $A$  принимается равной:

$$A=(0,7...1,0) d_{пр}, \text{ мм.} \quad (7)$$

В сварочную цепь последовательно включают дроссели, обеспечивающие дополнительную индуктивность цепи  $L$ . Ее назначение – уменьшение тока короткого замыкания вызывающее разбрызгивание металла и увеличение длительности горения импульсных дуговых разрядов. В качестве индуктивности можно применять дроссели РСЭТ-24  $L=0,12$  Гн. Значение индуктивности цепи корректируется опытным путем.

### Подготовка наплавочной головки

1. Установить кассету, заправленную электродной проволокой в пазы стойки наплавочной головки.
2. Протянуть проволоку через ролики прижимного устройства в мундштук.
3. Установить необходимую скорость подачи электродной проволоки постановкой соответствующего сменного ролика в редукторе механизма подачи проволоки (рис. 3).
4. Установить необходимую амплитуду вибрации мундштука (см. раздел описания головки), подвести электрод к детали на соответствующий угол и величину вылета.
5. Установить заданную скорость вращения детали и величину продольной подачи головки.
6. Установить необходимую величину напряжения и индуктивности сварочной цепи.

Операции, указанные в пунктах 3...6, производятся по данным расчета режима наплавки.

### Последовательность наплавки

Произвести наплавку детали в следующем порядке:

- включить общий рубильник питания сварочной цепи;
- включить электродвигатель станка и отрегулировать подачи жидкости. Охлаждающая жидкость должна подаваться отдельно на деталь и на наконечник мундштука. Количество подаваемой жидкости должно быть 0,6...1,0 л/мин при напряжении 12...15 В и до 1,5 л/мин при напряжении 15...18 В;
- включить подачу проволоки и суппорта и произвести наплавку. Стабильность процесса наплавки контролируется по показанию амперметра и вольтметра и по равномерности шума. При нормальном ходе наплавки стрелки амперметра и вольтметра стоят неподвижно на определенных делениях шкалы

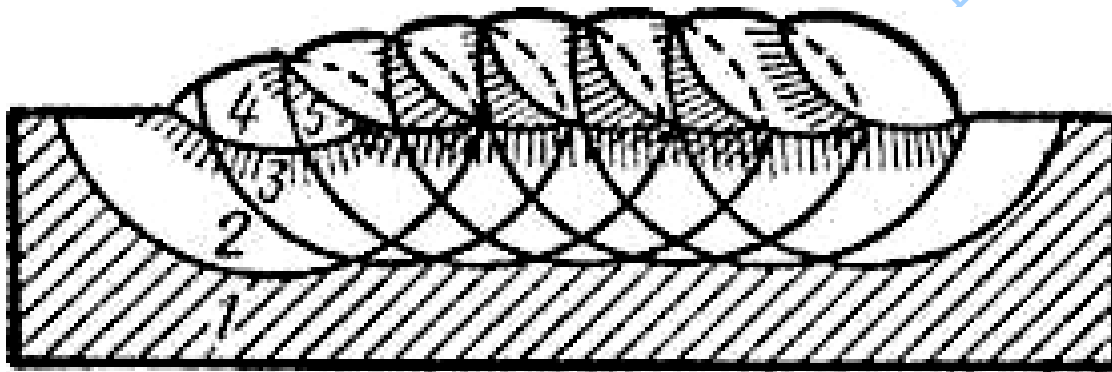
или слегка отклоняются в небольших пределах. При нестабильности процесса проверяют работу вибратора и количество подаваемой жидкости;

- закончив наплавку, выключают подачу проволоки и, перемещая суппорт, быстро отводят конец мундштука от детали на 20...30 мм. После этого включают вибратор, отключают подачу жидкости и останавливают станок;

- выключают общий рубильник сети.

Качество наплавки определяют, обдирая этот слой абразивным кругом и осматривая поверхность через лупу. В наплавленном слое при помощи магнитного дефектоскопа проверяют качество сплавления основного металла с наплавленным. Трещины и раковины не допускаются, так как они значительно снижают усталостную прочность детали.

В процессе вибродуговой наплавки при охлаждении раствором наплавленный валик закаливается, но последующий валик отжигает часть предыдущего (рис. 5), и твердость наплавленной поверхности получается неодинаковой.



1 — деталь; 2 — зона термического влияния на детали; 3 — зона вторичной закалки наплавленного слоя; 4 — зона закалки наплавленного слоя; 5 — зона отпуска наплавленного слоя.

Рисунок 5 - Схема взаимного термического влияния соседних валиков друг на друга и на деталь

Твердость наплавленного валика замеряют на приборе ТКМ-459С в трех местах по длине, а в каждом месте — не менее чем в трех точках по ширине валика.

## ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА О РАБОТЕ

1. Указать тему и цель работы.
2. Записать вопросы задания лабораторной работы.
3. Расшифровать и усвоить сущность и особенности осуществления и ведения вибронаплавки. Назначение и состав рабочей жидкости. Наплавочный материал. Основные данные законспектировать в рабочей тетради.
4. Записать основные технические преобразователя тока.
5. Обосновать основные параметры наплавки детали определенных размеров и физико-технических свойств. Измерить твердость наплавленной поверхности. Дополнительные данные даются преподавателем.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность вибродуговой наплавки?
2. С какой целью электродной проволоке придается вибрация и в электрическую цепь вводится дополнительная индуктивность (дроссель)?
3. В чем состоит переоборудование токарного станка, используемого как вращатель, и как изготавливается самодельный дроссель?
4. Каков состав и назначение охлаждающей жидкости? В каких случаях наплавка ведется без подачи охлаждающей жидкости?
5. Из каких параметров складывается режим вибродуговой наплавки?
6. От каких факторов и параметров режима зависит толщина и твердость наплавленного слоя металла?
7. Как регулируется амплитуда вибрации электродной проволоки?
8. Какие разновидности имеет вибродуговая наплавка?
9. Каков минимальный диаметр деталей, которые можно восстанавливать вибродуговой наплавкой?
10. Каковы преимущества и недостатки вибродуговой наплавки?
11. Какова область применения вибродуговой наплавки?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В.С. Электрическая дуговая сварка: Учебник. - 7-е издание, стереотипное. -М: Изд-во Академия, 2014.- 320с.
2. Ли Р.И. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники : учеб. пособие / Р.И. Ли .— Липецк : ЛГТУ, 2014 .— 379 с. : ил.
3. Овчинников В.В. Оборудование техника и технология сварки и резки металлов. -М.: Изд-во КноРус, 2010. -304с.
4. Оборудование и технология механизированной и автоматической сварки / Лупачев А.В., Лупачев В.Г. - Мн.:РИПО, 2016. - 387 с.: ISBN 978-985-503-607-5 <http://znanium.com/bookread2.php?book=947614>
5. Основы металловедения и сварки: Учебное пособие / Мосесов М.Д. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 128 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Обложка. КБС) ISBN 978-5-00091-187-7 <http://znanium.com/bookread2.php?book=539586>

Kazan State Agrarian University