

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**И. А. Соколова, В. С. Бедарев**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов бакалавриата по направлению подготовки  
15.03.01 Машиностроение

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2025

УДК 621.757

Рецензент  
кандидат технических наук, доцент  
М. Н. Альшевская

Соколова, И. А.

Проектирование машиностроительных производств: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение / И. А. Соколова, В. С. Бедарев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 107 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Проектирование машиностроительных производств» представлены учебно-методические материалы, включающие ключевые вопросы лекций по каждой изучаемой теме, основные понятия, задания и порядок выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение заочной формы обучения.

Табл. 15, рис.16, список лит. – 12 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агрономии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 28 ноября 2025 г., протокол № 9

УДК 621.757

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2025 г.  
© Соколова И. А., Бедарев В. С.,  
2025 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	35
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	88
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	89

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение, являясь наиболее наукоёмкой и технологической сложной отраслью промышленности, стимулирует развитие науки, производства, образования. В Российской Федерации уделяется внимание развитию машиностроения, так как оно является основой функционирования многих отраслей промышленности, причём особое значение придаётся созданию высокоэффективных автоматизированных механосборочных производств, а также техническому перевооружению и реконструкции действующих предприятий, путём использования инновационного оборудования и новых средств управления.

Главной задачей при проектировании машиностроительных производств является обеспечение выпуска продукции требуемого качества в необходимом количестве при минимальных приведённых затратах. Решение поставленной задачи, путём внедрения передовых, наукоёмких методов обработки, использования композитных и других конструкционных материалов, лежит на выпускниках технических вузов.

Изучаемая дисциплина «Проектирование машиностроительных производств» – направлена на повышение конкурентоспособности отечественного машиностроения, на импортозамещение, т. е. замену зарубежного оборудования российским, обладающим аналогичными технологическими и эксплуатационными характеристиками или более высокими по сравнению с зарубежными аналогами.

Дисциплина «Проектирование машиностроительных производств» относится к вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиля «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

При изучении дисциплины используются знания и навыки, полученные после изучения таких дисциплин, как: «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Технология машиностроения», «Безопасность жизнедеятельности».

Дисциплина «Проектирование машиностроительных производств» является одним из заключительных учебных курсов в области разработки технологических процессов изготовления и восстановления продукции машиностроения. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении выпускной квалификационной работы и в дальнейшей профессиональной деятельности.

При реализации дисциплины «Проектирование машиностроительных производств» организуется практическая подготовка путем проведения практических работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении их отдельных элементов, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Целью освоения дисциплины является изучение методологической концепции проектирования механосборочного производства на уровне участка и цеха, а также основных методологических положений общего подхода к оценке технико-экономической эффективности проектируемого варианта.

**Освоение дисциплины предполагает:**

- изучение проектирования основной системы машиностроительных производств;
- изучение особенностей проектирования складской, транспортной, ремонтной и других систем вспомогательного производства.

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**знать:**

- организационные формы машиностроительного производства;
- этапы проектирования основной производственной системы;
- проектную документацию;
- состав, структуру и назначение вспомогательных подразделений машиностроительного производства;
- требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической безопасности и электробезопасности;
- правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов автоматизированного изготовления машиностроительных изделий низкой сложности;

**уметь:**

- разрабатывать проектную документацию с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;

**владеть:**

- методами расчета количества основного и вспомогательного оборудования, площадей подразделений, участков, цехов и предприятий в целом;
- навыками выбора средств технологического оснащения, используемых в технологических процессах изготовления машиностроительных изделий средней сложности;
- методами проверки рабочего места, оснащенного сложным технологическим оборудованием механосборочного производства, с точки зрения соответствия требованиям охраны труда.

Учебно-методическое пособие способствует формированию у студентов проектной культуры выпускника системы профессиональной подготовки технического вуза, его сознательного и ответственного отношения к проблемам управления предприятием обслуживания жизненного цикла продукции машиностроения, способствует поддержанию экологического менталитета

производства, может служить справочной информацией для слушателей других машиностроительных специальностей, факультетов повышения квалификации руководителей предприятий любой формы собственности.

Для усвоения материала дисциплины «Проектирование машиностроительных производств» студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовать самостоятельную внеаудиторную деятельность, выполнить курсовой проект.

Для оценивания поэтапного освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестирование, практические занятия и контрольная работа. Тестирование и решение практических задач студентами проводятся на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед тестированием преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после тестирования проводит анализ его выполнения. Примерный перечень тестовых и практических занятий представлен в фонде оценочных средств дисциплины.

В учебно-методическом пособии приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов. Материал пособия содержит рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения.

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Проектирование машиностроительных производств», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо понять цель, поставленную преподавателем. На протяжении лекции необходимо внимательно слушать, фиксировать в конспекте наиболее существенную информацию, сравнивать полученную информации с усвоенным ранее материалом в области проектирования машиностроительных производств, формируя собственную систему знаний. По ходу лекции необходимо выделять новые термины, определения, находить взаимосвязь с ранее изученными понятиями.

В случае, если студент не получил ответа, на возникшие у него в процессе лекции вопросы, следует задать их в конце занятия.

Тематика лекционных занятий (ЛЗ) и количество, отведенных на каждую тему часов:

**Тема 1. Введение. Цели и задачи дисциплины. История развития машиностроения. Значение дисциплины для формирования компетенций инженерно-технического работника машиностроительного производства (2 ч)**

## *Ключевые вопросы темы*

1. Цели и задачи курса. История эволюции машиностроительных производств.

2. Важнейшие принципы организации производственных процессов.

*Ключевые понятия: машиностроительное производство, проектирование, технологический процесс, принципы организации производственных процессов.*

*Литература:* [1, с. 3–5]; [2, с. 6–10]; [3, с. 18–21].

## *Методические рекомендации*

Первая тема дисциплины «Проектирование машиностроительных производств» позволит студентам изучить цели и задачи проектирования машиностроительных производств, историю развития дисциплины от концептуальной стадии до разработки конкретных конструкторско-технологических проектов. Курс поможет студентам приобрести необходимые знания и навыки для эффективного проектирования машиностроительных производств.

Второй вопрос темы посвящен изучению принципов организации производственных процессов. Для плодотворного проектирования нового или реконструкции действующего предприятия необходимо следовать принципам специализации, прямоточности, параллельности, ритмичности, гибкости,

оптимальности и др., которые применяются комплексно для достижения максимальной эффективности.

После изучения темы студентам нужно усвоить, что проектирование машиностроительного производства, как научное знание, прошло путь развития от примитивных мастерских изголовий орудий труда до полностью автоматизированного и роботизированного производства, от простейших методов до цифровых технологий.

*Вопросы для самоконтроля*

1. В чем заключаются цели изучения дисциплины?
2. Перечислите задачи изучаемого курса.
3. Какие этапы прошла наука о проектировании машиностроительных производств?
4. В чем заключается метод проектирования предприятий?
5. Какие принципы лежат в основе проектирования машиностроительных производств?
6. Какие методы используются в проектирования предприятий?

**Тема 2. Основные понятия и определения. Технологические требования (4 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Основные технико-организационные направления проектирования машиностроительных производств. Технологические требования к предприятиям.
2. Понятия технологического проектирования участков и цехов машиностроительного производства.

*Ключевые понятия:* производственная структура предприятия, производственные участки, цеха, вспомогательные отделения, рабочее место, рабочая зона, специализация, производственное и вспомогательное оборудование, коэффициентом загрузки оборудования

*Литература:* [1, с. 6–10]; [2, с. 11–15]; [3, с. 11–16].

*Методические рекомендации*

Вторая тема дисциплины «Проектирования машиностроительных производств» позволит обучающимся получить представления об основных технико-организационных направлениях проектирования цехов и участков и технологических требованиям к ним. При изучении темы необходимо обратить внимание на то, что проектирование является одним из первых и важных этапов создания новых машиностроительных производств.

Главной целью проектирования является разработка наиболее экономичных проектов цехов и участков, соответствующих достижениям научно-технического прогресса и обеспечивающих выпуск высококачественной продукции. При проектировании предприятия одновременно решаются экономические, технические и организационные задачи. Качество и экономичность проекта определяются, прежде всего,

уровнем производительности труда на проектируемом предприятии, себестоимостью его продукции, относительными размерами капитальных вложений и сроками их окупаемости, а также рентабельностью и конкурентоспособностью его работы в условиях рынка.

Второй вопрос темы посвящен базовым понятиям дисциплины.

После изучения темы студентам необходимо усвоить, что высокое качество проектирования обеспечивает условия сокращения материальных затрат, времени на реконструкцию, строительство и успешный ввод предприятия для быстрого достижения им проектной мощности.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите основные этапы производственного процесса.
2. Какое отличие между действительной и проектной мощностями механосборочного производства?
3. Что называется рабочей позицией, производственным участком и цехом?
4. Чем отличается компоновка цеха от планировки?
5. Какие задачи решаются при проектировании машиностроительного производства?
6. Каковы основные критерии выбора проектного решения?
7. Какие принципы декомпозиции производственной системы применяются в машиностроительном производстве?
8. Каковы основные направления совершенствования проектных работ?

### **Тема 3. Этапы проектирования. Проектная документация (4 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Этапы проектирования. Техническое задание.
2. Рабочий проект и рабочая документация. Режим работы и фонды времени работы оборудования и персонала.

*Ключевые понятия:* технологический регламент, техническое задание, базисный план, экспертиза, производственная программа, режим работы, фонды времени работы оборудования и персонала.

*Литература:* [1, с. 8–14]; [2, с. 15–20]; [3, с. 18–22, 31–39].

#### *Методические рекомендации*

При освоении третьей темы дисциплины студентам необходимо понять, что создание современных и эффективных производств ведется в несколько этапов, включающих предпроектные работы и задания на проектирование, аванпроект, рабочую документацию, что требует крупных материальных затрат, длительных сроков проектирования и внедрения, значительных усилий специалистов.

Второй вопрос темы относится к разбору содержания рабочего проекта и рабочей документации, на основании которых определяются технические возможности и экономическая целесообразность предлагаемого строительства,

устанавливаются основные технические решения проектируемых объектов, общая стоимость строительства и технико-экономические показатели.

После изучения темы студентам нужно усвоить, что проектирование механосборочного производства ведутся в соответствии с действующими нормами, а разработанные готовые проекты подвергают экспертизе.

*Вопросы для самопроверки*

1. Назовите основные этапы процесса проектирования машиностроительного производства.
2. Какие разделы входят в состав задания на проектирования нового предприятия и реконструкцию действующего предприятия?
3. Какие основные части проекта механосборочного производства?
4. Раскройте содержание рабочей документации.
5. Какие органы осуществляют экспертизу проекта?

**Тема 4. Технология проектирования машиностроительных производств (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Значение жизненного цикла машиностроительного изделия для выбора материала изделия и операций технологический процесса его изготовления.
2. Анализ исходных данных и постановка задач проектирования технологического процесса изготовления изделия, выбор оборудования.

*Ключевые понятия:* жизненный цикл изделия, технологический процесс, технологические схемы базирования, материал изделия, программа выпуска, технические требования, требования точности и шероховатости,

*Литература:* [2, с. 385–391].

*Методические рекомендации*

Четвёртая тема дисциплины призвана акцентировать внимание студентов на том, что каждое изделие проходит этапы жизненного цикла. Современное машиностроение требует комплексного подхода к проектированию предприятий, учитывая все этапы жизненного цикла изделия – от выбора материала до его утилизации. Уже на начальной стадии разработки важно акцентировать внимание на экологически безопасных методах обработки, энергоэффективности и возможности вторичного использования ресурсов.

Второй вопрос темы посвящен представлению возможностей технологических процессов механической обработки и сборочных процессов, организации рабочих места на участках и в цехах, разработке технологических схем базирования, выбору оборудования, инструмента, режимов резания и оснастки.

После изучения темы студентам нужно знать основные принципы проектирования технологического производства от разработки чертежей, выбора материала, оборудования, инструмента, оснастки до выпуска готовой продукции, а также обслуживания последних этапов жизненного цикла изделия.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие экологические аспекты необходимо учитывать при выборе материала?
2. Какие технологии позволяют снизить негативное воздействие на окружающую среду уже на этапе проектирования?
3. Как можно минимизировать отходы при изготовлении изделий?
4. Как повысить ремонтопригодность машиностроительной продукции?
5. Какие технологии рециклинга можно использовать при утилизации компонентов изделия машиностроения?
6. Как определить оптимальную последовательность операций механической обработки и сборки для минимизации себестоимости обработки?
7. Какие критерии учитываются при выборе оборудования и оснастки?
8. Какие технологии ЧПУ наиболее эффективны для сложных деталей?
9. Как системы CAD/ CAM помогают оптимизировать маршрут обработки?

### **Тема 5. Особенности выбора оборудования для предприятий единичного и мелкосерийного типов машиностроительного производства (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Проектирование технологических процессов для единичного и мелкосерийного типов машиностроительного производства. Выбор оборудования, оснастки, расположения оборудования на участке, цехе.
2. Особенности применения автоматизированного и роботизированного оборудования в условиях единичного и мелкосерийного типов машиностроительного производства.

*Ключевые понятия:* виды, типы производства, единичное производство, коэффициент прикрепления операций, универсальное оборудование, станки с ЧПУ, универсально-станочные приспособления.

*Литература:* [1, с. 48–51]; [2, с. 114–120]; [3, с. 63–69]; [5, с. 4–28].

#### *Методические рекомендации*

При изучении пятой темы дисциплины студенты должно понять, что проектирование в условиях единичного и мелкосерийного производства имеет ряд существенных отличий от массового и крупносерийного, которые влияют на выбор технологий, основного и вспомогательного оборудования, организацию труда. Для обеспечения гибкости производственных процессов применяется универсальное оборудование с возможностью переналадки, универсально-сборочные приспособления, более укрупненные маршруты обработки, предметно-замкнутые производственные участки.

С развитием новых перспективных технологий в единичном и мелкосерийном производстве, несмотря на рекомендуемую меньшую степень автоматизации, применяются гибкие производственные системы, роботизированные комплексы, адаптируемые под разные задачи. Аддитивные

технологии (3D-печать) позволяют изготавливать сложные детали без дорогостоящей оснастки.

После изучения темы студентам нужно уяснить, что проектирование в единичном и мелкосерийном машиностроительном производстве требует максимальной гибкости, сокращения времени на переналадку и оптимизации затрат. В отличие от массового производства существенным является использование универсальность оборудования и высокую квалификацию персонала.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие типы станков наиболее предпочтительны для единичного и мелкосерийного производства и почему?
2. Как влияет частота переналадки оборудования на выбор технологической оснастки?
3. Какие критерии определяют выбор между ручным, полуавтоматическим и ЧПУ-оборудованием в мелкосерийном производстве?
4. Какие аддитивные технологии могут сократить затраты на оборудование в мелкосерийном производстве?
5. Какие факторы ограничивают внедрение роботизированных линий в мелкосерийное производство?
6. Может ли цифроизация (CAD/CAM) оптимизировать парк оборудования для мелких серий?

**Тема 6. Особенности определения состава оборудования для крупносерийного и массового производства (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Проектирование технологических процессов для крупносерийного и массового типов машиностроительного производства. Особенности выбора оборудования, оснастки, правил расположения оборудования на участке, в цехе.
2. Широкое использование специализированных станков и автоматических линий в условиях крупносерийного и массового машиностроительного производства. Поточные линии. Роторные и роторно-конвейерные линии.

*Ключевые понятия:* крупносерийное производство, массовое производство, специализированные станки, поточная технология, гибкие производственные системы, индустрия AI и BigData.

*Литература:* [2, с. 86–113, 114–120, 392–440]; [3, с. 63–69].

*Методические рекомендации*

В процессе изучения шестой темы нужно осознать, что проектирование в крупносерийном и массовом производстве ориентировано на максимальную автоматизацию и специализацию. В отличие от единичного и мелкосерийного выпуска изделий при производстве важны точность, ритмичности и минимальные затраты на единицу продукции. Оптимальным решением часто

становится роботизированные линии и ЧПУ-комплексы с интеграцией в цифровые производственные системы.

Применение специализированных станков и автоматических линий предусматривает применение специализированной оснастки, обеспечивающей высокую точность и производительность, минимизацию ручных операций за счёт автоматизации.

После изучения темы студентам нужно осознать, что в крупносерийном и массовом машиностроительных производствах оборудование выбирается с учётом долгосрочной эффективности. В отличие от единичного производства важным критерием выбора являются производительность, автоматизация, надёжность.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие типы производственных линий наиболее эффективны для крупносерийного и массового производства?
2. Как влияет компоновка оборудования (поточная, ячеистая, фиксированная) на производительность в массовом производстве?
3. Какие требования предъявляются к точности и надёжности оборудования при массовом производстве?
4. Какие системы транспортировки заготовок и деталей оптимальны для массового производства?
5. Какая оснастка для металорежущих станков используется в крупносерийном производстве?
6. Как учитывается эргономика и безопасность операторов при проектировании рабочих зон в условиях высокой загрузки?
7. Какие особенности обслуживания и ремонта оборудования критичны для бесперебойной работы в массовом производстве.

### **Тема 7. Проектирование основной производственной системы. Определение состава и количества основного оборудования (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Проектирование основной производственной системы.
2. Определение состава и количества основного оборудования.

*Ключевые понятия:* основная производственная система, типы производства, производственная программа, трудоёмкость, станкоёмкость, поточное и непоточное производство, гибкие производственные системы.

*Литература:* [1, с. 27–50]; [2, с. 86–128]; [2, 3, с. 40–53, 59–72]; [5, с. 4–12].

#### *Методические рекомендации*

При освоении седьмой темы необходимо представить студентам классификации цехов и участков. Им нужно уяснить, что основой для проектирования участка и цеха является детально разработанный технологический процесс изготовления изделия. На этапе разработки технологического процесса учитываются основные положения по выбору

состава основного технологического оборудования, разрабатываются требования к условиям его работы.

Второй вопрос темы посвящен изучению методов определения трудоемкости (станкоёмкости) обработки и сборки, порядку расчета такта выпуска изделий, определению состава и количества основного (технологического) оборудования и коэффициента его загрузки.

После изучения темы студентам нужно знать, что итогом расчетов количества основного оборудования является заполненная ведомость, в которой указываются модель, мощность, балансовая стоимость и масса, размеры каждого станка, что используется при разработке энергетической, строительной и других частей проекта.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Назовите типы производства и охарактеризуйте их.
2. Какие основные требования предъявляются к технологическому оборудованию механосборочных цехов?
3. Что является критерием выбора состава оборудования?
4. Перечислите виды оборудования для основных типов производства.
5. Какова структура Гибких производственных систем?
6. Каковы источники эффективности Гибких производственных систем?
7. Как связаны между собой станкоёмкость и трудоемкость?
8. Как определить число станков и рабочих мест при детальном проектировании участков и цехов поточного и непоточного производства?
9. Что такое коэффициент загрузки и использования оборудования?
10. Как определить число станков при укрепленных методах расчета?

### **Тема 8. Особенности выбора, расчета и размещения автоматических линий на производственных площадях (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Автоматические линии как ключевой элемент организации массового машиностроительного производства.
2. Выбор автоматических линий, их расчёт и условия размещения на площадях механосборочного производства.

*Ключевые понятия:* автоматическая линия, технологическая синхронизация, эффективный фонд времени работы линии, тakt выпуска, коэффициентостоя, интеграция с цифровыми системами.

*Литература:* [2, с. 95–113]; [3, с. 63–69].

#### *Методические рекомендации*

При освоении восьмой темы студентам необходимо осознать, что автоматические линии должны обеспечивать выполнение всех этапов обработки в заданной технологическим процессом последовательности. Так для изготовления валов используют линии с токарными автоматами, шлифовальными станками и роботами-манипуляторами. Для производства

разнотипных деталей предпочтительно применение гибких автоматических линий (ГАЛ) с быстрой переналадкой, т. е. замена отдельных станков и роботов модульных систем. Предпочтительно использовать линии с низким коэффициентом простоя, например, системы с резервированием критических узлов.

Второй вопрос посвящен определению количества автоматических линий с учётом технологической синхронизации, возможности масштабирования и логистики внутри производства.

После изучения темы студентам нужно понять, что выбор автоматических линий зависит от производительности, гибкости и интеграции в цифровую инфраструктуру предприятия. Расчёт количества оборудования требует анализа объёмов выпуска, такта времени и резервирования. Оптимальный вариант – использование роботизированных линий с ЧПУ и модульной архитектурой, позволяющих адаптироваться к изменениям спроса без значительных капитальных вложений.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие требования к точности и повторяемости процессов предъявляются к оборудованию автоматических линий?
2. В каких случаях целесообразно использовать линии с ЧПУ, а в каких – полностью роботизированные комплексы?
3. Какие параметры необходимы для расчета количества автоматических линий?
4. Как влияет коэффициент использования оборудования на расчёт количества линий?
5. Какие принципы компоновки наиболее эффективны для автоматических линий?
6. Как обеспечить безопасность персонала при интеграции автоматических линий в существующее производственное пространства?
7. Какое расстояние должно быть между линиями для удобства обслуживания и ремонта оборудования?

### **Тема 9. Определение производственных площадей механического участка (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Основные принципы и методики выбора структуры цеха, участка, организационных форм его подразделений.
2. Определение площади участка и его основных параметров.

*Ключевые понятия:* структура цеха, планировка участка, конструкторско-технологическая общность деталей, гибкие производственные системы.

*Литература:* [1, с. 27–63]; [5, с. 13–17].

#### *Методические рекомендации*

На следующей лекции студенты должны освоить принципы выбора структуры цеха и методики расстановки оборудования на планировке участка,

цеха. Они должны знать, что для оптимизации производственной структуры действующих и реконструируемых цехов и участков можно использовать метод графического моделирования материальных потоков, основанный на теории графов, рассматривающий различные формы взаимосвязей между отдельными пространственными элементами.

Во второй части лекции презентуется методика определения как площади цеха, так и его основных параметров.

После изучения темы студенты должны знать, что при определении структуры цеха необходимо использовать системный подход, при котором наиболее эффективной является программно-целевая организация производственных процессов. При этом в условиях серийного производства создаются подетально-специализированные машиностроительные цеха, подетально специализированные участки.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. В чём заключается преимущество подетальной и предметной форм специализации участков цеха по сравнению с технологической?
2. Как определяется общая и производственная площади цеха при укрупненном и детальном проектировании?
3. Какие варианты размещения оборудования возможны на станочных участках и линиях?
4. Как осуществляется выбор оптимального варианта расположения оборудования и рабочих мест на участке?
5. Какие схемы планировок стакочных модулей и автоматизированной транспортно-складской системы применяют в ГПС? Назовите их достоинства и недостатки.
6. Как располагаются рабочие места и оборудование на участках сборки?
7. Какие особенности необходимо учесть при проектировании участков и цехов для производства высокоточных изделий?

## **Тема 10. Проектирование системы контроля качества изделий (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Назначение и структура системы контроля и испытания.
- Проектирование контрольных и испытательных отделений
2. Определение состава оборудования и обслуживающего персонала контрольных и испытательных отделений.

*Ключевые понятия:* качество продукции, система контроля качества, функции контрольных служб, объект контроля, метод контроля, виды контроля качества, испытания.

*Литература:* [1, с. 155–163]; [2, с. 192–212]; [3, 235–254]; [5, с. 45–49].

#### *Методические рекомендации*

На десятой лекции необходимо донести до студентов то, что качество изделия закладывается при его проектировании и изготовлении, а проявляется – при эксплуатации, обеспечивается системой контроля и испытания,

организованной на предприятии. Контроль качества изделий может быть осуществлён непосредственно на рабочем месте, в специальных контрольных пунктах, в испытательных отделениях.

Вторая часть лекции посвящена видам контроля, классификации мерительного инструмента, составу обслуживающего персонала.

После изучения темы студентам нужно осознать, что система качества изделий предназначена для своевременного определения с требуемой точностью параметров качества изделий механосборочного производства.

*Вопросы для самопроверки*

1. Назовите виды контроля качества изделий.
2. Какие мероприятия можно применить для снижения трудоёмкости контрольных операций?
3. Что входит в структуру контроля качества изделий предприятия?
4. Перечислите средства автоматического контроля качества изделий.
5. Как определить численность контролёров?
6. Как рассчитать стендов для проведения испытаний?

**Тема 11. Проектирование транспортной системы. Грузопоток в цехе, его типы (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Проектирование схемы материальных потоков. Грузопоток в цехе и его типы. Назначение и основные направления проектирования транспортной системы.

2. Классификация транспортных систем, технологический процесс транспортирования, как основа для выбора типа, количества и основных параметров внутрицеховых транспортных средств.

*Ключевые понятия:* транспортная система, транспортные средства, трудоемкость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, грузопоток.

*Литература:* [1, с. 85–102]; [2, с. 272–303]; [3, с. 170–191]; [5, с. 50–54].

*Методические рекомендации*

На следующей лекции необходимо донести до студентов то, что в основе проектирования транспортной системы цеха лежит разработка схемы материальных потоков. Им необходимо понять, что развитие современных транспортных средств идет по пути повышения степени автоматизации управления, увеличения производительности и грузоподъемности, расширения диапазона регулирования скоростных характеристик, повышения надежности и долговечности металлоконструкций и электрооборудования.

Вторая часть лекции посвящена классификации транспортных систем, основным положениям по рациональному выбору типа внутрицехового транспорта, расчету их количества, технологическим процессам транспортирования.

После изучения темы студентам нужно осознать, что при выборе грузопотоков и элементов транспортной системы следует ориентироваться на разработанную классификацию грузов и транспортных систем.

*Вопросы для самопроверки*

1. По каким признакам классифицируются грузы в транспортных системах?
2. Назовите пути сокращения затрат на транспортирование.
3. Какие исходные данные необходимы для построения схемы транспортных связей?
4. По каким параметрам производится расчёт транспортных средств?
5. Что относится к основному, а что к вспомогательному транспортному оборудованию?
6. Назовите области использования конвейеров различных типов.
7. Как определить машиноёмкость транспортных средств?
8. Как рассчитать количество промышленных роботов в поточном и непоточном производстве?

## **Тема 12. Проектирование складской системы (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Назначение и структура складских систем. Проектирование склада, приемо-сдаточных секций, отделения сборки и разборки техоснастки, отделения установки и съема полуфабрикатов, отделения мойки и консервации техоснастки.
2. Основные положения по выбору установочных и компоновочных решений складской системы.

*Ключевые понятия:* складская система, структура складской системы, классификация грузов, классификации складов, на текущий и страховой запас.

*Литература:* [1, с. 72–84]; [2, с. 212–242]; [3, с. 140–168]; [5 с. 55–64].

*Методические рекомендации*

На двенадцатой лекции необходимо донести до студентов то, что склады в машиностроительном производстве выполняют важную роль регуляторов производственных процессов, что на складах происходит преобразование грузопотоков. Структура складской системы во многом определяется: организационной формой производства; типом и функциональными возможностями транспортной системы; технологическими особенностями производства изделий.

Вторая часть лекции посвящена основным положениям по выбору установочных и компоновочных решений складской системы. Расчёт площади, занимаемой складской системой в производственном корпусе, включает расчёт площадей складов металла, заготовок, отливок, штамповок, деталей, подлежащих комплектованию, готовой продукции, а также площади инструментально-раздаточной кладовой.

После изучения темы студентам нужно знать, что основная цель создания и функционирования склада – преобразование параметров входящего и выходящего грузопотоков с минимальными затратами.

*Вопросы для самопроверки*

1. В каких случаях необходимо предусматривать в составе механосборочного производства склады?
2. Какова динамика изменения запасов на складе?
3. По каким признакам классифицируют склады?
4. Назовите функциональные подсистемы склада и их структуру.
5. Как организуют хранение проката, заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий в цехах?
6. Как определить площадь склада при укрупненных методах расчёта, при детальном проектировании?
7. Как определить количество транспортных средств и число работающих на складе?

**Тема 13. Проектирование системы управления и подготовки производства (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Задачи системы управления и подготовки производством.
2. Состав системы управления и подготовки производства. Площади, занимаемые системой управления и подготовки производства.

*Ключевые понятия:* система управление и подготовки производства, информационно – автоматизированные подсистемы диагностирования, техническое диагностирование, технологическая подготовка производства

*Литература:* [2, с. 356–384]; [3, с. 267–274].

*Методические рекомендации*

Следующая тема дисциплины позволит обучающимся получить представления об основных задачах системы управления и подготовки производства, которые заключаются в непрерывном контроле состояния производственного процесса и воздействии на него в случае возникновения отклонений от запланированного хода производства, а также разработке технологической и плановой документации, подготовке технологической оснастки, обеспечении необходимыми материалами и комплектующими изделиями.

Вторая часть лекции посвящена разбору состава системы управления и подготовки производства и расчёту площадей, занимаемых этой системой

После изучения темы студентам нужно знать, что система управления цехом входит в состав системы управления производством на предприятии, которая представляет собой комплексную информационно-управляющую систему, служащую для решения задач планирования и учета, состоящая из

подсистем технологической и организационно-материальной подготовки производства.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие задачи решаются системой управления и подготовки производства?
2. Что указывается на схеме информационных потоков?
3. Перечислите принципы построения системы управления.
4. Какие функции возлагаются на систему технического диагностирования технологического оборудования?
5. Какие исходные данные необходимы для проектирования систем управления основными и вспомогательными подразделениями?
6. Какие задачи решаются системой технологической подготовкой производства?
7. Какие функции возлагаются на подсистему учёта?

**Тема 14. Проектирование системы инструментального обеспечения (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Назначение и структура системы инструментообеспечения. Основные организационные способы замены инструмента на технологическом оборудовании. Выявление номенклатуры и оборотного фонда инструмента исходя из технологического процесса.

2. Проектирование подсистем: сборки и разборки инструмента, настройки инструмента; хранения и комплектования инструмента; восстановления инструмента и ремонта оснастки; контроля инструмента; складирования абразивов. Определение площадей подсистем инструментообеспечения и основные положения по размещению их в цехе.

*Ключевые понятия:* система инструментообеспечения, оборотный фонд режущего инструмента, зона хранения и комплектования инструментов, замена инструмента по отказам, смешанная замена, смешано-групповая замена

*Литература:* [1, с.103–113]; [2, с. 163–191]; [3, с. 206–221]; [5, с. 64–69].

*Методические рекомендации*

На четырнадцатой лекции необходимо показать студентам то, что система инструментообеспечения предназначена для обслуживания всего технологического оборудования цеха заранее подготовленным инструментом, а также для контроля за его правильной эксплуатацией. Система инструментообеспечения цеха является составным элементом инструментального хозяйства завода. В инструментальное хозяйство могут входить: инструментальный цех; общезаводской центральный инструментальный склад и центральный абразивный склад; общезаводские планирующие органы по обеспечению нормальной производственной деятельности завода всеми видами оснастки.

Вторая часть лекции посвящена освоению методик определения площадей подсистем инструментообеспечения и разбору основных положений по их размещению в цехе.

После изучения темы студентам нужно знать, что функции системы инструментообеспечения включают: организацию транспортирования инструментов внутри системы инструментообеспечения; хранение инструментов и их составных элементов на складе; настройку инструментов и восстановление инструментов; контроль перемещений и положения инструментов; контроль состояния режущих кромок инструментов.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие функции выполняет система инструментообеспечения?
2. Перечислите способы организации замены инструмента.
3. Как определить номенклатуру и оборотный фонд режущего инструмента в поточном и непоточном производстве?
4. Какую структуру имеет система инструментообеспечения цеха?
5. Какие виды работ производятся в секции обслуживания инструментом производственных участков?
6. Как рассчитать число приборов для настройки инструмента?
7. Как рассчитать площадь для хранения режущего инструмента?

**Тема 15. Проектирования системы ремонта и технического обслуживания машиностроительного предприятия (4 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Структура системы ремонта и технического обслуживания машиностроительного предприятия. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования.
2. Категории ремонтосложности оборудования и трудоемкость ремонтных работ.

*Ключевые понятия:* осмотр, диагностирование, регулирование механизмов, узлов, проверка геометрической точности оборудования, испытания, консервация, плановый ремонт, текущий ремонт, аварийный ремонт, ремонтный цикл, категории ремонтной сложности

*Литература:* [1, с. 114–139]; [2, с. 320–344]; [3, с. 226–233].

*Методические рекомендации*

На пятнадцатой лекции студенты должны узнать, что структура системы ремонта и технического обслуживания машиностроительного предприятия включает планово-предупредительные ремонты, диагностику состояния техники, своевременную замену изношеных компонентов, внедрение современных технологий мониторинга, такие как системы преактивной аналитики. Важными элементами являются стандартизация процессов, обучение персонала, управление запасными частями и оптимизация затрат, что в совокупности способствует увеличению срока службы оборудования и снижению рисков возникновения аварийных ситуаций.

Во второй части подчеркивается, что степень сложности ремонта каждой модели оборудования оценивается числом присущим ей единиц ремонтной сложности, т. е категорий сложности, которая зависит от конструктивных и технологических особенностей оборудования. Трудоёмкость ремонтных работ отражает затраты времени и труда на выполнение ремонтных циклов, измеренные в человека-часах или условных единицах. При проектировании ремонтных служб количество оборудования и число работающих определяют исходя из затрат времени годового объёма ремонтных станочных и слесарных работ

После изучения темы студентам нужно знать, что система представляет собой комплекс организационных, технических и управленческих мер, направленных на обеспечение бесперебойной работы оборудования, минимизацию простоев и повышение эффективности производства.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие типы ремонтов выполняются для металлорежущего оборудования? Как определяется периодичность капитального ремонта?
2. Какими методами можно восстановить точность станка после износа его направляющих?
3. Какие неисправности характерны для станков с ЧПУ?
4. Какие нормативные документы регламентируют обслуживание металлорежущего оборудования на предприятии?
5. Как организуется на предприятии управление запасными частями. Какие узлы чаще требуют замены?
6. Какие меры безопасности применяются при обслуживании станочного парка?
7. Как рассчитывается стоимость ремонтных работ?

## **Тема 16. Проектирование системы удаления и переработки стружки (2ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Проблема минимизации экологического ущерба в условиях промышленного производства. Отходы металла в машиностроительном производстве. Повышение эффективности существующих методов очистки и переработки различных видов стружки. Внедрение экологически чистых, безотходных технологий.

2. Выбор метода сбора, транспортирования и места переработки стружки и необходимого оборудования.

*Ключевые понятия:* операции переработки стружки, схема уборки стружки, площадки для сбора стружки, брикетирование, обезжиривание.

*Литература:* [1, с. 140–147]; [5, с. 70–74].

#### *Методические рекомендации*

Шестнадцатая лекция позволит обучающимся получить представления о том, что современные станки, оснащенные десятками режущих инструментов и

работающие на высоких скоростях, производят огромное количество стружки, что сделало необходимым разработку многих специальных средств для её уборки и утилизации, введения новых схем уборки стружки, операций её переработки.

Вторая часть лекции посвящена принципам выбора транспортных средств для транспортирования стружки, расчету их производительности и площади отделения сбора и переработки стружки.

После изучения темы студентам нужно знать, что к факторам, влияющим на техническое решение по организации сбора, транспортирования и переработки стружки является её количество и свойства.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие способы удаления и транспортирования стружки применяют в механических цехах? Дайте характеристику применяемых при этом технических средств.
2. Как осуществляют переработку стружки?
3. Какие вид и материал стружки влияет на методы её переработки?
4. Какое оборудование применяют для переработки стружки?
5. Какие операции включают процесс переработки стружки?

### **Тема 17. Специальные требования пожарной, промышленной безопасности и электробезопасности работы машиностроительного оборудования (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Риски, связанные с эксплуатацией станков, прессов и других видов оборудования. Основные источники возгорания на машиностроительном оборудовании, меры защиты от поражения электрическим током.

2. Нормативы пожарной, промышленной безопасности и электробезопасности работы машиностроительного оборудования

*Ключевые понятия:* промышленная безопасность, опасные производственные объекты, риск-ориентированный подход, пожарная безопасность, автоматические системы пожаротушения, пожарные гидранты, короткое замыкание, заземление.

*Литература:* [2, с. 136–146]; [3, с. 329–337].

#### *Методические рекомендации*

Семнадцатая лекция помогает обучающимся понять, что при эксплуатации машиностроительных производств необходимо учитывать специальные требования к условиям работы технологического оборудования, обусловленные особенностями достижения требуемых параметров качества изготовления изделий. Постоянное повышение количества и качества изделий вызвано увеличением мощности и скорости машин и механизмов. Тенденция к повышению точности современных машин оказывает влияние на условия их изготовления: температуру, влажность, чистоту помещения, воздухообмен,

освещенность, виброизоляцию оборудования и допустимый уровень звукового давления.

Вторая часть лекции посвящена изучению принятым нормативам и требованиям безопасной работы оборудования на предприятия. К мероприятиям, исключающим аварийную работу относятся: проведение регулярного аудита оборудования, проведение систематического инструктажа по пожарной и электробезопасности, тренировка персонала на симуляторах, использование аварийного отключения питания, ведение журналов проверок защитных и инструкций.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие элементы системы блокировки должны быть на прессе?
2. Почему заземление корпусов оборудования является обязательным требованием?
3. Какие три типа средств пожаротушения обязательны для цеха с машиностроительным оборудованием?
4. Как предотвратить перегрев электродвигателей станков?
5. Какие документы регламентируют промышленную безопасность на опасных производственных объектах?

## **Тема 18. Организация рабочего места и охрана труда (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Система охраны труда производственного персонала. Назначение и структура системы охраны труда. Основные принципы выбора и размещения средств охраны труда на участках и в цехах.

2. Организация системы охраны труда на предприятии.

*Ключевые понятия:* визуальное оформления помещения; оптимальное освещение, комфортный звуковой климат; эргономика рабочих мест и мест отдыха, цветовой климат.

*Литература:* [1, с. 164–175]; [2, с. 307–320]; [3, с. 258–267].

*Методические рекомендации*

Изучение следующей темы позволит обучающимся получить представления о функционировании системы охраны труда персонала, её назначении, структуре и принципах выбора и размещения средств.

Вторая часть лекции посвящена представлениям об организации на промышленных предприятиях деятельности по разработке визуального оформления помещения цеха, участка, по выбору их оптимального освещения, созданию комфортного звукового климата в помещении и расчету наилучшей эргономики рабочих мест и мест отдыха.

После изучения темы студентам нужно знать, что правильный подбор цветовой гаммы позволяет снизить утомляемость зрительных органов, что для изоляции от шума работы оборудования, необходимо его отделить акустическими экранами или буферными зонами, а неправильно организованное рабочее место является причиной снижения

производительности труда. Огромную роль в создании комфортного рабочего пространства играет эргономичное оборудование и специально разработанная для него мебель.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какую структуру имеет система охраны труда?
2. Назовите средства для обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала.
3. Какие задачи решает подсистема обеспечения санитарных условий труда?
4. Какие службы входят в состав подсистемы обслуживания работающих?
5. Перечислите основные принципы размещения помещений и средств для охраны труда.

**Тема 19. Особенности проектирования заготовительных участков и цехов (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Технологии получения заготовок изделий машиностроительного производства. Виды заготовительных участков и цехов. Основное и вспомогательное оборудование, используемое на заготовительных участках и цехах. Требования и нормативы размещения оборудования.

2. Определение оптимальных способов получения заготовок. Особенности расчета трудоёмкости заготовительных работ и необходимого количества оборудования.

*Ключевые понятия:* кованная поковка, штампованная поковка, литьё, прокат, сортамент, ленточнопильные станки, гидравлические прессы, индукционные печи, датчики контроля температуры.

*Литература:* [11].

*Методические рекомендации*

Изучение девятнадцатой темы позволит студентам пополнить знания о том, что при выборе метода и оборудования для получения заготовок необходимо: определить тип производства, учитывать допуски и припуски на механическую обработку для минимизации отходов и трудозатрат; использовать современные технологии, такие как, ЧПУ-оборудование для резки, роботизированные линии для литья под давлением, 3D-печать песочных форм для точного литья.

Вторая часть лекции посвящена особенностям планировки и логистики заготовительных участков. При расчёте площадей участков должны учитываться габариты оборудования, заготовок, разделяться на зоны приёмки сырья, хранения и обработки и транспортирования заготовок. Маршруты перемещения материалов должны минимизироваться с помощью конвейеров, мостовых кранов, тележек. Для защиты персонала требуется установка систем вентиляции, экраны от искр и шума.

После изучения темы студентам нужно знать, что проектирование заготовительных участков и цехов машиностроительных предприятий требует комплексного подхода, учитывающего технологические, организационные, экономические и экологические аспекты. Проектирование заготовительных участков и цехов напрямую влияет на рентабельность предприятия, так как неправильно выбранное оборудование или ошибки в планировке приводят к простоям, перерасходу материалов.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какое оборудование размещается на участке получения штампованных поковок?
2. Какие допуски и припуски заготовок влияют на площадь заготовительного участка?
3. Как обеспечивается совместимость оборудования?
4. На какие зоны разделяется заготовительный участок? Какие критерии учитываются для их размещения?
5. Как учитывается грузопоток?
6. Какие принципы применяются для расстановки оборудования?
7. Какие требования безопасности закладываются в планировку участка?

**Тема 20. Особенности проектирования термических цехов и участков машиностроительного производства (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Оборудование, необходимое для термической и химико-термической обработки. Принципы его расположения на производственных площадях. Основное и вспомогательное термическое оборудование. Особенности эксплуатации термического оборудования и техника безопасности.
2. Режимы термической обработки. Основные технологические параметры, необходимые для выбора и расчета количества печей для каждого вида термической обработки.

*Ключевые понятия:* термический участок, закалка, отжиг, отпуск, карбюризатор твердый и газообразный, среда охлаждения, токи высокой частоты, индуктор, змеевик.

*Литература:* [5, с. 18–21].

*Методические рекомендации*

Двадцатая тема дисциплины позволит обучающимся получить представления о значении термической и химико-термической обработок в машиностроительном производстве в зависимости от технических требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам деталей. Для получения необходимой твердости деталей на площади участка или цеха располагаются печи, которые классифицируются по назначению, по виду используемого топлива, по конструктивным особенностям, по использованию сред при нагреве.

Вторая часть лекции посвящена методам расчета количества печей в зависимости для вида термической обработки, а также правилам и нормам их расстановки на участках.

После изучения темы студентам нужно осознать, что твердость поверхностей детали определяется условиями эксплуатации изделий, требованиями к чистоте поверхности и значениями электрохимических показателей.

*Вопросы для самопроверки*

1. По каким признакам подразделяются термические участки и цеха?
2. Какие операции выполняются на термическом участке?
3. Какое основное и вспомогательное оборудование располагается на участке?
4. Как рассчитывается необходимое количество печей?
5. От каких факторов зависит выбор конкретной печи?
6. Как определяется общая площадь термического участка?
7. Какие показатели характеризуют работу термического участка?

**Тема 21. Особенности проектирования гальванических участков машиностроительного производства (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Виды и назначение гальванических покрытий. Принципы выбора гальванических покрытий. Основное и вспомогательное оборудование гальванических участков и особенности его выбора.
2. Расчет количества ванн в зависимости вида покрытия. Основные технические характеристики процесса нанесения покрытий. Правила и нормы расстановки оборудования на участках.

*Ключевые понятия:* гальванический участок, система энергоснабжения, системы водоснабжения и водоотведения, технологические решения гальванического цеха, технологические решения очистных сооружений, гальванические автоматические линии.

*Литература:* [5, с. 22–28]; [9, с. 63–69].

*Методические рекомендации*

Двадцать первая тема дисциплины позволит обучающимся получить представления о значении гальванических процессов в производстве машин и приборов, о том, что в зависимости от требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам деталей используют защитные, защитно-декоративные, специальные. Для нанесения гальванических и химических покрытий на площади участка или цеха располагаются ванны, автоматические конвейерные установки, оборудование для подготовки поверхности перед покрытием и другое оборудование.

Вторая часть лекции посвящена методам расчета количества ванн в зависимости для вида покрытия, а также правилам и нормам их расстановки на участках.

После изучения темы студентам нужно осознать, что выбор типа защитных покрытий определяется условиями эксплуатации изделий, требованиями к чистоте поверхности и значениями электрохимических технических характеристики потенциалов основного металла изделия и металла покрытия.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие типы покрытий различают в зависимости от эксплуатационных характеристик деталей?
2. Какое оборудование используется на гальванических участках?
3. Какой предварительной обработке подвергаются детали перед гальванической обработкой?
4. Что может быть получено за счет применения многослойных покрытий с определенным сочетанием моно- и полиметаллических слоев?
5. От чего зависит время продолжения гальванической операции?
6. Какие компоненты входят в системы водоснабжения и водоотведения?
7. На каком производстве целесообразно применять гальванические автоматические линии?

## **Тема 22. Особенности проектирования сборочных участков и цехов (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Особенности выбора технологического оборудования для сборки.
2. Расчет количества сборочных постов и параметров сборочного участка и цеха.

*Ключевые понятия:* узловая сборка, общая сборка, конструкторские базы, поточная сборка, стационарная сборка, пресс, радиально-сверлильный станок, специализированный стенд.

*Литература:* [3, с. 113–129].

*Методические рекомендации*

Двадцать вторая тема дисциплины позволит обучающимся получить представления о технологических особенностях, особенностях планировки и логистики сборки машиностроительного производства. Сборочные участки должны быть организованы так, чтобы минимизировать лишние передвижения сборочных узлов и операторов. Потоки комплектующих должны следовать кратчайшим путем от склада до стендов. Площадь сборочного участка должна использоваться максимально эффективно, т. е. лишних пустых мест, но и недопустимо скопление материалов.

Вторая часть лекции посвящена методам расчета количества оборудования и площадей участков сборки узлов и общей сборки, а также правилам и нормам размещения оборудования.

После изучения темы студентам нужно осознать, что проектирование сборочных участков и цехов требует учёта специфики сборки изделий, их сложности, габаритов и требований к точности изделия. Правильное

проектирование напрямую влияет на себестоимость, скорость и качество конечной продукции.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие факторы необходимо учитывать при размещении оборудования на сборочном участке?
2. Какие основные принципы зонирования сборочного участка?
3. Как требования к качеству и точности сборки отражаются на планировке цеха?
4. Какие нормативы учитываются при планировке?
5. Как минимизировать потери времени на транспортировку между этапами сборки?
6. Как выбрать тип и рассчитать количество оборудования для сборочных линий?
7. Как интегрировать роботизированные системы с ручными операциями?
8. Какие решения принимаются для синхронизации работы оборудования минимизации простоев?
9. Какие решения позволяют быстро перенастраивать сборочные линии?

**Тема 23. Особенности размещения и эксплуатации 3D-оборудования в помещениях машиностроительного производства (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Аддитивные технологии в машиностроительном производстве. Особенno целесообразно их применение в литейном производстве при внедрении новой продукции.
2. Опыт эксплуатации сравнительно нового оборудования в машиностроительном производстве требует обобщения и анализа для производительной и безаварийной работы оборудования и комфортного труда специалистов.

*Ключевые понятия:* аддитивные технологии, быстрое прототипирование, цифровое описание изделия, литейное производство, условия эксплуатации и размещения 3D-оборудования.

*Литература:* [2, с. 402–441]; [10].

*Методические рекомендации*

Двадцать третья тема дисциплины позволит студентам узнать, что при размещении и эксплуатации 3D-оборудования в машиностроительных предприятиях важно учитывать его технологические, инженерные и организационные особенности. Применение аддитивных технологий послойного изготовления продукции машиностроения, наряду с использованием традиционных технологий удаления материала с заготовки, даёт возможность сократить время выпуска продукции, а также сделать детали, которые невозможно изготовить традиционными способами. Аддитивные технологии, являясь цифровыми технологиями, включают цифровое описание

изделия – CAF-модель, т. е. его трехмерную объемную компьютерную модель, которая используется на протяжении всех этапов производственного процесса от зарождения идеи нового изделия до её реализации. Каждая технологическая операция также выполняется в цифровом виде в системе автоматизированного конструирования и проектирования – CAF\CAM\CAE, что способствует реальному переходу к «безбумажным» технологиям и, в конечном счёте, к снижению себестоимости выпуска продукции.

Во второй части лекции приводятся требования к размещению 3D-оборудования на площадях предприятия с учётом его габаритов, веса оборудования и зон обслуживания, требования к инфраструктуре, особенностей эксплуатации, технологических ограничений, экономических аспектов и экологических требований.

После изучения темы студентам нужно понять, что 3D-оборудование требует специализированных условий и пересмотра традиционных подходов к организации машиностроительного производства. Его внедрение оправдано для задач, где критичны сложность геометрии, индивидуализация или сокращение сроков разработки. При этом ключевыми остаются вопросы безопасности, интеграции в существующие процессы и экономической эффективности.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие пространственные параметры (площадь, высота, вес оборудования) критичны для размещения что 3D-принтеров?
2. Почему контроль температуры и влажности в зоне размещения 3D-оборудование важен для качества печати?
3. Какие системы вентиляции и фильтрации необходимы при работе с токсичными материалами?
4. Какие средства индивидуальной защиты требуются для оператора 3D-принтера, работающего с металлическими порошками?
5. Как часто требуется чистка и калибровка 3D-оборудование для поддержания точности печати?

### **Тема 24. Компоновочно-планировочные решения участков и цехов (4 ч).**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Компоновочно-планировочные решения участков и цехов. Основные принципы разработки компоновочных и планировочных решений цехов машиностроительного производства.
2. Определение площади цеха и его основных параметров. Уточнение состава и количества работающих.

*Ключевые понятия:* компоновочная схема здания, планировка участка, шаг колонн, ширина пролёта, сетка колонн, высота пролёта

*Литература:* [2, с. 244–275]; [3, с. 288–315].

*Методические рекомендации*

Данная тема дисциплины позволит обучающимся получить представления о расположении производственных участков на площади цеха, о принципах разработки компоновочных и планировочных решений цеха, а также о выборе оптимального варианта расположения оборудования на основных участках машиностроительного производства.

Вторая часть лекции посвящена расчётом как площадей подразделений и участков, цехов, так и их геометрических размеров.

После изучения темы студентам нужно усвоить, что в зависимости от технологического процесса изготовления изделия на площади механосборочного цеха могут разместиться участки основного производства, такие как механический, сборочный, гальванический, термический, сварочный, окрасочный и т. п., так и вспомогательные подразделения: складское хозяйство, транспортное, инструментальное, ремонтное и др.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие факторы влияют на выбор компоновочной схемы производственного здания? Назовите основные конструктивные элементы здания.
2. Как осуществляется привязка колонн к разбивочным осям производственного здания?
3. Назовите основные принципы, определяющие выбор компоновки цеха
4. Как размещают вспомогательные отделения цеха по отношению к производственным участкам и линиям?
5. Приведите примеры компоновочных решений механосборочных цехов для условий поточного и непоточного производства.
6. Какие факторы определяют необходимость уточнения планировки оборудования и рабочих мест, а также численности работающих после проектирования вспомогательных служб и разработки компоновочного плана цеха?
7. Каковы особенности размещения оборудования в ГПС?
8. Как размещают службы системы обеспечения функционирования ГПС?
9. Как определяются число позиций загрузки и разгрузки приспособлений-спутников и рабочих, обслуживающих эти позиции в ГПС?
10. Приведите примеры планировочных решений в ГПС.

**Тема 25. Основные и вспомогательные здания механических и сборочных цехов (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

1. Основные и вспомогательные здания механических и сборочных цехов  
Классификация и типы промышленных зданий машиностроительных заводов.
2. Расчет высоты проема цеха. Унифицированные типовые секции. Виды фундаментов. Вспомогательные здания.

*Ключевые понятия:* промышленные здания, унифицированная типовая секция, фундаменты под железобетонные и стальные колонны, перегородки в отделениях.

*Литература:* [1, с. 176–196]; [2, с. 256–265].

*Методические рекомендации*

Двадцать пятая лекция дисциплины призвана донести до студентов то, что всякое промышленное предприятие состоит из комплекса зданий и сооружений, состав и архитектурный образ которых определяется типом, видом и технологией производства, что целью рационального размещения оборудования и рабочих мест согласно технологической последовательности является эффективная организация производственного процесса.

Вторая часть лекции посвящена изучению видов фундаментов, типов унифицированных секций и методов расчета высоты проема цеха.

После изучения темы студентам нужно осознать, что большое значение имеет выбор типа производственного здания, его компоновки, размеров в плане.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие факторы влияют на выбор варианта взаимного размещения цехов завода?
2. Какие параметры передаются технологами строителям для разработки строительной составляющей проекта?
3. Как производится выбор типа фундамента под оборудование?
4. Что указывается в задании на проектирование санитарно-технической части?
5. Что входит в состав задания на проектирование теплоэнергетической части?
6. Где размещают административные и бытовые помещения цеха при разработке компоновочного плана?

## **Тема 26. Экологические аспекты машиностроительных производств (2 ч)**

*Ключевые вопросы темы*

Влияние машиностроительных производств на окружающую среду. Экологические стандарты и сертификация.

2. Рациональное использование ресурсов и энергосбережение. Современные технологии переработки отходов и вторичного использования материалов.

*Ключевые понятия:* природные ресурсы, реновация, утилизация, жизненный цикл машиностроительного изделия, рециклинг, экологические стандарты, экологическая сертификация

*Литература:* [9, с. 25–69].

*Методические рекомендации*

На следующей лекции студенты должны изучить влияние машиностроительных производств на окружающую среду, включая анализ выбросов вредных веществ, потребление природных ресурсов, образования отходов, необходимо рассмотреть современные методы снижения экологической нагрузки: внедрение «зеленых» технологий, энергоэффективные процессы, рециклинг материалов. Особое внимание будет уделено законодательным нормам, международным стандартам (например, ISO 14000) и примеры предприятий, успешно минимизирующих экологический ущерб через инновационные решения.

Во второй части лекции рассматриваются современные методы утилизации и рециклинга сырья.

После изучения темы студентам нужно знать принципы рационального использования природных ресурсов в производственном цикле, а также технологии переработки отходов, методы рециклинга и их роль в снижении экологического следа.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие виды загрязнений окружающей среды характерны для машиностроительных предприятий (воздух, вода, почва)?
2. Что включает в себя международный стандарт ISO14001 и как он регулирует деятельность предприятия?
3. Какие природные ресурсы наиболее интенсивно потребляются в машиностроении, и почему их рациональное использование важно?
4. Как рециклинг материалов может снизить объемы отходов на производстве?
5. Какие меры могут помочь минимизировать выбросов  $\text{CO}_2$  на этапе проектирования и эксплуатации оборудования?
6. Как бы Вы оценили экологическую эффективность предприятия, используя критерии международного стандарта?
7. Возможно ли достичь нулевого уровня отходов в машиностроении?

### **Тема 27. Экономика машиностроительного производства. Расчет технико-экономических показателей проекта (2 ч)**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Расчет технико-экономических показателей проекта, их анализ и выбор оптимального проектного решения.
2. Пояснительная записка к проекту и оформление технико-экономической документации.

*Ключевые понятия:* капитальные вложения, коэффициент эффективности капитальных вложений, себестоимость изготовления продукции, приведенные затраты, срок окупаемости, коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

*Литература:* [2, с. 345–355]; [3, с. 337–341]; [5 с. 83–87].

*Методические рекомендации*

Заключительная тема дисциплины «Проектирования машиностроительных производств» позволит обучающимся получить представления о том, что экономическая эффективность нового машиностроительного предприятия устанавливается при сопоставлении приведенных затрат по двум вариантам: предлагаемого проекту и базовому, уже работающему.

Вторая часть лекции посвящена расчётом основных технико-экономических показателей и оформлению технико-экономической документации.

После изучения темы студентам нужно усвоить, что первоначальная оценка эффективности вариантов, появляющихся при проектировании, должна производиться на основе соответствующих технологических и планово-организационных показателей, а также качественного экономического анализа.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. По каким показателям определяется эффективность проекта?
2. Из каких составляющих складываются приведенные затраты?
3. Чему равна себестоимость проекта механосборочного цеха?
4. Как рассчитывается заработная плата производственных рабочих?
5. Из чего складываются расходы на эксплуатацию основного оборудования?
6. Как определяются расходы по эксплуатации режущего инструмента?
7. Что прилагается к пояснительной записке механосборочного проекта?

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Согласно учебному плану дисциплины «Проектирование машиностроительного производства» направления подготовки 15.03.01 Машиностроение студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал, выполняя контрольную работу.

Контрольная работа по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства» выполняется на промежуточном этапе изучения курса по заданию преподавателя и представляет собой работу студента, целью которой является расширение, углубление и обобщение знаний, полученных при освоении дисциплины, формирование умений и навыков самостоятельного их применения.

В учебном пособии по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства» для студентов направления подготовки 15.03.01 Машиностроение предложены задания, выполнение которых позволит сформировать у студентов навыки разработки и обслуживания таких стадий жизненного цикла изделий машиностроения как проектирование основной

системы производства продукции, расчёт количества оборудования и площадей, необходимых для его размещения, примеры выполнения заданий.

Пособие способствует формированию у студентов культуры выпускника системы профессиональной подготовки в техническом вузе, его сознательного и ответственного отношения к проблемам создания и управления предприятием обслуживания жизненного цикла объекта, способствовать поддержанию экологического менталитета производства. Даёт возможность приобрести знания и умения принимать правильные решения при реализации технических решений. Учебное пособие способствует развитию профессионального, мотивационного, когнитивного и эмоционально-волевого компонентов готовности выпускников к проектной деятельности, способствует овладению ими современной методологией, организационными формами и средствами организации предприятий и повышает конкурентоспособность выпускника на рынке труда.

Цель учебного пособия заключается в подтверждении важности и необходимости проектирования машиностроительных предприятий, закреплении теоретических знаний приобретении практических навыков в области машиностроительных производств, развитии навыков анализа производственных процессов, выбора оборудования и разработки технологических решений.

Для достижения поставленной цели предстоит решить ряд задач:

- изучить технологические процессы изготовления и восстановления деталей, а также необходимое для этого оборудование и материалы;
- рассчитать трудоёмкость выполнения механических, сварочных, термических и гальванических работ;
- определить количество основного оборудования и площадей, необходимых для его размещения с учётом требований безопасной работы и нормативов;
- расставить оборудование.

В учебном пособии приводятся общие требования к машиностроительным и реновационным предприятиям и оборудованию, необходимому для реализации технологии.

В состав заданий, предлагаемых учебным пособием для выполнения контрольной работы, входят:

- определение количества основного станочного оборудования для механической обработки;
- расчет площадей, занимаемых сварочным оборудованием;
- планировочное и конструктивное решения механического участка;
- планировочное и конструктивное решения термического участка;
- планировочное и конструктивное решения гальванического участка;
- определение такта работы оборудования, его производительность и коэффициент наплавки;
- основные принципы выбора структуры цеха и участка.

При выполнении заданий контрольной работы студент должен изучить учебные пособия, справочники, Интернет-ресурсы, ГОСТы и другие нормативные документы, использовать статьи, публикуемые в различных информационных источниках, другие материалы, относящиеся к выбранной теме. Тестовая часть работы может быть иллюстрирована рисунками, схемами, графиками, таблицами. Для повышения производительности расчетных работ и культуры инженерного труда расчеты предлагается выполнять с использованием программного обеспечения MatCad, а чертежи и схемы в графическом редакторе AutoCad.

В заключительной части контрольной работы приводится список используемых источников (не менее 5 наименований).

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части 12 (для заголовков 14), вид шрифта – TimesNewRoman, интервал 1,5. Поля страницы: левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Нумерация страниц внизу справа.

*Структура контрольной работы:*

- титульный лист (приложение Б);
- содержание;
- текстовая часть (каждый ответ на вопрос начинать с нового листа);
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.001-2003, ГОСТ 7.82-2001.

В текстовой части не допускается сокращение слов. Объем выполненной работы не должен превышать 10 листов А4.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;
- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;
- список использованных источников оформляются по соответствующим требованиям.

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы.

Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию,

лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу).

Студент, получивший контрольную работу с оценкой «зачтено», знакомится с рецензией и с учётом замечаний преподавателя дорабатывает отдельные вопросы с целью углубления своих знаний.

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтённой работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачёта.

## ЗАДАНИЕ № 1

### Определение количества основного станочного оборудования для механической обработки

**Цель выполнения задания:** формирование знаний особенностей выбора металорежущего оборудования; формирование умений использовать технологический процесс для проектирования механического участка; формирование навыков расчета количества основного металорежущего оборудования.

#### *Задание:*

- освоить методику определения станочного оборудования для заданной детали и:
- разработать маршрутно-операционный процесс изготовления детали по чертежу, выданному преподавателем;
- рассчитать штучно-калькуляционное время изготовления заданной детали;
- рассчитать количество станков каждого типоразмера;
- рассчитать коэффициент загрузки металорежущих станков.

#### *Справочный материал и методические указания по выполнению задания*

Различные этапы производственного процесса на машиностроительном предприятии могут выполняться в отдельных цехах или в одном цехе, участке.

Для выполнения производственного процесса должны быть соответствующим образом оборудованы рабочие позиции (места). В зависимости от содержания операции и организации ее проведения на рабочей позиции (месте) могут быть расположены технологическое оборудование, накопители с полуфабрикатами, один или группа рабочих, средства автоматической загрузки и разгрузки оборудования (роботы, манипуляторы, автоматические агрегаты загрузки), режущий и контрольно-измерительный инструмент, оснастка, средства технического обслуживания и охраны труда, элементы системы управления.

Исходя из организационных соображений, несколько рабочих позиций (мест) объединяют, образуя производственный участок, выполняющий свое целевое назначение. Производственным участком называют часть объема цеха, в котором расположены рабочие позиции (места), объединенные транспортно-накопительными устройствами, средствами технического инструментального и метрологического обслуживания, средствами управления участком и охраны труда, на котором осуществляются технологические процессы изготовления изделий определенного назначения.

Состав производственных участков и вспомогательных подразделений определяется конструкцией изготавляемых изделий, технологическим процессом, программой выпуска и организацией производства.

По характеру выполняемой работы производственное оборудование делят на основное (технологическое) и вспомогательное. К основному относят производственное оборудование, непосредственно выполняющее операции технологического процесса.

Характер и состав технологического оборудования (станков) во многом определяется типом производства. Тип производства является классификационной категорией в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

Расчет числа станков, необходимых для каждой операции, выполняют на основании штучно-калькуляционного времени и объема выпуска каждого наименования изделия, проходящего эту операцию по формуле:

$$S_{расч} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} t_{шкi} N_i}{60 \Phi_{\mathcal{E}}}, \quad (1.1)$$

где  $n$  – число наименований изделий, проходящих данную операцию;  $t_{шкi}$  – штучно-калькуляционное время (мин) изготовления  $i$ -го наименования изделия на данной операции;  $N_i$  – годовой объем выпуска изделия, шт;  $\Phi_{\mathcal{E}}$  – эффективный годовой фонд времени работы основного оборудования (таблица 1.1), ч.

Для упрощенного расчёта штучно-калькуляционного времени для расчёта количества оборудования можно пользоваться формулой:

$$t_{шк} = t_{оп} \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right), \quad (1.2)$$

где  $\alpha$  – процент потерь времени (внецикловых) от операционного времени и составляет от 6 до 18 % в зависимости от сложности наладки (для автоматических линий он равен 18 %).

Оперативное время состоит из основного времени и вспомогательного и рассчитывается для каждого перехода: Оперативное время состоит из основного времени и вспомогательного и рассчитывается для каждого перехода:

$$t_{оп} = t_0 + t_B. \quad (1.3)$$

Основное время рассчитывается:

$$t_0 = \frac{L_i}{nS} (1.4)$$

где  $L$  – длина резания за один проход, мм;  $i$  – количество проходов;  $n$  – число оборотов шпинделя станка, об/мин;  $S$  – подача, мм/об.

Для упрощённых расчётов количества металлорежущего оборудования  $t_B$  принимают равным 0,1 от  $t_0$ .

Таблица 1.1 – Эффективный (расчетный) годовой фонд времени (ч) работы оборудования

Наименование оборудования	Работа		
	односменная	двухсменная	трехсменная
Металлорежущие станки, металлорежущие станки с ЧПУ и многоцелевые станки массой, т до 10 10–100	- -	3890 3810	5775 5650
Оборудование сборочных цехов и участков: рабочие места с механизируемыми приспособлениями	2050	4080	6085

Для ориентировочного расчета вспомогательное время можно принять равным 10 % от основного времени. Действительное принятое количество станков  $S_{\text{пр}}$ , требуемое для данной операции, округляется до ближайшего большего целого значения.

Коэффициент загрузки рассчитывается:

$$K_3 = \frac{S_{\text{расч}}}{S_{\text{пр}}} \quad (1.5)$$

Значение коэффициента зависит от серийности производства и всегда меньше единицы. Для универсальных станков обычно принимается  $K_3 = 0,95–0,99$ ; для единичного производства – 0,8–0,9; для серийного производства – 0,75–0,85; для массового производства – 0,65–0,75.

**Пример.** Для изготовления годового объема выпуска втулки (рисунок 1.1) 100000 шт., установить наименования и структуры операции и запись её содержание в технологической документации. Требуется: подобрать металлорежущий станок; установить наименование операции; записать содержание операции; сформулировать запись содержания операции по технологическим переходам. Рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

**Решение.** 1) Анализируя исходные данные, устанавливаем, что в рассматриваемой операции, состоящей из двух установок, выполняется

обработка девяти поверхностей заготовки, для чего потребуется выполнить последовательно девять технологических переходов.

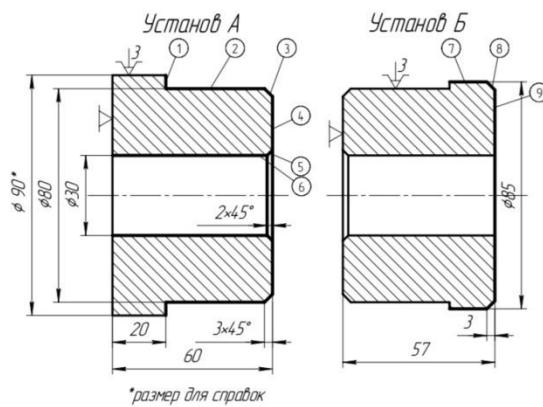


Рисунок 1.1 – Втулка

2) Для выполнения операции будет использован токарно-винторезный станок, и наименование операции будет «Токарная» (ГОСТ 3.0217-79). По такому же ГОСТу определяем номер группы операции (14) и номер операции (63).

Для записи содержания переходов операции при наличии операционных эскизов может быть применена сокращенная форма записи: «Подрезать три торца», «Сверлить и расточить отверстие», «Расточить одну и точить две фаски».

3) Устанавливаем рациональную последовательность выполнения технологических переходов по установкам, руководствуясь операционными эскизами. На первой установке необходимо подрезать торец 4, точить поверхность 2 с образованием торца 1, точить фаску 3, сверлить отверстие 6 и расточить фаску 5. Во втором установке нужно подрезать торец 9, точить поверхность 7 и фаску 8.

4) Содержание операции в технологической документации записывается по переходам: технологическим (ПТ) и вспомогательным (ПВ). При формулировании содержания переходов используется сокращенная запись по ГОСТ 3.1702-79. В таблице 1.2 приведены записи рассматриваемого примера.

Таблица 1.2 – Переходы токарной операции

№ перехода	Вид перехода	Содержание перехода	Основное время Тосн.	Вспомогательное время Твсп.
1	ПВ	Установить и закрепить заготовку	-	-
2	ПТ	Подрезать торец 4	1,44	0,14
3	ПТ	Точить поверхность 2 с образованием торца 1 (при	0,70	0,07

№ перехода	Вид перехода	Содержание перехода	Основное время Тосн.	Вспомогательное время Твсп.
		точении поверхности 2 производится 2 рабочих хода)		
4	ПТ	Точить фаску 3	0,30	0,03
5	ПТ	Сверлить отверстие 6	2,73	0,27
6	ПТ	Расточить фаску 5	0,20	0,02
7	ПВ	Переустановить заготовку	-	-
8	ПТ	Подрезать торец 9	1,30	0,13
9	ПТ	Точить поверхность 7	0,40	0,04
10	ПТ	Точить фаску 8	0,23	0,02
11	ПВ	Контроль размеров деталей	-	-
12	ПВ	Снять деталь и уложить в тару	-	-
Итого			7,3	0,73

5) Основное и вспомогательное время рассчитывается по формулам (1.3) и (1.4). Так, например, В качестве заготовки принимаем круглый прокат Ø 90 мм. Результаты расчетов основного и вспомогательного времени записываем в таблицу 1.2. Операционное время по формуле (1.3) равно 8,33 мин.

6) Для расчёта штучно-калькуляционного времени используется формула (1.2)

$$t_{шк} = t_{оп} \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) = 8,33 \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 9,163 \text{ мин}$$

где  $\alpha$  – процент потерь времени (внецикловых) от операционного времени и составляет от 6 до 18 % в зависимости от сложности наладки (для автоматических линий он равен 18 %).

7) Расчетное количество оборудования весом до 10 тонн для двухсменного режима работы определяется по формуле (1.1)  $S_{расч.} = 3,93$  станка. Округляется до ближайшего большего значения и принимается  $S_{прин} = 4$  станка.

По формуле (1.5) коэффициент загрузки равен  $K_3 = 0,98$ .

## ЗАДАНИЕ № 2

### Расчет площадей, занимаемых сварочным оборудованием

**Цель выполнения задания:** формирование у студентов знаний об оборудовании сварочных производств и навыков расчета площадей для его размещения.

#### **Задание:**

- освоить методику определения площади сварочных участков и;
- ознакомиться с чертежом сборочного узла, где неразъемное соединение осуществляется с помощью сварки;
- выбрать способ сварки, оборудование и материалы;
- подобрать режимы процесса;
- рассчитать время сварки;
- рассчитать площадь сварочного участка.

#### ***Справочный материал и методические указания по выполнению задания***

Сварку и наплавку широко используют при изготовлении конструкций машиностроительного производства. Для выполнения всех сварочных и наплавочных работ по технологическому процессу производства, для размещения всего потребного оборудования, материалов и персонала необходимо определенное пространство, т. е. помещение. Последнее должно включать площади – производственные (для размещения рабочих, оборудования и рабочих мест) и вспомогательные (для размещения проходов и проездов между рабочими местами, цеховых складов и кладовых административно-конторских и бытовых служб), а также иметь требуемую высоту, т. е. соответствующий объем, или кубатуру. Основными этапами проектирования сварочных производств является следующее [12]:

- разработка технологического процесса производства, включающая выбор рациональных в технико-экономическом отношении способов изготовления, технического контроля и внутри цеховой транспортировки деталей, узлов и готовых конструкций заданной сварочной продукции;
- определение потребного качественного и количественного состава всех необходимых элементов производства для обеспечения заданной продукции;
- разработка плана размещения в проектируемом цехе всего количественного состава элементов производства и составление разрезов здания цеха с указанием необходимой высоты всех его помещений;
- определение необходимых капитальных затрат для осуществления проектируемого сварочного производства и себестоимости заданной для него продукции.

Объем сварочных и наплавочных работ, выполняемых в изделиях различного типа, число работающих, а также производственная площадь определяют организационный признак подразделений сварочного

производства: сборочно-сварочный цех; сборочно-сварочное отделение; сборочно-сварочный участок.

По технологическому назначению сварочное оборудование классифицируется на: сборочное; для дуговой сварки (наплавка, металлизация); для газовой сварки и резки; для пайки и склейки; для новых и специальных видов сварки (лазером, электронным лучом и др.); механическое сварочное (для поворота сварных узлов); контрольное; не сварочное оборудование для комплексного процесса производства. По участию в процессе производства сварочное оборудование делится на производственное и вспомогательное. По участию в производственном потоке разделяется на: отдельно стоящее; встраиваемое в автоматическую линию. По степени распространенности: серийное (универсальное, стандартное); специализированное (не стандартизированное); уникальное.

Количественный состав окончательно выбранных для проектируемого машиностроительного производства различных типов сборочных стендов (рабочих мест), сварочных и наплавочных установок и прочего оборудования (оснастки) устанавливают путем расчета [19]:

$$C = \frac{T_{шк}}{\Phi_d}, \quad (2.1)$$

где  $T_{шк}$  – суммарное штучно-калькуляционное время обработки всех деталей на оборудовании данного типоразмера;  $\Phi_d$  – действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования при принятой сменности.

Значение штучно-калькуляционного времени сварочных работ зависит от скорости обработки детали, расчет которой зависит от способа сварки или наплавки.

Широкое применение в машиностроительном производстве получила **ручная дуговая сварка и наплавка** покрытыми электродами. Режим ручной дуговой сварки и наплавки определяется родом и полярностью тока, силой тока  $I_{СВ}$ , напряжением  $U_d$ ,  $V_{СВ}$ , маркой и диаметром электрода  $d_{ЭЛ}$ .

Скорость ручной дуговой сварки и наплавки определяется по формуле [5]:

$$V_{СВ} = \frac{\alpha_n I_{СВ}}{\gamma F_{н100}}, \quad (2.2)$$

где  $V_{СВ}$  – скорость наплавки, м/час;  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, Гр/Ач;  $I_{СВ}$  – сила сварочного тока, А;  $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;  $F_{н100}$  – площадь сечения шва, см. Площадь сечения шва, наплавляемого за один проход определяется по формуле:

$$F_n = (8 \div 12)d_{ЭЛ}.$$

**Сварка и наплавка в среде углекислого газа** в значительной степени отличается от других способов соединения деталей. Автоматическая сварка и наплавка в среде углекислого газа имеет преимущества: отсутствуют вредные выделения и шлаковые корки; открытая дуга дает возможность наблюдать и корректировать процесс, проводить наплавку при любом пространственном

положении наплавляемой плоскости, возможность механизировать процесс. Для сварки и наплавки применяют оборудование: наплавочные головки АБС, А-384, А-409, А-580, ОКС-1252М; источники питания ВС-200, ВСУ-300, ВС-400, ПСГ-350, АЗД-7,5/30; подогреватели газа; осушитель, заполненный силикагелем КСМ крупностью 2,8–7 мм; редукторы-расходомеры ДРЗ-1-5-7, или ротаметры РС-3, РС-3А, РКС-65 или кислородный редуктор РК-53Б [5].

Сварка в среде углекислого газа производится на поверхности постоянном токе при обратной полярности или на переменном токе.

Выбор диаметра электродной проволоки зависит от толщины свариваемого изделия и пространственного положения сварного шва. Хорошее качество сварного соединения получается при сварке в  $\text{CO}_2$  порошковой проволокой.

Сила тока устанавливается в зависимости от скорости подачи и диаметра электродной проволоки. Для сварки проволокой диаметром 1,6÷2 мм стыковых швов оптимальный режим приводится в таблице 2.1 [1, с. 74].

Таблица 2.1 – Ориентировочный технологический режим сварки в среде  $\text{CO}_2$  для стыковых швов

Толщина свариваемой стали, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Расход газа, $\text{дм}^3/\text{мин}$
3÷5	1,6	160÷200	27÷30	14÷16
6÷8	2	280÷300	28÷30	16÷18
8÷12	2	380÷400	30÷32	18÷20

Для получения устойчивого процесса сварки и нормального формирования шва наклон электрода от вертикальной оси должны превышать 15÷20°. Вылет электрода (расстояние между свариваемым металлом и торцовой поверхностью наконечника мундштука) должен быть постоянным и не превышать 15÷25 мм.

При сварке угловых швов с катетом равным 5÷6 мм, рекомендованные значения технологического режима сварки приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Ориентировочный технологический режим сварки в среде  $\text{CO}_2$  для угловых швов

Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Расход газа, $\text{дм}^3/\text{мин}$	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
1,6	240÷300	26÷30	15÷16	283	25
2,0	280÷300	27÷30	18÷20	215	25

Скорость сварки  $V_{\text{СВ}}$  (м/ч) при расчете технологического режима сварки стыковых швов можно определить по формуле:

$$V_{\text{СВ}} = \frac{\alpha_H I_{\text{СВ}}}{100 F_H \gamma}, \quad (2.3)$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, г/Ач;  $I_{\text{СВ}}$  – сварочный ток, А;  $F_H$  – площадь поперечного сечения металла шва,  $\text{см}^2$ ;  $\gamma$  – плотность металла шва, г/см $^2$ .

Для сварки в среде  $\text{CO}_2 \alpha_H = 14 \div 17 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ .

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{ЭЛ}}$  (м/ч) для сварки стыковых швов определяется по формуле:

$$V_{\text{ЭЛ}} = \frac{V_{\text{СВ}} \cdot F_H}{F_{\text{ЭЛ}}}, \quad (2.4)$$

где  $V_{\text{СВ}}$  – скорость сварки, м/ч;  $F_H$  - площадь сечения шва,  $\text{мм}^2$ ;  $F_{\text{ЭЛ}}$  – площадь сечения электродной проволоки,  $\text{мм}^2$ ;  $F_{\text{ЭЛ}} = \frac{\pi d_{\text{ЭЛ}}^2}{4}$ , где  $d_{\text{ЭЛ}}$  – диаметр электродной проволоки, мм.

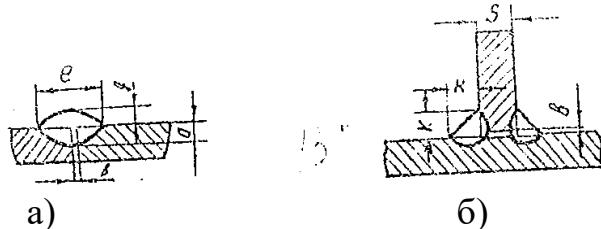


Рисунок 2.1 – Размер швов:  
а – стыковой или валиковый; б – угловой

Расчет площади сечения шва  $F_H$  проводится по формулам:

а) для стыковых швов без разделки кромок:

$$F_H = 0,75eg + bS; \quad (2.5)$$

б) для стыковых швов с разделкой кромок:

$$F_H = 0,75eg + 2h \cdot b \cdot S \cdot \operatorname{tg}(d/2) + bS; \quad (2.6)$$

в) для угловых швов:

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05 K \cdot g \quad (2.7)$$

г) для наплавки круговой шейки вала

$$F_H = \pi D h \quad (2.8)$$

где  $K$  – катет шва, мм;  $e$  – ширина шва, мм;  $g$  – выпуклость шва, мм;  $b$  – величина зазора, мм;  $h$  – высота разделки кромок, мм;  $S$  – толщина свариваемого металла, мм;  $\alpha$ -угол разделки кромок, град;  $D$  – диаметр вала, мм;  $h$  – толщина слоя, мм.

Скорость наплавки устанавливают в зависимости от толщины наплавляемого металла и качества формирования наплавленного слоя. Наплавку валиков осуществляют с шагом 2,5–3,5 мм. Каждый последующий

валик должен перекрывать предыдущий не менее чем на  $1/3$  его ширины. Скорость наплавки в среде углекислого газа определяется по формуле [5]:

$$V_H = \frac{\alpha_H I_{cv}}{\gamma F_{H100}}, \quad (2.9)$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, г/А ч (14 г/А ч);  $I_{cv}$  – сила сварочного тока, А;  $F_H$  – площадь сечения шва,  $\text{см}^2$ ;  $\gamma$  – плотность стали 7,8 г/см $^3$ .

**Автоматическая сварка и наплавка под слоем флюса** нашла применение для изготовления и восстановления изношенных деталей с большим объемом наплавляемого металла.

Шаг наплавки должен обеспечить хорошее формирование наплавленного слоя и оптимальное проплавление основного металла. Обычно его выбирают таким, чтобы каждый последующий валик перекрывал предыдущий от  $1/3$  до  $1/2$  ширины.

Сила сварочного тока автоматической сварки под слоем флюса определяется по

формуле:  $I_{cv} = a/k$ , где  $I_{cv}$  – сварочный ток, А;  $a$  – глубина проплавления, мм;  $k$  – коэффициент, равный 1,1 мм/100А.

Напряжение на дуге изменяется в зависимости от силы тока (таблица 2.3). По этой таблице выбирается и диаметр сварочной проволоки.

Таблица 2.3 – Ориентировочные режимы автоматической сварки и наплавки под слоем флюса [13]

Диаметр сварочной проволоки, мм	Режимы наплавки		
	сила тока, А	напряжение на дуге, В	скорость наплавки, м/ч
2	200-400	28-34	
3	300-600	30-36	15-60

Площадь валика определяется по формуле:  $F_H = 0,75 e g$ , где  $F_H$  – площадь валика,  $\text{мм}^2$ ;  $e$  – ширина шва, мм;  $g$  – усиление шва, мм.

Коэффициент сварки составляет под слоем флюса:  $\alpha_H = 11,6 + 0,4 \text{гр/Ач}$ , где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, гр/А ч.

Скорость автоматической сварки под слоем флюса определяется по формуле [5]:

$$V_H = \frac{\alpha_H I_{cv}}{\gamma F_{H100}}, \quad (2.10)$$

где  $V_H$  – скорость наплавки, м/час;  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, гр/А·ч;  $I_{cv}$  – сила тока, А;  $F_H$  – площадь валика,  $\text{см}^2$ ;  $\gamma$  – плотность металла шва, гр/см $^3$ .

При сварке и наплавке деталей из низкоуглеродистых и низколегированных сталей применяется сварочная проволока Св-08А и Св-10ГН. Марка флюса зависит от требований к наплавленному металлу. При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей проволокой менее 3 мм применяются плавленые флюсы АН-348АМ и ОСЦ-45М и для проволоки более

3 мм флюсы АН-348А и ОСЦ-45, для износостойкой наплавки применяется керамический флюс АНК-18 [5].

**Методом плазменного восстановления изношенных деталей** можно наносить покрытия из порошков или проволоки практически любых металлов и сплавов, из порошков оксидов, нитридов, оксикарбидов, карбонитридов и других соединений.

При использовании плазменной дуги с увеличением силы сварочного тока возрастает объем жидкой ванны, глубина проплавления и перемешивание основного и наплавленного металла. Заметно изменяются размеры валика, возрастает глубина проплавления, толщина наплавленного слоя и несколько – ширина шва. Ширина шва и глубина проплавления при увеличении скорости наплавки уменьшаются. Надежная защита жидкого металла от контакта с воздухом будет только при ламинарном потоке газа, однако при малой скорости истечения газ сильно нагревается от дуги, нарушается устойчивость потока и воздух проникает к жидкому металлу. Расстояние от торца горелки до изделия влияет на защиту расплавленного металла. Увеличение расстояния приводит к подсосу воздуха и дефектам в металле наплавки [5].

Оптимальный диаметр вольфрамового электрода зависит от типа плазмотрона и обычно составляет 4 ÷ 5 мм. Параметры режима плазменной наплавки выбираются в зависимости от толщины слоя наплавки и марки наплавленного металла. В таблице 2.4 приведены режимы плазменной наплавки нержавеющей стали на низкоуглеродистую сталь в зависимости от толщины наплавляемого слоя.

Таблица 2.4 – Режим наплавки нержавеющей стали на низкоуглеродистую сталь

Тол- щина наплав- ляемого слоя, мм	Диаметр вольф- рамо- вого электро- да, мм	Диаметр приса- дочной проводо- ки, мм	Сила тока, А	Напря- жение, В	Расстоя- ние от торца металла, мм	Ско- рость наплав- ки, см/с	Расход защитного газа, л/мин	
							плазмо- образу- ющий	защит- ный
1	3	1,6	90-100	20-22	16	0,6	2,5	2,0
3	4	2	100-110	22-23	15	0,46	2,5	2,0
5	4	2	140-150	23-24	15	0,238	2,5	20
8	5	2	160-170	25	15	0,19	2,5	20
10	5	2	160-170	26	15	0,14	2,5	20

Для детального проектирования число сборочно-сварочных мест равно в поточном производстве [12]:

$$C_p = \frac{T_{шт}}{\tau}, \quad (2.11)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время данной операции, мин;  $\tau$  – тakt выпуска, мин.

Такт выпуска – это отрезок времен, отделяющий выпуск следующих в потоке друг за другом изделий, и определяется по формуле:

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{об}}}{D_{\text{св}}}, \quad (2.12)$$

где  $\Phi_{\text{об}}$  – действительный годовой фонд времени оборудования, ч (таблица 2.5);  $D_{\text{св}}$  – годовая программа выпуска, шт.

В мелкосерийном и ремонтном **непоточных** производствах для определения затрат на обработку деталей и определения количества необходимого оборудования пользуются  $T_{\text{штк}}$ .

$$T_{\text{штк}} = \frac{T_{\text{пз}}}{N} + (T_{\text{o}} + T_{\text{в}}) \left(1 + \frac{T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}}}{100}\right), \quad (2.13)$$

где  $T_{\text{o}}$  – основное время сварки;  $T_{\text{в}}$  – вспомогательное время сварки;  $T_{\text{обс}}$  – время обслуживания рабочего места (% от оперативного времени);  $T_{\text{отд}}$  – время на отдых и личные надобности (в %);  $T_{\text{пз}}$  – подготовительно-заключительной времени;  $N$  – число заготовок в партии.

$$T_{\text{o}} = L \cdot n / V, \quad (2.14)$$

где  $L$  – расстояние, пройденное электродом над наплавленной поверхностью;  $n$  – количество проходов;  $V$  – скорость сварки или наплавки.

Вспомогательное время, включающее в себя установку деталей, смену электродов или катушки электродной проволоки, зависит от сложности и составляет 2–5 мин.

Время обслуживания обычно составляет 5–10 % от оперативного времени;

Время на отдых составляет 3–5 % от оперативного времени. В подготовительно-заключительное время входит настройка оборудования, получение задания и распределяется на всю партию.

Для точного расчёта используются нормативные справочники или отраслевые, стандарты, или хронометраж.

Для детального проектирования число сборочно-сварочных мест в единичном производстве для каждой операции равно [12]:

$$C_p = \frac{T_{\text{штк}} D_{\text{св}}}{\Phi_{\text{д}} 60}, \quad (2.15)$$

где  $T_{\text{шт.к}}$  – штучное время обработки на данной операции, мин;  $D_{\text{св}}$  – количество деталей одного наименования, выпускаемой цехом в год, шт.;  $\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования при принятой сменности, ч. (таблица 2.5)

Таблица 2.5 – Действительный годовой фонд времени(ч) работы оборудования

Вид оборудования	Действительный годовой фонд времени, ч
Простое стандартное сварочное оборудование (дуговые сварочные аппараты, контактные машины и т. п.)	3935

Вид оборудования	Действительный годовой фонд времени, ч
Рабочие места без оборудования	4140
Многоэлектродные сварочные машины и автоматические линии	3725

Сварочные и наплавочные работы могут выполняться в **лабораториях новых специальных способов сварки**, таких как: электроннолучевой; диффузионной; сварки разнородных материалов; лазерной микросварки.

Производственная площадь лаборатории сварки может быть укрупнено принята из расчета  $12 \div 16 \text{ м}^2$  на единицу оборудования или одного работающего  $16 \div 19 \text{ м}^2$ , на одного ИТР –  $5,5 \text{ м}^2$ .

Отношение числа работников к числу единиц оборудования должно быть равно примерно 0,5, а к числу ИТР –  $0,9 \div 1,05$ .

**Пример.** Для восстановления шеек под подшипники 1000 валов из стали 45 диаметром 45 мм, длиной шеек 20 мм и высотой валика 2 мм необходимо выбрать вид наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость сварки, необходимое для сварки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь им занимаемое.

**Решение.** 1) Рекомендуется полуавтоматическая наплавка в среде защитных газов как оптимальный метод восстановления изношенных поверхностей благодаря высокой скорости, хорошего качества покрытия и удобства работы персонала.

2) Для наплавки шеек валов подойдет сварочный полуавтомат, например, LincolnElectricPowertec 450, мощностью: 300–500 А, напряжением: 24–32 В, диаметром проволоки: 1,2–1,6 мм её подачи 6–10 м/мин.

Равномерное вращение вала в процессе наплавки обеспечивается токарным станком как позиционером вращения. Источником защитного газа является баллон с  $\text{CO}_2$  или смесью  $\text{Ar} + 20\% \text{CO}_2$ . Используется сварочная горелка с механизированной подачей проволоки.

3) Скорость сварки определяется по формуле (2.3):

Для сварочного оборудования и диаметра проволоки 1,2 мм выбираются по таблице 2  $I = 450 \text{ Аи}$   $U = 22\text{--}24 \text{ В}$ . Для проволоки Св-08Г2С. коэффициент наплавки  $\alpha_0$  = равен  $8 \text{ -- } 14 \text{ г/А ч}$ .

$$V_H = \frac{\alpha_0 I_{\text{СВ}}}{\gamma F_{\text{н60}}} = \frac{10 \frac{\text{г}}{\text{Ач}} \cdot 450 \text{ А}}{7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 2,83 \text{ см}^2} \sim 204 \frac{\text{см}}{\text{ч}} \sim 20,4 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Для круговой шейки вала

$$F_H = \pi D h = 45 \text{ мм} \cdot 3,14 \cdot 2 \text{ мм} = 282,7 \text{ мм}^2 \text{ или } 2,83 \text{ см}^2, \text{ где}$$

$D$  – диаметр вала, мм;  $h$  – толщина слоя, мм.

4) Штучно-калькуляционное время определяется по формуле (2.13)

$$\text{Основное время рассчитывается: } T_0 = \frac{L \cdot n}{V} = \frac{282,43}{340} = 0,83 \text{ мин } \sim 50 \text{ сек,}$$

Длина окружности шейки:  $L = 2 \cdot 3,14 \cdot 45 \text{ мм} = 282,4 \text{ мм}$

где  $L$  – расстояние, пройденное электродом над наплавленной поверхностью;  
 $n$  – количество проходов;  $V$  – скорость сварки или наплавки

Вспомогательное время (установка и снятие вала): составляет 2 - 5 мин.

Если  $T_B = 3 \text{ мин}$  или 180 сек.

Тогда оперативное время составляет  $T_{оп} = 50 \text{ сек} + 180 \text{ сек} = 230 \text{ сек.}$

Время обслуживания обычно составляет 5 – 10 % от оперативного времени и равно 23 сек.

Время на отдых составляет 3 - 5 % от оперативного времени – 11 сек.

В подготовительно-заключительное время входит настройка оборудования, получение задания и распределяется на всю партию. По рекомендуемым нормативам и отраслевым стандартам  $T_{пз} = 20-30 \text{ мин}$  (полная настройка под каждую деталь); для серийного производства  $T_{пз} = 10-15 \text{ мин}$  (оптимизированные процессы). Таким образом,  $T_{пз}$  на один вал 25мин/1000шт = 0,025мин.

$T_{шк} = 230 \text{ сек} + 23 \text{ сек} + 11 \text{ сек} + 0,025 \text{ сек} = 264,025 \text{ сек}$  или 4,4 мин на вал

Общее время на 1000 штук 4400 мин или 73,3 часа

5) Количество необходимого оборудования:

$$C_p = \frac{T_{шк} \cdot D_{св} \cdot 4,4 \cdot 1000}{\Phi_d \cdot 60 \cdot 3935 \cdot 60} = 0,31 \text{ или 1 сварочный пост}$$

При 8-часовой рабочей смене требуется 10 рабочих смен и 1 аппарат.

При параллельной работе, если нужно уложиться в одну смену, то нужно 10 аппаратов.

6) Площадь под оборудование:

Сварочный пост  $\sim 4 \text{ м}^2$ ;

Токарный станок/вращатель  $\sim 6 \text{ м}^2$ ;

Зона складирования  $\sim 10 \text{ м}^2$

Итого на 1 пост:  $\sim 20 \text{ м}^2$

## ЗАДАНИЕ № 3

### Планировочное и конструктивное решения механического участка

**Цель выполнения задания:** формирование у студентов знаний о правилах расстановки основного станочного и вспомогательного оборудования, навыков выполнения планировки механического участка.

#### **Задание:**

- освоить правила расстановки оборудования на механическом участке;
- ознакомиться с чертежом детали для обработки на механическом участке;
- выбрать металлорежущие станки;
- расставить оборудование на участке согласно принятым нормативам;
- выполнить планировку оборудования на механическом участке.

#### ***Справочный материал и методические указания по выполнению задания***

Разработка планировки – ответственный этап проектирования, когда одновременно решаются вопросы внедрения технологических процессов, организации производства, техники безопасности, выбора транспортных средств, механизации и автоматизации производства, вопросов охраны труда и техники безопасности.

Механический участок – часть объема цеха, в котором расположены транспортно-накопительные устройства, средства технического, инструментального и метрологического обслуживания, а также средствами управления участком, на котором осуществляется механическая обработка изделий. Под планировкой механического участка понимают взаимное расположение технологического и вспомогательного оборудования, других производственных средств и устройств на его площади.

Планирование участка является сложным процессом, при котором в начальный период из-за недостаточности информации принимают приблизительное решение, а по ходу детальной проработки окончательное. После синтеза структуры участка, т. е. после определения местоположения механического и вспомогательного оборудования, принимают оптимальный вариант о взаимном его размещении [3].

План участка разрабатывается на основе данных о количестве оборудования (рабочих мест) по видам (моделям), сведений о закреплении операций за каждым оборудованием, данных о самом оборудовании (его габаритные размеры в плане, размеры зоны обслуживания и пр.) и нормативных материалов, используемых при планировке оборудования [5].

Для выполнения плана расположения оборудования необходимо рассчитать площадь механического участка. Так как в составе участка (цеха) имеется оборудование разных габаритных размеров, для предварительной оценки требуемой площади удобнее пользоваться удельными показателями

Фуд.0. для аналогичных цехов, паспортных данных на данное оборудование, обобщенных по ряду действующих заводов или ранее выполненных проектов.

При предварительной проработке компоновочной схемы общую площадь  $F_0$  участка и цеха определяют по показателю  $F_{уд.0.}(m^2)$  общей площади, приходящейся на один станок[6]:

$$F_0 = F_{уд.0.} \cdot S_{пр} \cdot K_p, \quad (3.1)$$

где  $S_{пр}$  – принятое число станков;  $K_p$  – переходной коэффициент, учитывающий проходы и проезды около оборудования, для механического участка  $K_p=3,5$ . Последнее определяют ширину проездов между рядами станков. Количество оборудования на механическом участке определяют по каждому типоразмеру станка на основе подсчета годовой трудоемкости обработки всех деталей, закрепленных за данным типом станка, и действительного фонда времени работы оборудования при принятом числе смен его работы. Общая площадь, приходящаяся на один станок  $F_{уд.0.}$ , принимается для тяжелых станков равной  $22...24 m^2$ , для средних –  $F_{уд.0.} = 18...22 m^2$ , для мелких –  $F_{уд.0.} = 14 ... 18 m^2$ .

На основании планировочного решения размеры производственной площади уточняются с учетом габаритов станков, расстояний между оборудованием, оборудованием и частями зданий, проходов и проездов к оборудованию. Вследствие этого при размещении технологического оборудования должны соблюдаться нормы проектирования, определяющие ширину проходов и проездов между рядами станков, расстояние между станками, расстояние от станков до стен и колонн здания цеха (таблица 3.1). Схемы расположения станков показаны на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Нормы распределения станков от проезда, между станками, от станков до стен и колонн здания цеха [5, 6, 7]

Расстояние	Наибольший габаритный размер станка в плане не более, мм		
	1800	4000	8000
От проезда до: фронтальной стороны станка(а)	1600/1000		2000/1000
боковой стороны станка(б)	500		700/500
тыльной стороны станка(в)	500		500
между станками при расположении их: «в затылок» (г)	1700/1400	2600/1600	2600/1800
тыльными сторонами друг к другу (д)	700	800	1000
боковыми сторонами друг к другу (е)	900		1300/1200
фронтальными сторонами друг к другу и при обслуживании одним рабочим: одного станка (ж)	2100/1900	2500/2300	2600
двух станков (з)	1700/1400	1700/1600	-
по кольцевой схеме (и)	2500/1400	2500/1600	-

от стен, колонн до: фронтальной стороны станка(л)	1600/1300	1600/1500
боковой стороны станка (н)	1300	1300/1500
тыльной стороны станка (м)	700	800

Расстояния, приведенные в таблице 3.1, включают крайние положения открывающихся створок, движущихся частей и постоянных ограждений. В случае размещения рядом станков с разными габаритными размерами выбирают значения по большему из этих станков. Кроме того, при определении расстояний между станками и частями здания следует учитывать, что [6]:

– для тяжелых и уникальных станков (габаритом свыше 16000x6000 мм) необходимые расстояния устанавливаются применительно к каждому конкретному случаю;

– при установке станков на индивидуальные фундаменты (жесткие или вибро изолированные) расстояния станков от колонн, стен и между станками принимаются с учетом конфигурации и глубины фундаментов станков, колонн и стен;

– при использовании канала для транспортировки дроблений стружки, расстояние между тыльными сторонами двух рядов станков, установленных на общем фундаменте, между ними принимается равным (д), а для транспортировки витой стружки – равным  $d + 0,4$  м (таблица 3.1);

– при обслуживании станков мостовыми кранами, кран-балками или другими подвесными транспортными средствами расстояние от стен и колонн до станков принимают с учетом возможности обслуживания станков при крайнем положении крюка крана.

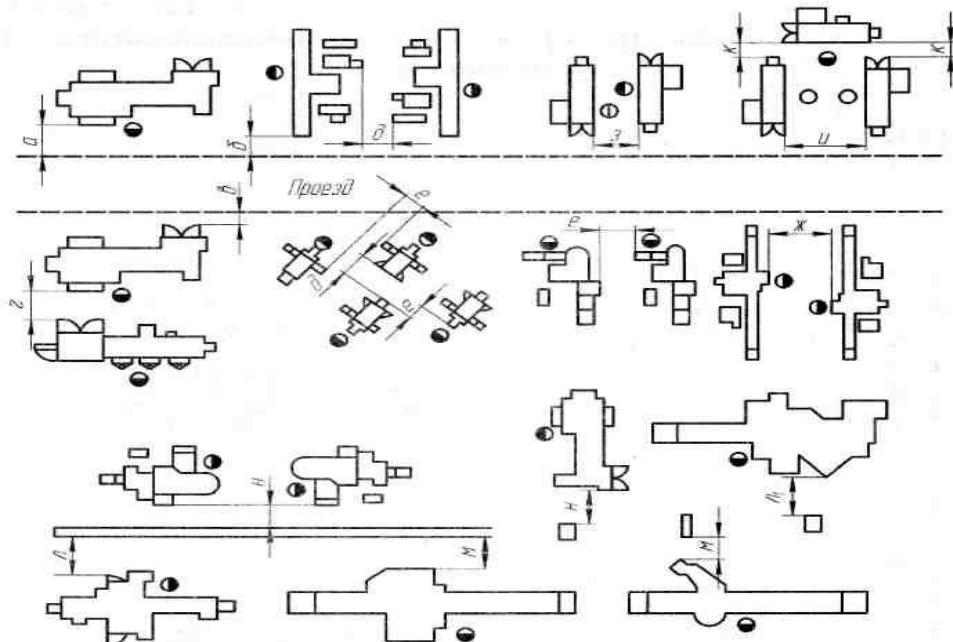


Рисунок 3.1 – Схемы размещения станков [5, 6, 7]

Детали на участок подаются партиями в соответствии с технологическим маршрутом с других производственных участков или со склада деталей. Ширина проездов зависит от вида транспортных средств и величины перемещаемых грузов. Для беспрепятственного транспортирования деталей между рядами станков учитывают, что [6] ширина проездов при транспортировке электропогрузчиками должна быть такой, чтобы можно было осуществить их разворот на  $90^\circ$ . Рекомендуют применять одностороннее движение в проездах; двухстороннее допускается только тогда, когда обоснована его необходимость.

В условиях мелкосерийного и единичного производства используют стационарную непоточную обработку, поэтому взаимное размещение оборудования определяет порядок прохождения операций по технологическому процессу изготовления деталей и применяемых видов транспорта с учетом, что количество перемещений на участке должно быть наименьшим для реализации минимизации грузопотоков.

При расстановке оборудования на планировке механического участка следует иметь в виду, что:

- оборудование должно размещаться в соответствии с принятой организационной формой технологических процессов и в порядке последовательности выполнения технологических операций обработки и контроля;
- необходимо обеспечить прямоточность производственного процесса, но свести к минимуму возвратные движения деталей;
- расположение проходов и проездов должно обеспечивать удобство и безопасность работы: возможность монтажа, демонтажа и ремонта оборудования; подачи заготовок, приспособлений и инструментов; уборки отходов;
- планировку оборудования необходимо увязывать с применяемыми подъемно-транспортными средствами. Грузопотоки должны не пересекаться между собой, а также не пересекать и не перекрывать основные проезды и проходы;
- при разработке планировки следует рационально использовать не только площадь, но и весь объем цеха и корпуса. Высоту здания необходимо использовать для размещения подвесных транспортных устройств, а также проходных складов деталей и узлов, инженерных коммуникаций и т. д.

На планировке необходимо указать следующее:

- строительные элементы – стены наружные и внутренние, колонны, перегородки, дверные и оконные проемы, ворота, подвалы, тоннели, каналы, антресоли, люки;
- технологическое станочное оборудование – расположение станков, машин и прочих видов оборудования плит, верстаков, стендов, складочных площадок материалов, заготовок, полуфабрикатов и мест для контроля деталей, магистральные, межцеховые и внутрицеховые проезды;
- подъемно-транспортные устройства: мостовые, балочные, консольные и

прочие краны (с указанием их грузоподъемности), конвейеры, рольганги, монорельсы, подъемники, рельсовые пути.

Оборудование на плане изображают условным упрощенным контуром в предельных размерах с учетом крайних положений движущихся частей станка, открывающихся дверей и кожухов. Внутри контура габарита оборудования (а для мелкого оборудования – вне контура на выносной полке) указывают номер оборудования. Оборудование нумеруют сквозной порядковой нумерацией, которую следует вести на плане по участку цеха последовательно слева направо и затем сверху вниз. Каждая единица оборудования должна иметь свой отдельный номер, даже если тип оборудования повторяется.

Возле габаритов оборудования и рабочих мест на чертеже планировки участка указывают условное обозначение места рабочего в виде кружка диаметром 4  $\div$  5 мм (при масштабе 1:100); половина кружка зачернена, светлая половина обращена к станку.

Порядок выполнения планировки механического участка [6]:

1) на экране монитора с помощью программных продуктов для проектирования («КОМПАС», «AutoCaD») вычерчивается упрощенный план участка в масштабе 1:200(1:100) с нанесением стен, колонн, ворот, магистральных проездов и вспомогательных отделений;

2) за габарит оборудования принимается его контур по краям выступающих частей, с учетом крайнего положения движущихся частей. Для станков общего назначения габариты берут из каталогов на оборудование и другой справочной литературы, для станков, специализированных и специальных – из каталогов и паспортов;

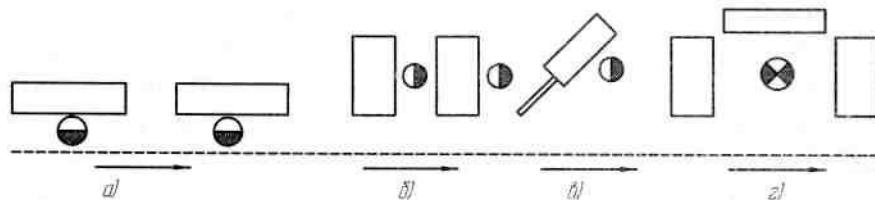


Рисунок 3.2 – Варианты размещения станков относительно транспортных средств [3, 5, 6]

3) размещая на плане или перемещая на экране монитора цеха масштабное изображение контуров оборудования в различных вариантах, находят лучший вариант, который фиксируют.

Расположение оборудования на механических участках определяется организационной формой производственного процесса, длиной участков, числом станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами. Относительно транспортного средства или проезда возможны варианты размещения станков (рисунок 3.2): продольный (а); поперечный (б); угловой (в); кольцевой (г). Продольное размещение станков обеспечивает наиболее благоприятные условия для автоматизации

межоперационного транспортирования и обслуживания рабочих мест. При поперечном расположении условия обслуживания станка ухудшаются в связи с его удалением от конвейера. При автоматической загрузке оборудования промышленными роботами обеспечивается компактность планировки. Расположение станков под углом к проезду применяют для расточных, продольно-фрезерных, револьверных и других станков, длина которых значительно превышает их ширину. Кольцевое размещение станков благоприятно для многостаночного обслуживания, но создает трудности для использования межоперационного транспорта и инженерных коммуникаций.

**Пример.** Выполнить планировку механического участка изготовления партии деталей «Вал-шестерня». В процессе проектирования технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня» необходимо выбрать металлорежущее оборудование. Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния от стен и колонн, между оборудованием, расставить станки, выбрать места для хранения заготовок и готовых деталей, контрольных пунктов. Уточнить параметры участка в зависимости от используемого на участке транспорта, средств охраны труда и техники безопасности. Проставить размеры.

**Решение.** 1) Для изготовления партии деталей «Вал-шестерня», согласно технологического маршрута, потребуется расположить на механическом участке: станок токарный патронно-центровой 16А20Ф3; шпоночно-фрезерный станок мод. 692Д; зубофрезерный станок 53А50; круглошлифовальный станок BSD 700. Технические характеристики и габаритные размеры вышеназванного оборудования представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические характеристики оборудования, используемого для механической обработки детали «Вал- шестерня»

Номер операции	Название и модели оборудования	Технические характеристики оборудования
020	Станок токарный патронно-центровой 16А20Ф3	Максимальный диаметр обрабатываемой детали, мм – над станиной 320, над суппортом –200 Частота вращения шпинделя – 20–2000 об/мин Точность позиционирования – 0,01 мм Мощность главного электродвигателя – 11 кВт Габариты станка, мм 3700-3000-2100
025	Шпоночно-фрезерный станок мод. 692Д	Наибольший диаметр устанавливаемой в тисках заготовки = 125 мм Наименьший диаметр устанавливаемой в тисках заготовки = 50 мм Ширина обрабатываемого паза, мм: наименьшая 4 наибольшая 28

Номер операции	Название и модели оборудования	Технические характеристики оборудования
		Наибольшая глубина обрабатываемого паза, мм: - при соблюдении требований ГОСТ 23360 9- полная 26 Пределы частот вращения шпинделя, мин-1 400-4000 Габариты станка, мм 1615 x 1600 x 2210
030	Зубофрезерный станок 53А50;	Наименьшее число нарезаемых зубьев 12 Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм 8 Пределы оборотов фрезы, об/мин 40...405 Электродвигатель главного привода, кВт 8, 10, 12,5 Пределы продольных (вертикальных) подач, мм/об 0,75...7,5 Пределы радиальных подач, мм/об 0,2...2,25 ..3 Габариты станка, мм 2670 – 1810 – 2250
035	Круглошлифовальный станок BSD 700	Число оборотов бабки изделия, 12,5 - 450 об/мин Общая установленная мощность, кВт 16,2 Диаметр шлифовального круга, мм 600, 750 Высота центров, мм 175 Габариты станка, мм 3524x2230

2) Расчет предварительной площади механического участка.

План участка разрабатывается на основе данных о количестве металлообрабатывающего оборудования, данных о самом оборудовании (его габаритные размеры, размеры зоны обслуживания и пр.) и нормативных материалов, используемых при планировке оборудования. Для выполнения плана расположения оборудования необходимо рассчитать предварительную площадь механического участка.

При предварительной проработке планировочной схемы общую площадь  $F_0$  участка и цеха определяют по показателю  $F_{уд.о}(м^2)$  общей площади и формуле (3.1), приходящейся на один станок:

$$F_0 = F_{уд.о} \cdot S_{пр} \cdot K_{п} = 22 \cdot 4 \cdot 3,5 = 308 \text{ м}^2$$

где  $S$  – принятное число станков;  $K_{п}$  – переходной коэффициент, учитывающий переходы проезды около оборудования, для механического участка  $K_{п} = 3,5$ .

Общая площадь, приходящаяся на один станок  $F_{уд.о}$ , принимается для тяжелых станков равной 22...24 м, для средних –  $F_{уд.о} = 18...22$  м, для мелких –  $F_{уд.о} = 14...18$  м. Все выбранные металлообрабатывающие станки не

превышают веса в 10 т., следовательно, примем для них  $F_{уд.о} = 22$  м. Так как все виды станков находятся в единичном экземпляре, то  $S_{пр} = 4$ .

При выборе квадратной формы участка размер её стороны равен 17,55 м. Если предпочтительна прямоугольная форма, то размеры стороны необходимо пересчитать.

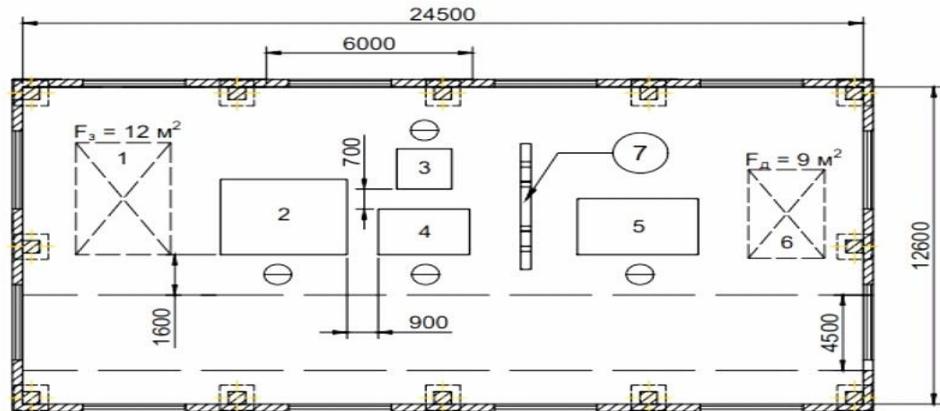
3) Станки предпочтительно расставляются по ходу технологического процесса изготовления детали, что не всегда возможно при единичном и мелкосерийном производстве. При расстановке оборудования на планировке механического участка следует учитывать факторы, перечисленные в справочном материале и методических указаниях по выполнению практического занятия.

По таблице 3.1 выбираются размеры расстояний станков от проезда, между станками, от станков до стен и колонн здания цеха, которые проставляются на рисунке 3.2.

4) Выбор вспомогательного оборудования, стеллажей, учёт используемого транспорта, требований охраны труда и техники безопасности и, как следствие, окончательное уточнение площади участка.

5) Планировочные и конструктивные решения механического участка.

Расположение оборудования на механических участках определяется организационной формой производственного процесса, длиной участков, число станков, видом межоперационного транспорта. В качестве размещения металлорежущих станков – выбран метод продольного размещения. Продольное размещение станков обеспечивает наиболее благоприятные условия для автоматизации межоперационного транспортирования и обслуживания рабочих мест. Оборудование размещено в соответствии с маршрутно-технологическим процессом и в порядке последовательности выполнения технологических операций. Расположение проездов и проходов обеспечивает удобное и безопасное маневрирование: подачи заготовок, приспособлений, монтажа, уборки стружки и т. д. Чертеж механического участка представлен на рисунке 3.2.



1. Место складирования заготовок;
2. Токарный станок 16А20Ф3;
3. Шпоночно-фрезерный станок 692Д;
4. Зубофрезерный станок 53А50;
5. Круглошлифовальный станок BSD 700;
6. Место складирования готовых деталей;
7. Барьер от вибрации и шума.

Рисунок 3.2 – Чертеж планировки механического участка

#### ЗАДАНИЕ № 4

#### Планировочное и конструктивное решения термического участка (4 ч)

**Цель выполнения задания:** формирование у студентов знаний о принципах выбора оборудования термического участка и правилах его расстановки на участке.

**Задание:** освоить принципы выбора термического оборудования и:

- ознакомиться с чертежом детали обрабатываемой на термическом участке;
- выбрать необходимое термическое оборудование;
- выбрать вспомогательное оборудование;
- рассчитать количество печей;
- выполнить планировку оборудования на термическом участке.

#### *Справочный материал и методические указания по выполнению задания*

Термический участок предназначен для выполнения различных термических операций для реализации термической и химико-термической обработке деталей машиностроения. Участок должен обеспечивать

удовлетворение потребностей основного производства. К числу операций, выполняемых на участке, относятся: закалка с нагревом в печах и токами высокой частоты, отпуск, нормализация, цементация, различные виды отжига.

Детали на участок поступают согласно технологическим маршрутам со склада деталей, с заготовительного или механического участка.

На термических участках используется разнообразное основное и вспомогательное оборудование. К основному относятся: нагревательные установки; охлаждающие устройства (закалочные баки, оборудование для глубокого охлаждения); оборудование для правки и очистки деталей (пресса, травильные, моечные ванны, пескоструйные и дробеструйные камеры) [5].

Вспомогательное оборудование подразделяется на: теплоэнергетическое; подъемно-транспортное (мостовые и поворотные краны, кран-балки, монорельсы с электротельферами, рольганги, транспортеры, конвейеры и т. п.); вентиляционное, измерительное.

Первым этапом проектирования является разработка технологического процесса термической обработки, который выполняется с учетом программы выпуска и оформляется в виде технологических или операционных карт. В карту вносится: перечень всех операций с указанием по операциям температуры, времени выдержки, среды и температуры охлаждения, применяемые оборудование и приспособления.

Основным видом технологического оборудования термического участка являются нагревательные печи, которые классифицируются [5]:

- по назначению (закалочные, отпускные, для цементации);
- по виду используемого топлива (работающие на жидком и газообразном топливе, электрические);
- по конструктивным особенностям;
- по способу и степени механизации;
- по использованию различных сред при нагреве.

Выбор печи производится в зависимости от вида обработки, характера производства и источника нагрева. Часовая производительность печи может быть определена путем умножения удельной производительности на соответствующую техническую характеристику: площадь пода или мощность печи. При выполнении закалки используются печи всех видов.

Расчет количества печей производится отдельно для каждого вида термической операции [5, 6]:

$$S_{\Pi} = \frac{Q}{q \Phi_{\text{д}} k_{\Pi}}, \quad (4.1)$$

где  $Q$  – общий вес годового выпуска всех термически обрабатываемых деталей для каждого вида отдельно, кг;  $q$  – часовая производительность печи, кг/ч;  $\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени печи для одной смены, ч;  $k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий время на переналадку процесса выполнения вспомогательных операций (0,85).

Часовая производительность печи в час определяется по формуле:

$$q = \frac{3600}{t_{нагр} + t_{охл} + t_{всп}}, \quad (4.2)$$

где  $t_{нагр}$  – время нагрева печи;

$t_{охл}$  – время охлаждения, зависящее от среды охлаждения (масло – 3–10 сек; вода – 1–5 сек; полимерные среды – 2–7 сек);

$t_{всп}$  – вспомогательное время зависит от автоматизации. Для ручной загрузки равно от 5 до 20 сек, для автоматизированной линии – 1–3 сек.

$$t_{нагр} = \frac{m \cdot C \cdot \Delta T}{P \cdot \eta} \quad (4.3)$$

где  $m$  – масса детали;  $C$  – удельная теплоёмкость стали ( $\sim 500$  Дж/кг  $^0\text{C}$ );  $\Delta T$  – разница между начальной и конечной температурой ( $^0\text{C}$ );  $P$  – мощность нагревателя (Вт);  $\eta$  – КПД системы).

Годовым фондом времени работы оборудования называется время работы оборудования в течение года, выраженное в часах.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования рассчитывается из номинального с учетом коэффициента использования оборудования.

По нормам технологического проектирования машиностроительных предприятий для термических цехов устанавливаются годовые фонды работы оборудования, приведенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Нормы технического проектирования машиностроительных предприятий для термических участков и цехов

Виды оборудования	Коли-чество смен	Номинальный годовой фонд работы оборудования	Действительный фонд времени работы оборудования
Немеханизированное оборудование: камерные печи; печи-ванны и др. оборудование, а также вспомогательное	2	4074	3910
	3	6864	6450
Механизированное оборудование: Толкательные печи; конвейерные печи	2	4074	3830
	3	6864	6180
Автоматизированное оборудование: толкательные печи; конвейерные печи; агрегаты с непрерывным режимом работы	3	8760	7800

Термические цеха и участки обычно работают в две смены. Трехсменный режим принимается для длительных операций, таких как цементация,

азотирование, отжиг, старение. В случае массового производства работу термических цехов и участков планируют в три смены.

К режимам термической обработки относятся: температура; длительность процесса; охлаждающая среда и ее температура; производительность оборудования.

Производственная программа участка определяется номенклатурой, количеством и массой изготавливаемых деталей с разбивкой по видам термической обработки. Эта программа выражается в единицах массы (кг). При подсчете годового объема работ на участке эту программу необходимо увеличить в 1,2...2 раза. Этим учитывается повторность нагрева деталей, а также потребности вспомогательного производства.

При выработке планировочного решения по термическому участку следует учитывать необходимость выделения для установки ТВЧ отдельного помещения, а также соблюдения нормативных расстояний между оборудованием и от оборудования до элементов зданий (рисунок 4.1).

Нагревательные печи принято размещать в линию вдоль стен, ванны и баки для охлаждающих жидкостей (воды, масла) – непосредственно у печей. Вентиляция должна быть общеобменной на участке и местной от нагревательных печей.

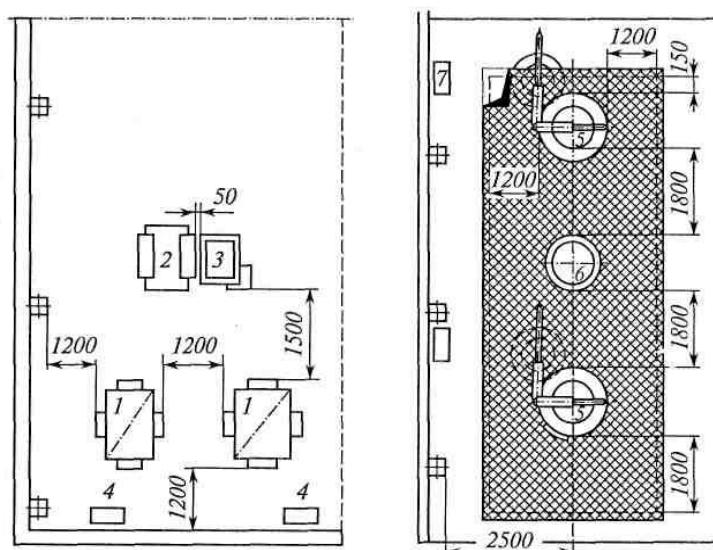


Рисунок 4.1 – Схема расположения камерной (а) и шахтной (б) электропечей:

1 – камерная электропечь; 2 – бак для закалки в масле; 3 – бак для закалки в воде; 4 – щит управления; 5 – шахтная электропечь для отпуска; 6 – шахтный бак; 7 – щит управления шахтной печи

После термической обработки детали проверяют на твердость и определяют глубину поверхностно-закаленного слоя. Признанные годными детали транспортируются на механический участок для последующей обработки (шлифование, полирование, финишная обработка).

Термические участки размещают в потоке механических цехов. В случае автоматизации эти участки могут составлять часть автоматических линий для законченной обработки изделий. Оборудование современных термических цехов и участков крупносерийного производства представляет собой печи, механизированные и автоматизированные агрегаты и линии, которые размещаются последовательно и могут совмещаться с непрерывной работой транспортеров ленточного типа. В термические участки цеха может входить до 40 единиц оборудования, которое обслуживает один человек. Поэтому электрооборудованием участка предусмотрена звуковая сигнализация, действующая при останове одного агрегата из общей автоматической работы. Все внутренние блокировки неисправностей в отдельных агрегатах и печах, без которых невозможна их дальнейшая работа, приводят к отключению собственного транспортера, который включает общий звонок в свою сигнальную лампочку. Лучше для термических цехов выбирать одноэтажные многопролетные здания. Число пролетов и их величина определяются технологическими требованиями. Обычно применяют пролеты 18 и 24 м, но они могут быть и большими. Для удобства транспортировки технологических материалов и улучшения условий естественной вентиляции помещений участок должен иметь хотя бы одну наружную дверь.

**Пример.** Для детали «Блок-шестерня» из стали 40Х необходимо: провести термообработку методом ТВЧ, назначить режимы (температуру, время, среду охлаждения) для получения поверхностной твердости 50–52 HRC; подобрать основное и вспомогательное оборудование и рассчитать требуемое их количество; определить площадь участка для термообработки 10000 деталей весом 1,23 кг; разработать планировку термического участка с расстановкой оборудования.

**Решение.** 1) Назначение режимов закалки ТВЧ поверхности детали.

К режимам термической обработки относятся: температура; длительность процесса; охлаждающая среда и ее температура; производительность оборудования

Для достижения твёрдости до 50–52 HRC детали необходимо нагреть до температуры закалки: ~850–880 °C (для стали 40Х). После нагрева деталь следует охладить в масле или полимерном растворе. Последующий отпуск для снятия напряжений выполняется при температуре 180–200 °C.

2) Выбор основного оборудования.

Для детали «Блок-шестерня» используется ТВЧ-закалка, которая представляет собой воздействие на поверхность стали высокой температурой, источником которой является электрический ток высокой частоты.

Особенности индукционного воздействия на металлические поверхности не позволяют обрабатывать стали, процентное содержание углерода в которых превышает 0,5 %. Для завершения технологического процесса нужно устранить возникшее напряжение между сердцевиной и поверхностью изделия. Проводится низкотемпературный отпуск, когда заготовка помещается в печь,

разогретую до температуры 200°. Затем деталь остывает до комнатной температуры.

Основное оборудование: установка ТВЧ (например, генератор высокой частоты типа ЛЗ или современный инверторный); закалочный станок с системой охлаждения; печь отпуска (камерная или конвейерная).

Выбор печи производится в зависимости от вида обработки, характера производства и источника нагрева.

Таблица 4.2 – Технические характеристики оборудования, используемого для термической обработки детали «Блок-шестерня»

Операция	Оборудование	Характеристики оборудования
Закалка ТВЧ	Высокочастотный индукционный нагреватель ВЧ-15АВ	Мощность, кВт: 15; Напряжение питания, В: 3р 380V/50Hz; Входной ток, А: 23; Диапазон частот, кГц: 30-80; Размеры преобразователя, мм: 560x230x480; Размеры трансформатора, мм: 460x265x440
Отпуск	Электропечь ПКМ 6.12.5/12.5М – электропечь камерная для термообработки металлов	Мощность – 35 кВт; Частота тока – 50 гц; Температура в рабочем пространстве – 1250 °C; Размеры рабочей камеры, не менее (мм) – 1200x600x500; Габаритные размеры электропечи при закрытом положении двери, не более, мм – 2200x1345x1950; Масса, кг – 280.

### 3) Выбор вспомогательного оборудования.

Вспомогательное оборудование:

- контрольное: твердомер, пиromетр;
- подъёмно-транспортное оборудование: тельфер, тележки.
- закалочные ёмкости, закалочные среды.

### 4) Расчёт количества оборудования:

Индукционное оборудование состоит из генератора, индуктора блока конденсирующих конденсаторов и системы управления. Заготовку устанавливают внутри индуктора или рядом с ним. Габариты, форма индуктора может изменяться в зависимости от размера обрабатываемой детали.

После включения оборудования индуктор генерирует магнитное поле, которое проходит через изделие. Вихревые токи, образующиеся во время обработки, разогревают поверхностные слои стали.

Расчет количества индукционного оборудования:

$$S_{\Pi} = \frac{Q}{q \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k_{\Pi}} = \frac{10\,000 \cdot 1,23}{145 \cdot 3910 \cdot 0,85} = 0,026; \text{ принимаем 1 (печь),}$$

где  $Q$  – общий вес годового выпуска всех термически обрабатываемых деталей для каждого вида отдельно, кг;  $q$  – часовая производительность печи, шт./ч;  $\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени печи для одной смены, ч;  $k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий время на переналадку процесса выполнения вспомогательных операций

Часовая производительность индукционного нагревателя определяется по формуле (4.2):

$$q = \frac{3600}{t_{\text{нагр}} + t_{\text{охл}} + t_{\text{всп}}} = \frac{3600}{7,9 + 7 + 10} = 144,57 \sim 145 \text{ шт./час}$$

$$t_{\text{нагр}} = \frac{m \cdot C \cdot \Delta \cdot T}{P \cdot \eta} = \frac{1,23 \cdot 500 \cdot 900}{100000 \cdot 0,7} = 7,9 \text{ сек}$$

Время охлаждения в такой среде охлаждения как масло равно от 3 до 10 секунд.

Вспомогательное время зависит от автоматизации. Для ручной загрузки равно от 5 до 20 сек.

Расчет количества печей для отпуска:

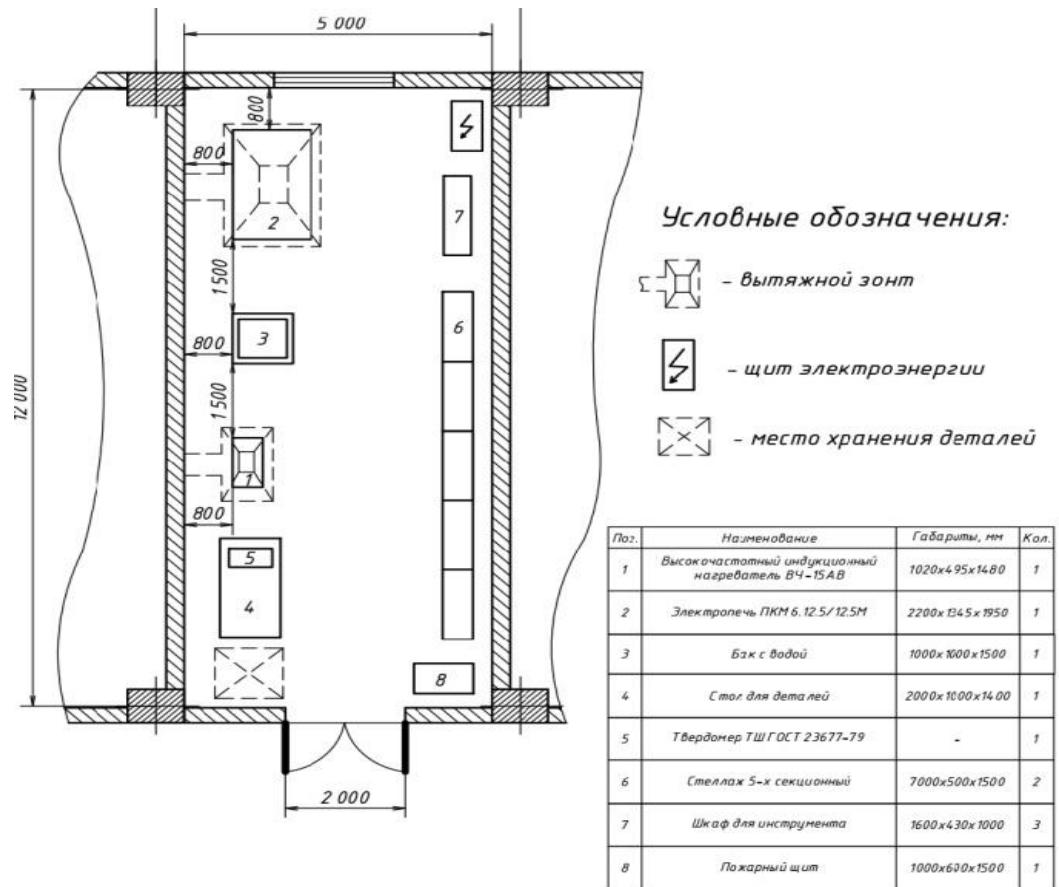
$$S_{\Pi} = \frac{Q}{q \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot m \cdot k_{\Pi}} = \frac{10\,000 \cdot 1,23}{\cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1,3} = 0,26; \text{ принимаем 1 (печь),}$$

5) При выработке планировочного решения по термическому участку следует учитывать необходимость выделения для установки ТВЧ отдельного помещения, а также соблюдения нормативных расстояний между оборудованием и от оборудования до элементов зданий.

Нагревательные печи принято размещать в линию вдоль стен, ванны и баки для охлаждающих жидкостей (воды, масла) – непосредственно у печей. Вентиляция должна быть общеобменной на участке и местной от нагревательных печей.

После термической обработки детали проверяют на твердость и определяют глубину поверхностно-закаленного слоя.

Признанные годными детали транспортируются на механический участок для последующей обработки.



$$\text{Площадь участка } S = 60 \text{ м}^2$$

Рисунок 4.2 – Чертеж планировки термического участка

## ЗАДАНИЕ № 5

### Планировочное и конструктивное решения гальванического участка

**Цель выполнения задания:** формирование у студентов знаний принципов выбора оборудования для электрохимического нанесения покрытий и умений его расстановки на гальваническом участке.

**Задание:** изучить правила расстановки оборудования на гальваническом участке и:

- ознакомиться с чертежом детали для обработки на гальваническом участке;
- выбрать гальванические ванны;
- подобрать вспомогательного оборудования;
- расставить оборудование согласно принятым нормативам;
- выполнить планировку оборудования на гальваническом участке.

## *Справочный материал и методические указания по выполнению задания*

В производстве машин и приборов большую роль играют гальванические процессы нанесения покрытий.

В зависимости от требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам деталей, различают три типа покрытий:

- защитные, применяемые для защиты от коррозии изделий;
- защитно-декоративные, применяемые для декоративной отделки изделий с одновременной защитой их от коррозии;
- специальные, применяемые для придания поверхности изделия специальных свойств (износостойкости, паяемости, твердости, электроизоляционных, магнитных свойств и др.). К данному типу покрытий относятся также покрытия, обеспечивающие защиту основного металла изделия от особых сред (местная защита от цементации, азотирования и пр.).

К наиболее распространенным в практике машиностроения защитным покрытиям относятся цинковые, кадмевые, никелевые покрытия. Покрытия из металлов, сплавов и пластмасс наносят на поверхность деталей для защиты их от разрушения в эксплуатации, увеличения срока службы изготавливаемых изделий.

Выбор типа защитных покрытий определяется условиями эксплуатации изделий, требованиями к чистоте поверхности и значениями электрохимических потенциалов основного металла изделия и металла покрытия.

В зависимости от вида и объема работ на гальванических участках размещают различное оборудование. Для нанесения гальванических и химических покрытий применяются: стационарные ванны; колокольные и барабанные ванны; полуавтоматические ванны; автоматические конвейерные установки, оборудование для подготовки поверхности перед покрытием.

Основным оборудованием гальванического цеха являются ванны, корпус которой обычно изготавливается из листовой стали, а внутренняя поверхность её стенки должна иметь защитную облицовку (футеровку), материал которой определяется характером растворов. Применяются ванны, изготовленные из керамики и графолита.

В зависимости от их назначения могут применяться щелочные и кислые электролиты. Ванны и агрегаты со щелочными электролитами изготавливают из стали без футеровки. Ванны для щелочных цианистых электролитов рекомендуется покрывать внутри винипластом. Ванны, в которых находятся кислые электролиты, имеют кислотоупорную футеровку или изготавливаются из кислотостойких материалов.

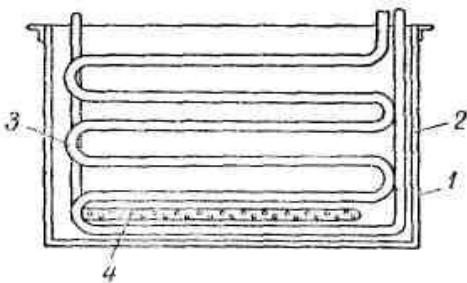


Рисунок 5.1 – Схема гальванической ванны без паровой рубашки [23]:  
1 – корпус; 2 – футеровка; 3 – змеевик; 4 – барботер

Представленная на рис. 5.1 гальваническая ванна, используемая для никелирования, меднения, цинкования и других гальванических процессов, имеет стальной корпус 1 с облицовкой из винипласта или корпус, сваренный из листового винипласта толщиной  $8 \div 10$  мм. Ванны могут быть оборудованы механизмом для встряхивания катодных штанг воздушными барботерами 4 (трубы с отверстиями) и нагревателями.

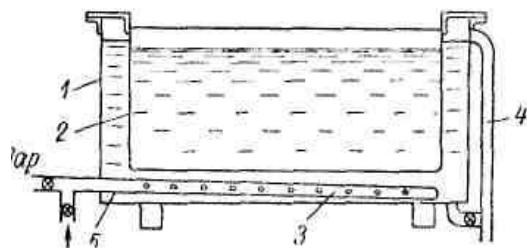


Рисунок 5.2 – Схема гальванической ванны с пароводяной рубашкой:  
1 – стальная рубашка; 2 – внутренний корпус ванны; 3 – вода;  
4 – устройство для слива воды; 5 – труба для подвода пара

Другой вид конструкции гальванической ванны (рисунок 5.2) снабжен стальной рубашкой для нагрева или охлаждения электролита. Нагрев электролита осуществляется паром, поступающим через барботер в воду, находящуюся между стенами ванны и рубашки. Охлаждение электролита осуществляется проточной водой, подаваемой в зарубашечное пространство, часто через тот же барботер. Внутренняя поверхность ванны может быть облицована свинцом или листами армированного стекла, которые установлены вдоль ее стенок и на дне.

При малых объемах работ планировка оборудования участков должна выполняться с учетом особенностей использования вспомогательного оборудования. Выпрямители в этом случае устанавливают непосредственно у ванн на расстоянии 200...300 мм. Так как процессы гальванических покрытий протекают при низком напряжении (6... 12 В), то удаление источников тока от ванн влечет за собой неоправданное увеличение расхода металла на

шинопроводы, что необходимо для сохранения в допустимых пределах величины падения напряжения. Периодическую смену электролита в ваннах и его фильтрацию следует производить при оснащении гальванических участков передвижными установками, на которых монтируются и насосные агрегаты.

На рисунке 5.3 показаны схемы расстановки ванн с указанием расстояний, принимаемых согласно нормам технологического проектирования.

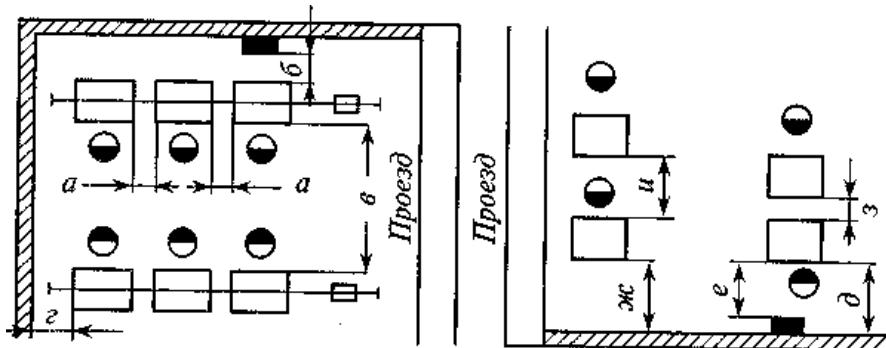


Рисунок 5.3 – Схемы расположения гальванических ванн, мм [5]:  
 $a=300\ldots400$ ;  $b=600\ldots800$ ;  $v=2000\ldots2500$ ;  $жс=800\ldots1000$ ;  $д=1500\ldots2000$ ;  
 $е=1200\ldots1500$ ;  $з=500\ldots600$ ;  $и=1500\ldots2000$

При значительных объемах работ, связанных с нанесением гальванических покрытий,

На рисунке 5.4 показана примерная схема размещения автомата для металлопокрытий кареточного типа. Габаритные размеры автоматов показаны с учетом площадок для их обслуживания, оборудованных специальным настилом.

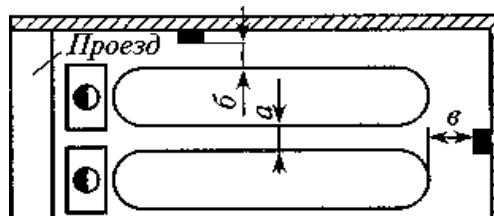


Рисунок 5.4 – Схемы расположения автомата  
для гальванопокрытий, мм [5]:  
 $a = 2500\ldots3500$ ;  $б = 1500\ldots2000$ ;  $v = 2000\ldots2500$

Основными операциями, определяющими качество гальванических покрытий, являются операции, связанные с подготовкой поверхности деталей к покрытию. Высокое качество покрытий возможно при соблюдении следующих условий: операции сварки, термической и механической обработок выполняются перед гальваническими; поверхность детали перед покрытием не должна иметь заусенец, раковин, окалины, слоя ранее нанесенных покрытий и неметаллические включения, вмятин, забоин, повреждений резьбы; не покрываемые участки защищаются химически стойкими материалами;

поверхность покрываемых деталей должна быть обезжирена; для выполнения условия равномерности покрытия детали должны находиться в приспособлениях; окислы – удалены путем травления или декапирования. После травления детали следует тщательно промыть в холодной проточной воде.

Для изоляции отдельных участков деталей при хромировании, меднении, цементации, цинковании, для сохранения точных размеров при фосфатировании, в случае спайки или сварки, применяются, в зависимости от вида гальванического покрытия, фторопласт-4, полихлорвиниловый пластикат, герметично пристающий парафиновый сплав, хомутики из кровельного железа, резиновый клей или перхлорвиниловый лак.

Для краткого наименования различных видов покрытий в конструкторской документации приняты специальные условные обозначения (шифры) покрытий. Шифр покрытий включает: материал покрытия (начальные буквы металла покрытия); толщину осадков; способ нанесения (за исключением гальванических покрытий); степень блеска и других специальных свойствах осадков (при необходимости); характер дополнительной обработки.

Продолжительность гальванической операции  $t_i$  определяют по формуле [5]:

$$t_i = \frac{b\gamma}{CD_k \eta_{tk}}, \text{ ч} \quad (5.1)$$

где  $b$  – толщина слоя покрытия, мкм;  $\gamma$  – плотность металла покрытия, г/см<sup>3</sup>;  $C$  – электрохимический эквивалент, г/А.ч;  $D_k$  – плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;  $\eta_{tk}$  – выход металла по току, %.

Режимы оказывают большое влияние на свойства покрытия и его качество. Основные технические данные по видам покрытий, некоторые режимы процесса представлены в таблицу 5.1. Единовременную загрузку  $f_3$  принимают по паспортным данным ванны. При укрупненных расчетах

$$f_3 = f_y l_p, \quad (5.2)$$

где  $f_y$  – удельная загрузка на 1 м длины катодной штанги, дм<sup>2</sup>/м;  $l_p$  – длина рабочего пространства ванны, м.

Таблица 5.1 – Основные технические данные по видам покрытий [18]

Вид покрытия	Толщина слоя покрытия, мкм	Плотность металла покрытия, г/см <sup>3</sup>	Электрохимический эквивалент, г/(Ач)	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Выход металла по току, %	Удельная загрузка на 1 м длины катодной штанги, дм <sup>2</sup> /м
Железнение горячее	500...1200	7,80	1,042	30...50	70...80	10
Железнение холодное	300...500	7,80	1,042	10...18	45...50	10
Меднение	200...300	8,91	1,186	3	95	30

Вид покрытия	Толщина слоя покрытия, мкм	Плотность металла покрытия, г/см <sup>3</sup>	Электрохимический эквивалент, г/(Ач)	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Выход металла по току, %	Удельная загрузка на 1 м длины катодной штанги, дм <sup>2</sup> /м
Никелирование	15...20	8,85	1,094	3	95	50
Цинкование	10	7,10	1,220	2	75	30
Хромирование	200...300	6,70	0,323	60	18	5

Количество гальванических ванн определяют по формуле:

$$S_{ГВ} = \frac{t_i \cdot F \cdot N}{f_3 \cdot \Phi_{об}}, \quad (5.3)$$

где  $t_i$  – продолжительность гальванической операции для одной детали, ч;  $F$  – площадь поверхности покрытия детали, дм<sup>2</sup>;  $N$  - число деталей на годовую программу, шт.;  $f_3$  – единовременная загрузка ванны, дм<sup>3</sup>;  $\Phi_{об}$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

В холодных электролитах процесс железнения проводят при малой плотности тока. Скорость осаждения металла в этих электролитах не превышает 100÷130 мкм/ч. В электролитах, нагретых до 50÷105°C, электролиз протекает при высоких плотностях тока (10÷20 А/дм<sup>2</sup>); скорость отложения металла значительно повышается. Для получения толстого слоя осадка при восстановлении размеров детали чаще всего применяют хлористые электролиты, содержащие, г/л: хлористого железа- 200÷ 250, хлористого марганца -50÷70, соляной кислоты-0,8÷1,0. Режимосаждения: нагрев до 55÷65 °C, плотность тока 25÷35 А/дм<sup>2</sup> [23].

Продолжительность **железнения** (ч) определяют приближенно из выражения

$$t \sim 100b/D_K, \quad (5.4)$$

где  $b$  – толщина покрытия, мкм;  $D_K$  – плотность тока, А/дм<sup>2</sup>.

Продолжительность **никелирования** (ч) определяют приближенно из выражения

$$t \sim 0,16b/D_K. \quad (5.5)$$

Продолжительность **цинкования** (ч) определяют приближенно из выражения (при  $\eta_{TK}=90\%$ )

$$t \sim 0,065b/D_K. \quad (5.6)$$

Толщину (мкм) цинковых покрытий выбирают в зависимости от условий эксплуатации изделий (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Толщина цинкового покрытия в зависимости от условий эксплуатации [18]

Условия эксплуатации	Легкие (отапливаемые помещения)	Средние (неотапливаемые помещения)	Жесткие (на открытом воздухе)	Особо жесткие (в воде и тропиках)
Толщина цинкового покрытия, мкм	6	15	24	32

При **хромировании** стальных деталей вначале дается ток противоположного направления для анодного растворения окисных пленок, а затем «толчок» тока в прямом направлении, в 1,5 раза превышающий расчетное значение, для улучшения кроющей способности сульфатных электролитов. Через 15÷30 с значение тока снижается до номинального.

Хромирование в саморегулирующемся электролите производится при температуре электролита 56 °С; катодный выход по току 18 %; сила тока 650А.

Продолжительность хромирования зависит от толщины покрытия, состава электролита, режима работы ванны и определяется по формуле:

$$t \sim 1,64b/D_K. (5.7)$$

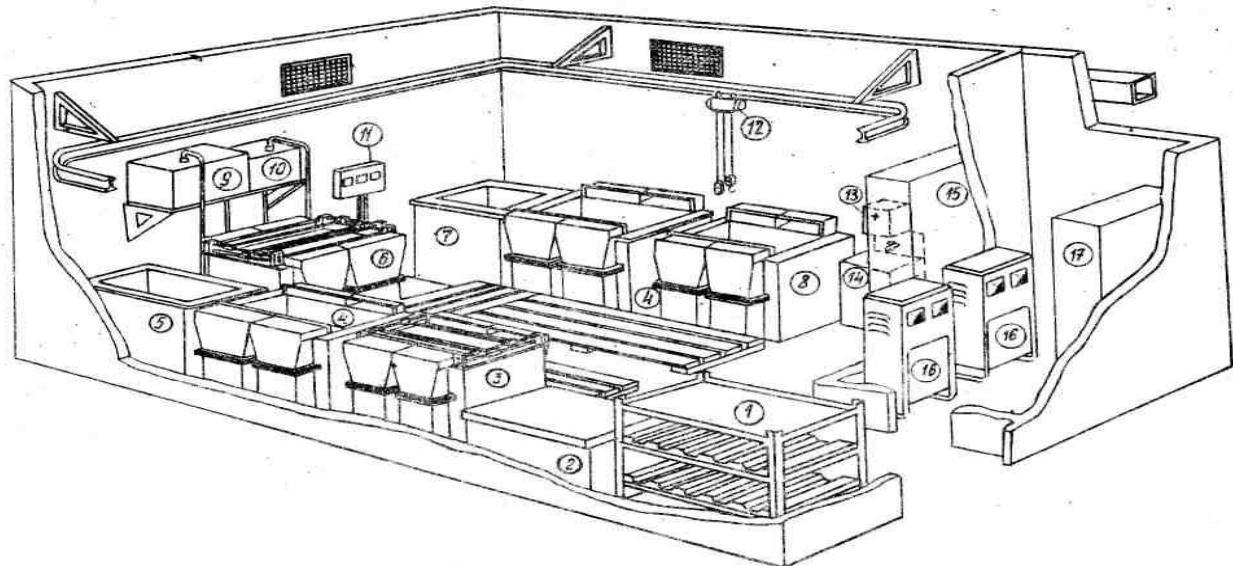


Рисунок 5.5 – Общий вид участка хромирования [5]:

- 1 – стеллаж для деталей и приспособлений; 2 – монтажный стол;
- 3 – ванна обезжиривания; 4 – ванна горячей промывки после обезжиривания и нейтрализации; 5 – ванна холодной промывки; 6 – ванна хромирования;
- 7 – ванна улавливания электролита; 8 – ванна нейтрализации;
- 9 – отстойный бак; 10 – бачок для подкисленной воды; 11 – пульт управления; 12 – тельфер; 13 – аптечка; 14 – водопроводный кран;
- 15 –электрошкаф; 16 – выпрямители

**Пример:** Для гальванической операции хромирования вала  $\varnothing 20$  мм и длиной 150 мм, чертёж которой выдается преподавателем, для 10000 шт. годового объёма выпуска необходимо расшифровать обозначение на чертеже, разработать этапы технологического процесса покрытия с расчётом о штучно-калькуляционного времени, выбрать соответствующие ванны и вспомогательной оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке.

**Решение.**

На чертеже вала в технических условиях предлагается выполнить гальваническое покрытие, обозначенное «Хр. Гхр.10». Хромирование обозначается как «Хр». Способ нанесения покрытия «Гхр» гальваническое покрытие. Толщина покрытия указывается в микронах, т. е. 10 мкм.

Хромирование включает несколько этапов, каждый из которых требует расчёта основного Тосн, вспомогательного Твсп и штучно-калькуляционного Тшт.-к. времени.

1) Подготовка поверхности (черновая механическая очистка детали), которая заключается в удалении сильных загрязнений, следов окалины. Поверхность вала зачищается пескоструйной обработкой или тщательно шлифуется и полируется абразивами.

Принимаем в среднем на каждую деталь Тосн. = 0,5 мин, а вспомогательное время на её установку и снятие на оборудование Твсп. = 0,2 мин.

$$\text{Тшт} = \text{Тосн} + \text{Твсп} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$\text{Тшт.-к} = \text{Тшт.} + \text{Тпз.}/N = 0,7 + 10/10000 \approx 0,701 \text{ мин на деталь,}$$

где Тпз. = 10 мин – подготовительно-заключительное время.

Для механической очистки необходима пескоструйная камера с производительностью 100–200 дет/час.

2) Монтаж детали на подвеске – узловая подготовительная операция перед погружением в гальванические ванны, когда подвешенное изделие помещается в ванну таким образом, чтобы поверхности деталей равно стояли от анода. Материал подвески должен совпадать с материалом контакта, крючки подвески обычно изготавливаются из меди или бронзы.

Основное время – время непосредственного крепления и фиксацию детали на подвеску – 0.6–0.8 мин/деталь включает: установку и затяжку крепежа – 0.4 мин, проверку положения – 0.2 мин. Итого: Тосн = 0,6 мин/деталь.

Вспомогательное время Твсп. – действия, сопутствующие монтажу: перемещение деталей, контроль положения, снятие после обработки.

Перемещение вала к подвеске: 0,2 мин. Снятие вала после обработки: 0,3 мин.

Итого: Твсп. = 0,5 мин/деталь.

$$\text{Штучное время Тшт.} = \text{Тосн.} + \text{Твсп.} = 0,6 + 0,5 = 1,1 \text{ мин/деталь.}$$

Подготовительно-заключительное время Тпз. включает 15 мин на подготовку кассет (раскладка, проверка крепежей), 10 мин на инструктаж смены:, 5 мин на очистку рабочей зоны: Итого: Тпз. = 30 мин на партию.

Штучно-калькуляционное время

Тшт.-к.= Тшт. + Тпз.{n} = 1.1 + 30/50 = 1.1 + 0.6 = 1.7 мин/деталь, так как делится на количество деталей в партии n = 50 шт., а не на общий объем.

Общее время на 10 000 деталей:

Тосн. + Твсп. = 10000 1.1 = 11000 мин или 183 ч.

Тпз. = 200 30 = 6000 мин = 100 ч.

Итого: 183 + 100 = 283 ч или 11.8 суток при 24-часовой работе).

Мероприятия для сокращения времени при монтаже:

– объединение этапов монтажа/демонтажа в одну зону;

– внедрение конвейерной системы подачи валов;

– автоматизация позволит сократить время монтажных работ, т. е. использование роботизированных манипуляторов сокращает до 0.3 мин/деталь;

– оптимизация конструкции подвески: использование быстросъемные зажимы на подвесках, специализированных кассеты под конкретный вал уменьшают время установки на 40 %;

– организация труда: увеличение числа рабочих, которые параллельно монтируют детали сокращает Твсп. на 30 %.

3) Чистовая химическая очистка детали – обезжикивание, т. е. деталь промывается в растворе органического растворителя (например, раствором едкого натра) до полного удаления загрязнений.

Вал погружается в щелочной раствор на 5÷10 мин. Принимаем

Тосн. = 8 мин. Если использовать пакетную обработку, т. е. 100 деталей за один раз.

Время на загрузку и выгрузку Твсп. = 2 мин.

Штучное время Тшт. = (8 + 2)/100 = 0,1 мин.

Штучно-калькуляционное время Тшт.-к. = 0,1 + 5/10000 ≈ 0,1005 мин, где Тпз. = 5 мин.

4) Электрохимическое обезжикивание - обработка в электролите (3 ÷ 5 мин).

Тосн. = 4 мин (пакетно для 100 деталей), Твсп. = 1 мин.

Тшт. = (4 + 1)/100 = 0,05 мин/деталь.

Тшт-к. = 0,05 + 5/10000 ≈ 0,0505 мин/деталь, где Тпз. = 5 мин.

5) Активация поверхности, т. е. погружение в кислотный раствор (0,5 ÷ 2 мин).

Основное время Тосн. = 1 мин (пакетно, 100 деталей), Вспомогательное время Твсп. = 0,5 мин.

Штучное время Тшт. = 1 + 0,5/100 = 0,015 мин/деталь.

Штучно-калькуляционное время

Тшт.-к. = 0,015 + 3/10000 ≈ 0,0153 мин/деталь.

6) Хромирование – электролиз в хромовом электролите (обычно 10–30 мкм, 1–2 А/дм<sup>2</sup>). Основное время Тосн. Рассчитывается по формуле 5.1 или приблизительно по формуле 5.7.

Вспомогательное время Твсп. = 5 мин (загрузка и выгрузка).

Тшт. = 20 + 5/50 = 0,5 мин/деталь.

Тшт.-к. = 0,5 + 15/10000 ≈ 0,5015 мин/деталь, где Тпз. = 15 мин.

### 7) Промывка и сушка

Этап заключается в промывке в воде и сушке горячим воздухом.

Основное время Тосн. = 3 мин (пакетно, 100 деталей).

Вспомогательное время Твсп. = 1 мин.

Штучное время Тшт. = 3 + 1/100 = 0,04 мин/деталь.

Штучно-калькуляционное время

Тшт.-к. = 0,04 + 5/10000 ≈ 0,0405 мин/деталь.

Для операций технологического процесса хромирования вала необходимо следующее оборудование:

- пескоструйная камера с производительностью механической очистки 100–200 дет/час;
- ультразвуковая ванна для химического обезжиривания на 100 – 150 деталей за цикл;
- гальваническая ванна и выпрямитель на 50 – 100 деталей за цикл прохождения электрохимического обезжиривания;
- кислотная ванна для активации 100–200 деталей за цикл;
- гальваническая ванна для хромирования 50–100 деталей за цикл;
- промывочные ванны для промывки и сушки на 100–200 дет/час;
- сушилка для сушки.

Для обработки 10000 деталей потребуется:

- 1 пескоструйная установка;
- 3 гальванические ванны (для обезжиривания, активации и хромирования);
- 1 сушильная камера,
- промывочные модули.

Основным оборудованием гальванического цеха являются ванны, корпус которой обычно изготавливается из листовой стали, а внутренняя поверхность её стенки должна иметь защитную облицовку, материал которой определяется характером растворов.

Продолжительность гальванической операции  $t_i$  определяют по формуле:

$$t_i = \frac{b \cdot \gamma}{C \cdot D_K \cdot \eta_{tk}} = \frac{10 \cdot 6,7}{0,323 \cdot 60 \cdot 18} = 0,19 \text{ (ч)},$$

где  $b$  – толщина слоя покрытия, мкм;  $\gamma$  – плотность металла покрытия, г/см<sup>3</sup>;  $C$  – электрохимический эквивалент, г/А.ч;  $D_K$  – плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;  $\eta_{tk}$  – выход металла по току, %.

Единовременную загрузку  $f_3$  принимают по паспортным данным ванны:  $f_3=100 \text{ дм}^2$ .

Количество гальванических ванн определяют по формуле:

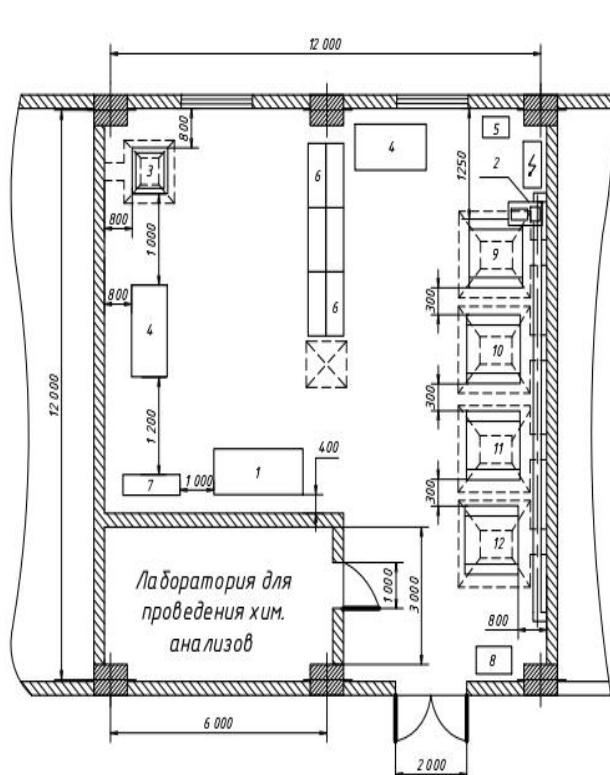
$$S_{\text{ГВ}} = \frac{t_i \cdot F \cdot N}{f_3 \cdot \Phi_{\text{об}}} = \frac{0,19 \cdot 94,2 \cdot 10\,000}{100 \cdot 3890} = 0,46; \text{ принимаем 1 (ванна),}$$

где  $t_i$  – продолжительность гальванической операции для одной детали, ч;  $F$  – площадь поверхности покрытия детали,  $\text{дм}^2$ ;  $N$  - число деталей на годовую программу, шт.;  $f_3$  – единовременная загрузка ванны,  $\text{дм}^2$ ;  $\Phi_{\text{об}}$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Для участка достаточно помещение площадью:  $F = 12 \cdot 12 = 144 (\text{м}^2)$ .

Во время работы участка необходимо периодически проверять химический состав применяемых материалов. Поэтому на участке следует оборудовать рабочее место для проведения химических анализов или выделить специальное помещение.

На рисунке 5.6 приведена планировка гальванического участка.



Поз.	Наименование	Габариты, мм	Кол.
1	Стол монтажный	2500x1000x1500	1
2	Тельфер электрический	-	1
3	Бак с керосином	1000x1000x1500	1
4	Стол для деталей	2000x1000x1400	2
5	Пульт управления	-	1
6	Стеллаж 3-х секционный	4200x500x1500	2
7	Шкаф для инструмента	1500x430x1000	1
8	Пожарный щит	1000x600x1500	1
9	Ванна для обезжиривания	1500x1500x1000	1
10	Ванна для хромирования	1500x1500x1000	1
11	Ванна для декапирования	1500x1500x1000	1
12	Ванна для финальной промывки	1500x1500x1000	1

Условные обозначения:

Площадь участка  $S = 144 \text{ м}^2$

Рисунок 5.6 – Чертеж планировки гальванического участка

## ЗАДАНИЕ № 6

### Определение такта работы оборудования, его производительность и коэффициент наплавки

**Цель выполнения задания:** формирование у студентов знаний о такте работы основного оборудования и коэффициента его загрузки, навыков выбора форм организации машиностроительного производства.

#### **Задание:**

- освоить расчет производительности и такта работы основного оборудования и:
- перечертить схему расположения оборудования на участке;
- рассчитать такт выпуска;
- рассчитать коэффициент загрузки оборудования;
- предложить мероприятия по сокращению времени выполнения операций повышенной длительности.

#### **Справочный материал и методические указания по выполнению задания**

В зависимости от размера производственной программы, характера продукции, технологических и экономических условий осуществления производственных процессов все производства условно делятся на три основных вида: единичное, серийное и массовое. У каждого из этих видов производственный и производительный процессы имеют характерные особенности и каждому из них свойственна определенная форма организации работы [5].

Таким образом, выбор формы организации производства определяется объемом выпуска и характером обрабатываемых изделий. Поточная форма организации принимается в цехах с большим объемом выпуска изделий, а непоточная – эффективна при многономенклатурной программе цеха с небольшим объемом выпуска изделий каждого типоразмера.

Первичным структурным звеном цеха с непоточной формой организации является участок, объединяющий технологически однородную группу оборудования одного или нескольких типоразмеров, например, участок токарных, сверлильных, фрезерных или других станков.

Переходной формой от непоточного производства к поточному является организация в серийном производстве предметно-замкнутых участков параллельно-последовательной обработки деталей. Для организации предметно-замкнутого участка обработки подбирают группу сходных по размерам и характеру обработки деталей и на участке устанавливают комплект оборудования, необходимого для полной обработки деталей, входящих в данную группу.

Поточные методы работы в основном характерны для условий массового и крупносерийного производства. Оборудование для обработки или рабочие

места для сборки размещают при этом последовательно в соответствии с ходом технологического процесса [3].

При поточной форме организации производства первичным структурным звеном является поточная линия изготовления деталей или сборочных изделий. Поточные линии могут быть механизированными, автоматизированными и автоматическими. В автоматизированных линиях наряду с автоматическим оборудованием применяют механизированную обработку или сборку, т. е. в состав включают и автоматические позиции, и рабочие места, обслуживаемые рабочими.

Основными параметрами поточных линий служат тakt работы линии, характеризующий ее производительность, и коэффициент загрузки установленного в ней оборудования.

Длительность операций, выполняемых на поточных линиях, синхронизируют в соответствии с тактом выпуска изготавливаемой детали и собираемых единиц.

Следует отличать тakt работы поточной линии  $\tau_L$  от такта работы производства, точнее, от такта работы по заданию  $\tau$ .

Тактом работы по заданию  $\tau$  называется расчетное время выпуска в минутах, определяемое как отношение действительного оборудования в часах в год  $\Phi_D$  к заданной программе выпуска  $N$ :

$$\tau = \frac{60 \Phi_D}{N} \quad (6.1)$$

Такт работы поточной линии зависит от времени выполнения определяющей операции на линии, т. е.:

$$\tau_L = \left( \frac{T_{ш}}{S} \right) \max \quad (6.2)$$

где  $t_{ш}$  – штучное время, необходимое для изготовления детали или сборки узла;  $S$  – количество операций, выполняемых на поточной линии.

Производительность линии  $Q_{ЛВ}$  час является величиной, обратной такту линии  $\tau_L$ :

$$Q_{ЛВ} = \frac{60}{\tau_L} \quad (6.3)$$

При числе станков, установленных в линии,  $n_L$  средний коэффициент загрузки оборудования линии:

$$K_3 = \frac{\sum t_{ш}}{n_L \cdot \tau_L}, \quad (6.4)$$

где  $t_{ш}$  – штучное время;  $n_L$  – число станков в линии;  $\tau_L$  – штучное время самой длительной операции.

Максимально возможная синхронизация операций и высокая равномерная загрузка оборудования в поточной линии всегда желательны, но эти требования не должны ограничивать применение высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего более высокое качество и более низкую себестоимость изготовления деталей. При выборе станков для поточной линии

обработки за основу следует брать минимальные трудоемкость и себестоимость изготовления детали при минимальном значении всех приведенных затрат, учитывающих и начальную стоимость оборудования [3].

Производительность поточной линии определяется временем выполнения самой длительной операции, т. е. «узким местом» линии.

Повышение производительности проектируемой поточной линии может быть достигнуто путем интенсификации режимов обработки на «узких местах» – совмещением по времени остальных переходов обработки, механизацией вспомогательных приемов обработки и методами, направленными на сокращение времени выполнения операций повышенной длительности и приближением его к такту, требуемому программой выпуска.

К мерам, направленным на сокращение времени выполнения операций повышенной длительности и приближения его к такту, требуемому программой выпуска, относятся следующие [3]: замена запроектированного оборудования, не укладывающегося в такт, более производительным;

- повышение режимов обработки на не запроектированном оборудовании путем изменения материала режущего инструмента или применения режима наибольшей производительности вместо режима наибольшей экономичности;
- использование быстродействующих зажимных устройств, автоматизация установки, закрепления и снятия деталей со станка;
- введение принудительной смены инструмента, автоматизация контроля и подналадки, и т. п.

При существенных расхождениях продолжительности операций в линии на операциях повышенной длительности устанавливают станки-дублеры. Если операция выполняется за время, несколько меньшее такта работы линии, то целесообразно снизить режим обработки, чтобы сократить расход инструментом потери времени на его замену после затупления.

Высшей формой организации поточного производства является автоматическая линия, где выполнение всех технологических вспомогательных переходов на каждой позиции линии, включая установку, закрепление и снятие деталей, их транспортировку с позиции на позицию, синхронизировано и автоматизировано.

Наиболее распространенным видом поточных линий являются однономенклатурные линии, предназначенные для обработки одной детали или сборки изделий одного типоразмера. В этом случае легко расположить оборудование линии в полном соответствии с последовательностью выполнения всех операций технологического процесса, наилучшим образом специализировать рабочие места для выполнения закрепленных за ними операций и организовать наиболее рациональную межоперационную транспортировку обрабатываемых в линии деталей между рабочими местами.

**Пример:** На рисунке 6.1 приведены схемы работы поточных линий с разной степенью синхронизации операций. Необходимо рассчитать тakt выпуска, производительность линии и тakt выпуска для каждой схемы.

**Решение:**

а) В поточной линии «а» время выполнения операции  $t$  одинаково и равно такту работы линии:

$$\tau = \tau_{л} = t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5 = 2 \text{мин}; Q_{л} = 60 / \tau_{л} = 60 / 2 = 30 \text{ ч}^{-1};$$

$$K_3 = \tau t_{ш} / n_{л} \cdot 100\% = (5 \cdot 2 / 5 \cdot 2) \cdot 100 = 100\%.$$

б) В поточной линии «б» время выполнения операций не синхронизировано, такт работы линии, лимитирующий ее пропускную способность, определяется временем выполнения операции № 4:  $\tau = t_4 = 6 \text{мин}$ .

$$\text{Производительность этой линии: } Q_{л} = 60 / \tau_{л} = 60 / 6 = 10 \text{ч}^{-1}.$$

Станки, установленные в линии, работают с неравномерной загрузкой, причем станки 1 и 2-й операций наименее загружены. Средний коэффициент загрузки станков в линии:

$$K_3 = (\tau t_{ш} / n_{л}) \cdot 100\% = (17 / 5 \cdot 6) \cdot 100 = 56,7\%.$$

Перед 3 и 4-й операциями, имеющими пропускную способность ниже предыдущих операций, при непрерывной работе всех станков образуются заделы деталей, ожидающих обработки; станки 1 и 2-й операции должны останавливаться и непрерывность потока на этих операциях нарушается.

Анализ условий работы линии показывает, что при расшивке узкого места на 4-й операции, например, установкой второго станка, производительность всей линии может быть повышена. Указанный способ увеличения производительности линии применяют в том случае, если этого требует программа производства. Обычно при неравномерной загрузке станков в поточной линии применяют многостаночное обслуживание.

в) В поточной линии «в» 4-й операции установлен станок-дублер. Производительность лимитируется 5-й операцией:

$$\tau = \tau_5 = 4 \text{мин}.$$

Соответственно пропускная способность линии

$$Q_{л} = 60 / \tau_{л} = 60 / 4 = 15 \text{ч}^{-1}$$

и средний коэффициент загрузки оборудования повышается:

$$K_3 = (\tau t_{ш} / n_{л}) \cdot 100\% = (17 / 6 \cdot 4) \cdot 100 = 70,8\%.$$

При непрерывной работе всех станков непрерывность потока будет прерываться дважды: перед 3 и 5-й операциями, где будут скапливаться заделы.

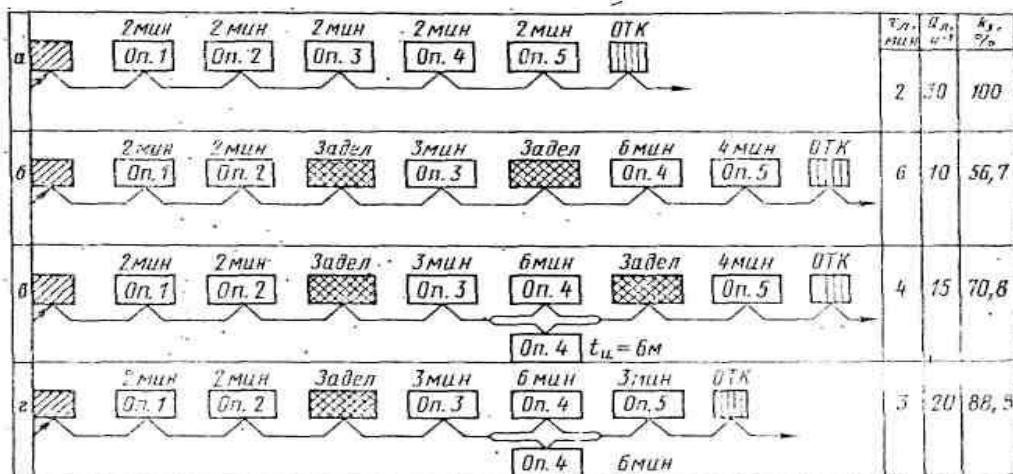


Рисунок 6.1 – Схемы работы поточных линий с различной степенью синхронизации операций [5]

г) Дальнейшее совершенствование работы линии может быть достигнуто путем увеличения производительности на 5-й операции. Если, проводя технологические мероприятия, довести время выполнения этой операции до  $\tau = \tau_5 = 3$  мин, что учтено в линии «г», то производительность повысится до

$$Q_{\text{л}} = 60 / \tau_{\text{л}} = 60 / 3 = 20 \text{ ч}^{-1}.$$

И средний коэффициент загрузки оборудования в линии достигнет:

$$K_3 = (\tau t_{\text{ш}} / n_{\text{л}}) 100 \% = (17 / 6 \cdot 3) \cdot 100 \% = 88,8 \%.$$

Непрерывность потока будет нарушаться только один раз: между 2 и 3-й операциями вследствие искусственного роста междуоперационного задела при непрерывной работе всех станков.

Рассмотренный выше пример показывает, что рациональной корректировкой технологического процесса обработки, выбранного на начальном этапе проектирования, и принятием мер по выравниванию производительности на 1 и 2-й операциях потока можно существенно – в 1,5–2 раза – повысить производительность и эффективно использовать линию в целом.

## ЗАДАНИЕ № 7

### Основные принципы выбора структуры цеха и участка

**Цель выполнения задания:** формирование у студентов знаний о принципах выбора структуры механосборочного цеха или участка.

**Задание:** освоить принципы выбора структуры механосборочного производства и:

- вычертить схему расположения оборудования на участке;
- определить количество оборудования на участке;
- определить число материальных связей на участке;
- рассчитать коэффициент степени кооперации;
- выбрать принцип образования производственного подразделения.

#### ***Справочный материал и методические указания по выполнению задания***

При проектировании новых цехов и участков, реконструкции или техническом перевооружении действующих важным этапом является синтез их структуры. В современном проектировании методологией анализа и синтеза структуры основных производственных процессов является системный подход. Используя его для анализа каждой производительной системы и ее составных частей, выделяют – функциональную, элементную и организационную подсистемы, которые не могут быть разделены, так как представляют собой три стороны одного целого: взаимосвязь, единство и взаимодействие [3].

Функциональная сторона производственной системы (цеха) и его подсистем (участков, линий) обусловливается их технологическим назначением. Элементная сторона определяется составом этих участков и их оборудования для обеспечения их технологического назначения (цели). Организационная сторона устанавливает структуру системы, учитывающую цели каждой из ее составных частей и реализует выполнение общей цели в соответствии с функциональным назначением. Чем в большей степени цель составной части соответствует цели всей системы, тем эффективность производственной системы выше. Метод, ориентированный на конечный результат, приводящий к существенному уменьшению внешних связей и упрощению решения проблемы согласования производства, называется программно-целевым. Он базируется на единстве двух аспектов: пространственной структуризации производственной системы и организации функционирования ее во времени.

При использовании программно-целевого метода для организации механосборочного производства реализуются три структурообразующих принципа [3]:

- предметный (пространственная концентрация производства однородных деталей или сборочных единиц, т. е. предметная специализация цехов и участков);
- технологический (унификация технологических процессов изготовления

однородных деталей или сборочных единиц и, как результат, определенная концентрация, специализация и комплектность необходимого для этого оборудования или технологического оснащения);

– линейный (централизация выдачи цехам и участкам целевых программ на изготовление комплектного состава деталей изделия со стороны оперативного управления, что приводит к уменьшению во времени изготовления однородных изделий и сокращению цикла изготовления законченных изделий). Возможность реализации принципов программно-целевого метода при выборе формы структуры цеха в первую очередь зависит от: сложности выпускаемой продукции; программы выпуска; режима работы производства.

Существуют три формы структуры расположения оборудования основных цехов и участков машиностроительного производства. Одна форма используется при проектировании цехов и участков, специализирующихся по признаку выполняемых технологических процессов (литейные, кузнечные, механические, сварочные, гальванические и т. п.); другая – по признаку изготавливаемых изделий (деталей), когда в одном месте находится все оборудование, необходимое для полного изготовления сборочной единицы (детали). При поточном производстве в автоматических линиях применяется третья форма. Существующие формы осуществляются с помощью соответственно технологического, предметного и линейного принципов организации производственного процесса.

Обоснованный выбор состава его отделений и участков очень сложный вопрос, требующий тщательного анализа номенклатуры и объемов выпускаемой продукции, технологии их изготовления и организационных форм их выполнения.

В условиях массового и крупносерийного производства, где имеется целевая подетальная и предметная специализация цехов (цеха по производству двигателей, шасси и т. д.) и участков (участок изготовления деталей и сборки коленчатого вала с маховиком, участок изготовления деталей и сборки масляного насоса и др.), основной организационной формой является предметная форма. Такая структура, реализуемая предметно-специализированной поточной линией, обеспечивает прямоточность производственного процесса, когда в конце поточных линий обработки располагаются участки узловой сборки, а дальше выполняется сборка агрегатов или изделий.

Задача структуризации цехов средне- и мелкосерийного производства решается с учетом обширной номенклатуры деталей, изготавляемых последовательно на одних и тех же рабочих местах, что предопределяет технологическую специализацию участков, выполняющих однотипные операции.

В настоящее время организация производства предлагает предметную форму организации участков, имеющую ярко выраженную целевую направленность. На их долю приходится примерно 20 и 27 % общей

трудоемкости механообработки. Большая часть трудоемкости механообработки (около 53 %) приходится на долю участков с технологической формой специализации. Сложность и многообразие материальных потоков цехов, имеющих технологическую форму специализации участков, обусловлена числом деталемаршрутов между участками и цехами [3].

На подетальных и предметно-специализированных участках и линиях изготовление деталей можно вести по единичным и типовым технологическим процессам, однако наибольшая их эффективность достигается при использовании групповой технологии. В последнем случае обеспечиваются минимальные затраты времени на переход к изготовлению другой детали.

В условиях серийного производства создают подетально-специализированные механические цехи, подетально-специализированные участки, многономенклатурные групповые поточные линии. Эти же организационные формы наиболее эффективны и при создании гибких производственных систем.

В условиях единичного производства в небольших механических цехах могут создаваться участки, сформулированные по технологическому принципу. В крупных цехах единичного производства необходимо рассматривать целесообразность подетальной специализации участков.

Для оптимизации производственной структуры действующих и реконструируемых цехов удобно использовать метод графического моделирования материальных потоков, основанный на теории графов, рассматривающий различные формы взаимосвязей между отдельными пространственными элементами. Задача оптимизации заключается в том, чтобы на основе анализа и последующего синтеза обеспечить минимизацию числа производственных потоков путем перераспределения их напряженности.

Для выбора принципа формирования структуры можно использовать такой показатель, как степень кооперации, которую определяют исходя из среднего числа материальных связей между технологическим оборудованием [3]:

$$X = \sum_{i=1}^N \frac{K_i}{N}, \quad (7.1)$$

где  $K_i$  – число материальных связей, которые связывают  $i$ -е оборудование с остальным оборудованием;  $N$  – количество технологического оборудования в структурном подразделении.

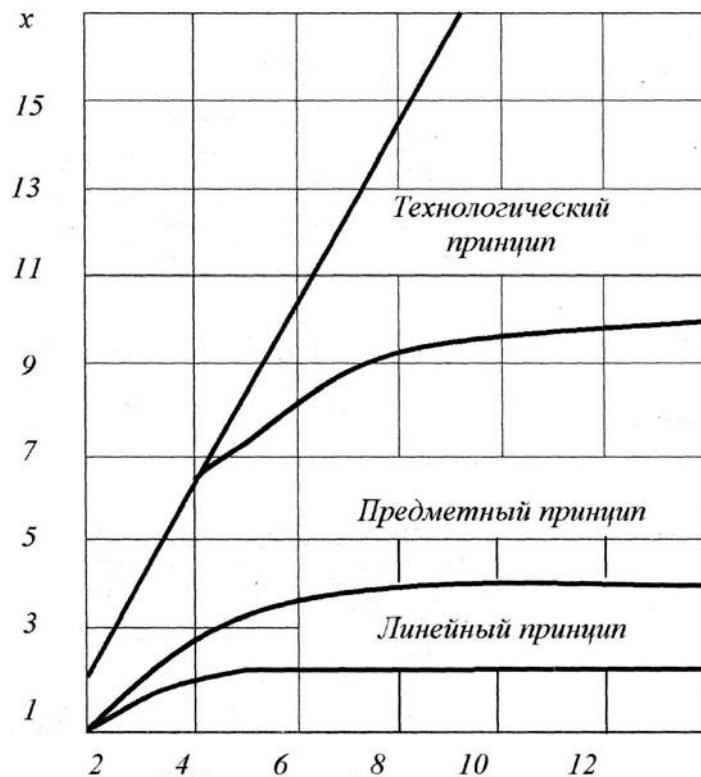


Рисунок 7.1 – График зависимости степени кооперации от количества оборудования на участке [2]

Пользуясь графиком (рисунок 7.1), зная количество материальных связей по производственному маршруту изготовления изделия, количество оборудования каждого типа и общее его число, можно выбрать принцип образования производственного подразделения.

При определении числа материальных связей учитывают грузопоток как от данного технологического оборудования, так и к нему. Дублирующие материальные связи учитываются однократно.

Для рассмотренных выше трех принципов формирования оборудования на участках возможны четыре границы [3]:

- нижняя граница линейного принципа;
- граница между линейными и предметно-однонаправленными принципами;
- граница между предметно-разнонаправленными технологическим принципами;
- верхняя граница технологического принципа.

Указанные границы устанавливают исходя из принципиальных схем формирования производственных подразделений (рисунок 7.2), по которым определяют число материальных связей и степень кооперации

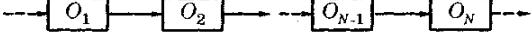
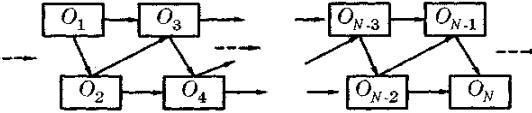
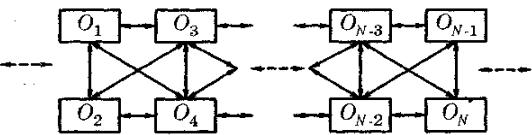
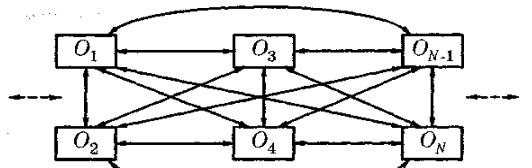
Нижняя граница линейного принципа	 $\sum k_i = (N - 2)2 + 2 \cdot 1 = 2N - 2; x = \frac{2N - 2}{N} = 2 - \frac{2}{N}$
Граница между линейным и предметно-однонаправленным принципами	 $\sum k_i = (N - 4)4 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 2 = 4N - 6;$ $x = \frac{4N - 6}{N} = 4 - \frac{6}{N}$
Граница между предметно-разнонаправленным и технологическим принципами	 $\sum k_i = (N - 4)10 + 4 \cdot 6 = 10N - 16;$ $x = \frac{10N - 16}{N} = 10 - \frac{16}{N}$
Верхняя граница технологического принципа	 $\sum k_i = 2N(N - 1); x = \frac{2N(N - 1)}{N} = 2N - 2$

Рисунок 7.2 – Принципиальные схемы формирования производственных подразделений [2]

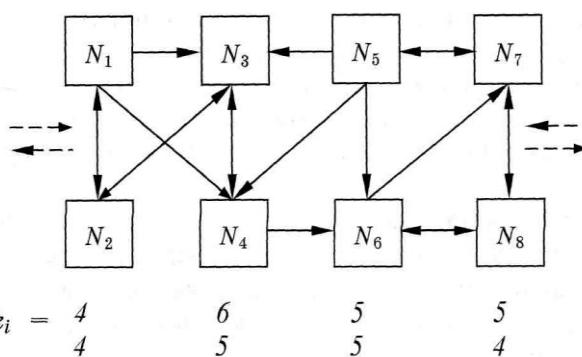


Рисунок 7.3 – Схема расположения технологического оборудования на производственном участке [32]

**Пример:** На рисунке 7.3 приведена схема расположения технологического оборудования на производственном участке, на которой показаны материальные связи между оборудованием согласно технологическому процессу изготовления детали [31]. Необходимо рассчитать тakt выпуска, производительность линии и тakt выпуска для каждой схемы.

**Решение:** технологические маршруты изготовления изделия рассматривают последовательно для определения количества материальных связей с каждым станком. Определенные связи заносят в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты расчетов по выбору принципа формирования производственных участков

Номер станка	Материальная связь с другими станками	$\Sigma K_i$
1	2,2,3,4	4
2	1,1,3,3	4
3	1,2,2,4,4,5	6
4	1,3,3,5,6	5
5	3,4,6,7,7	5
6	4,5,7,8,8	5
7	5,5,6,8,8	5
8	6,6,7,7	4

После определения числа связей для каждого станка их суммируют:

$$\Sigma K_i = 4 + 4 + 6 + 5 + 5 + 5 + 4 = 38.$$

Затем определяют степень кооперации:

$$X = 38/8 = 4,7.$$

В соответствии с рисунком 7.1 определяют предметный принцип формирования участка.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учеб. пособие / В. М. Балашов [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 200 с.
2. Проектирование участков и цехов машиностроительных производств: учеб. пособие / под ред. проф. В. В. Морозова. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 452 с.
3. Мельников, Г.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебник / Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко; под ред. А. М. Дальского. – Москва: Машиностроение, 1990. – 352 с.
4. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник для вуза / А. А. Маталин. – Санкт-Петербург: «Лань», 2024 – 512 с.
5. Соколова, И. А. Проектирование машиностроительных производств: учеб.-метод. пособие для выполнения практических занятий / И. А. Соколова. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2016. – 94 с.
6. Соколова, И. А. Проектирование машиностроительных производств: учеб.-метод. пособие / И. А. Соколова. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 62 с.
7. Соколова, И.А. Проектирование предприятий, цехов, участков реновационного производства, автоматизация проектирования функционально завершенного жизненного цикла объектов реновации: учеб. пособие / И. А. Соколова. – Калининград: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 182 с.
8. Соколова, И. А. Проектирование предприятий, цехов, участков реновационного производства, автоматизация проектирования функционально: метод. указания к выполнению практических работ для студентов очной и заочной форм обучения / И.А. Соколова. – Калининград: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 82 с.
9. Соколова, И. А., Перспективные технологии и экономика реновации в машиностроении: учебно-методическое пособие по практическим занятиям / И. А. Соколова. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 131 с.
10. Компьютерная графика в САПР: учеб. пособие / А. В. Приёмышев [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 196 с.
11. Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.]. – Москва: Машиностроение, 2005. – 664 с.
12. Красовский А. И. Основы проектирования сварочных цехов / А. И. Красовский. – Москва: Машиностроение. – 1980. – 319 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **Приложение А** **ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **Варианты для выполнения задания № 1**

##### **Вариант 1**

Для изготовления партии вала-шестерни (5000 штук) установить наименование и структуру операции, записать её содержание в технологическом процессе. Подобрать металлорежущий станок записать содержание операции по переходам. Рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки. Наименование операции: токарная черновая и чистовая.

Станок: токарно-винторезный станок 16К20.

Содержание операции по переходам:

1. Установить заготовку в патрон и поджать центром.
2. Подрезать торец в размер.
3. Точить наружный диаметр начерно с припуском 0,5 мм.
4. Точить наружный диаметр начисто в размер.
5. Точить канавки согласно техническим требованиям.
6. Снять фаски.

##### **Вариант 2**

Для изготовления партии крышки корпуса (8000 шт.) установить наименования и структуру операции и записать ее содержание в технологический процесс. Подобрать металлорежущий станок записать содержание операции по переходам. Рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: фрезерно-сверлильная.

Станок: вертикально-фрезерный станок 6Р13Ф3 (с ЧПУ).

Содержание операции по переходам:

1. Установить и закрепить заготовку на столе станка.
2. Фрезеровать плоскость основания в размер.
3. Сверлить 4 отверстия под крепёж.
4. Зенкеровать отверстия.
5. Нарезать резьбу в отверстии метчиком.

##### **Вариант 3**

Для изготовления фланца (15000 тук) установить наименование и структуру операции и записать её содержание в технологический процесс. Подобрать металлорежущий станок, записать содержание операции по переходам. Рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: токарная обработка.

Станок: токарный станок 16К20Ф3 (с ЧПУ).

Содержание операции по переходам:

1. Установить заготовку в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон.
2. Подрезать торец.
3. Расточить центральное отверстия начерно.
4. Точить наружный диаметр.
5. Сверлить и расточить отверстия по окружности.
6. Снять фаски.

#### Вариант 4

Для изготовления партии шпильки (25000 шт.) установить наименование и структуру операции и записать её содержание в технологический процесс. Подобрать металлорежущий станок, записать содержание операции по переходам. Рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: токарно-резьбонарезная обработка.

Станок: токарный автомат продольного точения.

Содержание операции по переходам:

1. Подать пруток до упора.
2. Отрезать заготовку.
3. Точить стержень до номинального размера диаметра.
4. Нарезать резьбу с двух сторон плашкой или резьбой.
5. Снять фаски.

#### Вариант 5

Для изготовления партии плиты основания в количестве 3000 штук установить наименование и структуру операции и записать её содержание в технологический процесс. Подобрать металлорежущий станок, записать содержание операции по переходам. Рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: фрезерная

Станок: Горизонтально-фрезерный станок 6М82Г.

Содержание операции по переходам:

1. Установить и замерить заготовку на столе станка.
2. Фрезеровать плоскость А начисто.
3. Фрезеровать паз шириной 20 мм.
4. Фрезеровать два ласточкина хвоста.
5. Зачистить заусенцы.

#### Вариант 6

Для изготовления зубчатого колеса (12000 шт.) определить наименование и структуру операции технологического процесса, записать её содержание по переходам. Подобрать металлорежущий станок, рассчитать оперативное и

штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: зубонарезная.

Станок: зубофрезерный станок 5К32

Содержание операций по переходам:

1. Установить и закрепить заготовку на оправке.
2. Настроить станок на модуль и число зубьев.
3. Нарезать зубья начерно.
4. Фрезеровать зубья на полный профиль начисто.
5. Снять заготовку

### Вариант 7

Для изготовления партии конусной втулки (7000 шт.) определить наименование и структуру операции технологического процесса, записать её содержание по переходам. Подобрать металлорежущий станок, рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: Токарно-расточная.

Станок: Токарно-винторезный станок 16К20.

Содержание операции по переходам:

1. Установить заготовку в патрон за наружный диаметр.
2. Расточить отверстие начерно.
3. Расточить конусное отверстие начисто по шаблону.
4. Подрезать торец.
5. Точить наружный диаметр.
6. Снять фаски.

### Задание 8

Для изготовления партии корпуса подшипника (5000 штук) определить наименование и структуру операции технологического процесса, записать её содержание по переходам. Подобрать металлорежущий станок, рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: сверлильно-расточная.

Станок: координатно-расточной станок 2Е450.

Содержание операции по переходам:

1. Установить и выверить корпус на столе станка.
2. Центровать отверстия.
3. Сверлить отверстия в размер.
4. Расточить посадочные отверстия под подшипники в размер с требуемой точностью и шероховатостью.
5. Зенковать фаски.

### Задание 9

Для изготовления партии кулачка (6000 шт.) определить наименование и структуру операции технологического процесса, записать её содержание по переходам. Подобрать металлорежущий станок, рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: Фрезерование профиля.

Станок: Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ, например, DMG Mori CMX 600 V.

Содержание операции по переходам:

1. Установить и закрепить заготовку в тисках.
2. Фрезеровать наружный криволинейный профиль по программе.
3. Фрезеровать паз.
4. Сверлить центральное отверстие.
5. Развернуть отверстие в размер.

### Задание 10

Для изготовления партии кольца стопорного (40000 штук) определить наименование и структуру операции технологического процесса, записать её содержание по переходам. Подобрать металлорежущий станок, рассчитать оперативное и штучно-калькуляционное время на операцию, количество оборудования и коэффициент его загрузки.

Наименование операции: Отрезка и сверление.

Станок: Токарный автомат (прутковый).

Содержание операции по переходам:

1. Подать пруток до упора.
2. Отрезать заготовку на ширину кольца.
3. Центровать торец.
4. Сверлить отверстие.
5. Расточить отверстие до нужного диаметра.
6. Снять фаску.

## **Варианты для выполнения задания № 2**

### **Вариант 1**

Для восстановления посадочных мест под сальники 800 коленчатых валов из стали 45Х диаметром 60 мм, длиной 30 мм и износом 1,5 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: Автоматическая наплавка под слоем флюса (например, проволока Св-08А + флюс АН-348).

Выбор обусловлен высоким качеством наплавленного слоя, минимальным проплавлением и высокой производительностью.

Оборудование: трактор типа А-384 или А-580 для наплавки под флюсом. Станок-кантователь для вращения вала.

Режимы: диаметр проволоки: 2.0 мм; сила тока: 250–300 А; напряжение дуги: 28–32 В; скорость подачи проволоки: 120 м/ч.

Расчет скорости наплавки: принимается ~25 м/ч.

Расчет ведется исходя из требуемого сечения наплавленного слоя и производительности наплавки.

Штучно-калькуляционное время: ~25–30 мин на вал (установка, наплавка, съем).

Количество оборудования: 1 комплект (трактор + кантователь).

Занимаемая площадь: 10–12 м<sup>2</sup> (с учетом зоны хранения и подготовки).

### **Вариант 2**

Для восстановления направляющих 500 станин станков из серого чугуна СЧ20 длиной 1500 мм, шириной 50 мм и износом 3 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: наплавка порошковой проволокой ПП-АН122 (для чугуна). Позволяет получить бесспористый слой без предварительного подогрева.

Оборудование: универсальный сварочный трактор или манипулятор с источником тока ВДУ-506.

Режимы: сила тока: 180-220 А; напряжение: 24–26; скорость наплавки: 15–18 м/ч; Расчет скорости наплавки: ~16 м/ч, исходя из большого объема наплавляемого металла.

Штучно-калькуляционное время: ~2.5 часа на станину.

Количество оборудования: 2 комплекта для обеспечения графика.

Занимаемая площадь: 20 м<sup>2</sup> на каждый пост (с учетом габаритов станины).

### Вариант 3

Для восстановления шестерен 1200 штук из стали 20Х с износом зубьев по толщине 1,2 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: вибродуговая наплавка (например, головка А-384 с вибратором). Обеспечивает малую глубину проплавления и минимальную деформацию.

Оборудование: вибродуговая наплавочная головка, источник тока ИВ-500М, станок для вращения шестерни.

Режимы: диаметр проволоки: 1.6 мм (Св-08А); сила тока: 120–140 А; напряжение: 18–20 В; частота вибрации: 50 Гц

Расчет скорости наплавки: ~1.2 м/мин на один зуб.

Штучно-калькуляционное время: ~15 мин на шестерню (в зависимости от количества зубьев).

Количество оборудования: 2 наплавочных поста.

Занимаемая площадь: 8 м<sup>2</sup> на пост.

### Вариант 4

Для восстановления цилиндрических поверхностей 2000 гильз гидроцилиндров из стали 40Х диаметром 80 мм, длиной 300 мм и износом 1 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: наплавка в среде углекислого газа (СО<sub>2</sub>) проволокой Св-08Г2С. Высокая производительность и защита от окисления.

Оборудование: автомат для наплавки вращающихся тел (например, А-765), источник питания ВД-306.

Режимы: диаметр проволоки: 1,4 мм; сила тока: 160-180 А; напряжение: 24-26 В; скорость вращения: 2,5 об/мин.

Расчет скорости наплавки: ~25 м/ч.

Штучно-калькуляционное время: ~20 мин на гильзу.

Количество оборудования: 1 автомат.

Занимаемая площадь: 9 м<sup>2</sup>.

### Вариант 5

Для восстановления бабы 1500 тяжелых молотков из стали 55 с износом бойковой части 4 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: ручная дуговая наплавка толстопокрытыми электродами (например, УОНИ-13/55 или ОЗН-400). Универсальность для сложнопрофильных деталей.

Оборудование: пост ручной сварки (источник СВАРОГ TECH ARC 205 или аналог), поворотный стол.

Режимы: диаметр электрода: 4 мм; сила тока: 160–180 А.

Расчет скорости наплавки: определяется массой наплавленного металла, ~1,2 кг/ч.

Штучно-калькуляционное время: ~40 мин на молоток.

Количество оборудования: 3 сварочных поста.

Занимаемая площадь: 6 м<sup>2</sup> на пост.

### Задание 6

Для восстановления рабочих лопаток 3000 роторов турбин из жаропрочного сплава ЭИ437Б с износом по торцу 1,5 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: аргонодуговая наплавки с присадочной проволокой из жаропрочного сплава. Обеспечивает точное дозирование и высокое качество без окисления.

Оборудование: установка TIG-сварки (источник постоянного тока, горелка), оснастка для фиксации лопаток.

Режимы: сила тока: 80–100 А; расход аргона: 8–10 л/мин; диаметр присадки: 1.6 мм.

Расчет скорости наплавки: ~0.8 м/мин.

Штучно-калькуляционное время: ~10 мин на лопатку.

Количество оборудования: 4 поста.

Занимаемая площадь: 5 м<sup>2</sup> на пост.

### Задание 7

Для восстановления шлицевых частей 1800 полуосей автомобилей из стали 40Х с износом по боковым сторонам шлицов 0.8 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: наплавка под флюсом в два слоя. Первый слой – для набора металла, второй – для точного профиля.

Оборудование: специализированный полуавтомат с флюсовой аппаратурой и вращателем.

Режимы: диаметр проволоки: 1,6–2,0 мм; сила тока: 200–250 А; напряжение: 26–28 В.

Расчет скорости наплавки: ~20 м/ч.

Штучно-калькуляционное время: ~30 мин на полуось.

Количество оборудования: 1 автомат.

Занимаемая площадь: 10 м<sup>2</sup>.

### Задание 8

Для восстановления гнезд под клапаны 6000 головок блока цилиндров из алюминиевого сплава АЛ4 с износом 0,5 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: аргонодуговая наплавка на постоянном токе прямой полярности с присадочным прутком из алюминиевого сплава.

Оборудование: ТIG-установка, специализированная оснастка для фиксации и центрирования головки блока.

Режимы: сила тока: 90–110 А, диаметр вольфрамового электрода: 2,4 мм; расход аргона: 10–12 л/мин.

Расчет скорости наплавки: ~0,5 м/мин.

Штучно-калькуляционное время: ~15 мин на гнездо (4 гнезда на головку ~60 мин).

Количество оборудования: 3 поста.

Занимаемая площадь: 7 м<sup>2</sup> на пост.

### Задание 9

Для восстановления конических поверхностей 900 опорных чашек из стали 35 с износом 2,2 мм необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: электродуговая наплавка порошковой проволокой ПП-АН101 в среде СО<sub>2</sub>. Хорошая форма валика и производительность.

Оборудование: Полуавтомат (например, KemppiPro 5000), вращатель с наклоном для конической поверхности.

Режимы: диаметр проволоки: 1,6 мм; сила тока: 180–200 А; напряжение: 24–26 В.

Расчет скорости наплавки: ~18 м/ч.

Штучно-калькуляционное время: ~25 мин на чашку.

Количество оборудования: 1 полуавтомат.

Занимаемая площадь: 8 м<sup>2</sup>.

### Задание 10

Для восстановления резьбовых отверстий 7000 фланцев из ковкого чугуна КЧ30 с срывом резьбы на 2 нитки необходимо выбрать способ наплавки, подобрать оборудование, режимы, рассчитать скорость наплавки, необходимое для наплавки штучно-калькуляционное время, количество оборудования и площадь, им занимаемую.

Способ наплавки: Ручная дуговая наплавка электродами для чугуна (например, ОЗЧ-2). Позволяет аккуратно заполнить отверстие с последующим сверлением и нарезанием резьбы.

Оборудование: пост ручной сварки (источник типа TRANSITARC 180), стол с оснасткой.

Режимы: диаметр электрода: 3 мм; сила тока: 90-110 А.

Расчет скорости наплавки: Определяется временем заполнения одного отверстия.

Штучно-калькуляционное время: ~8-10 мин на отверстие.

Количество оборудования: 4 сварочных поста.

Занимаемая площадь: 5 м<sup>2</sup> на пост.

### **Варианты для выполнения занятия № 3**

#### **Вариант 1**

Выполнить планировку механического участка изготовления корпуса редуктора (3000 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления корпуса редуктора необходимо выбрать металлорежущее оборудование (токарные, фрезерные, сверлильные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния от стен и колонн, между крупногабаритным оборудованием, выбрать места для хранения массивных заготовок (литья) и готовых деталей, а также для контрольных пунктов. Уточнить параметры участка в зависимости от использования мостовых кранов, средств эвакуации и техники безопасности при работе с тяжелыми заготовками. Проставить размеры.

#### **Вариант 2**

Выполнить планировку механического участка изготовления фланца трубопроводный (15000 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления фланца трубопроводного (крупносерийное производство) необходимо выбрать металлорежущее оборудование (токарные станки с ЧПУ). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния между оборудованием с учетом автоматической подачи заготовок, выбрать места для стеллажного хранения заготовок-поковок и готовой продукции, а также для выборочного контроля. Уточнить параметры участка в зависимости от систем пневмоотвода стружки, роботизированных тележек и средств защиты от шума. Проставить размеры.

#### **Вариант 3**

Выполнить планировку механического участка изготовления крышки подшипникового узла (5000 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления крышки подшипникового узла необходимо выбрать металлорежущее оборудование (токарные, расточные, сверлильные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния от несущих

колонн и проходов, между оборудованием, выбрать места для хранения заготовок (штамповок) и готовых деталей, а также для контрольных пунктов с измерительными приборами. Уточнить параметры участка в зависимости от внутрицехового транспорта (электрокары) и требований к освещенности рабочих мест. Проставить размеры.

#### Вариант 4

Выполнить планировку механического участка изготовления шпинделя станка (150 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления шпинделя (ответственная деталь) необходимо выбрать высокоточное металлорежущее оборудование (токарные, шлифовальные, зубообрабатывающие станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния между оборудованием с учетом виброзоляции, выбрать места для хранения точных заготовок и готовых деталей в специализированной таре, а также для участков окончательного контроля. Уточнить параметры участка в зависимости от требований к чистоте воздуха, систем кондиционирования и организации рабочих зон. Проставить размеры.

#### Вариант 5

Выполнить планировку механического участка изготовления станины станка (200 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления станины станка необходимо выбрать металлорежущее оборудование для обработки крупных плоскостей и пазов (продольно-фрезерные, строгальные, сверлильные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния от стен и между оборудованием с учетом его крупных габаритов, выбрать места для хранения заготовок (сварных конструкций или литья) и готовых станин, а также для контрольных пунктов с поверочными плитами. Уточнить параметры участка в зависимости от мощных грузоподъемных средств (кран-балки) и обеспечения безопасных проходов. Проставить размеры.

#### Вариант 6

Выполнить планировку механического участка изготовления диска турбины (800 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления диска турбины из жаропрочного сплава необходимо выбрать металлорежущее оборудование (токарные, фрезерные станки с ЧПУ). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния между оборудованием с учетом обслуживания и ремонта, выбрать места для хранения дорогостоящих заготовок и готовых деталей в условиях повышенных требований к сохранности, а также для участков неразрушающего контроля (дефектоскопии). Уточнить параметры участка в зависимости от систем пожаротушения и средств защиты от летящей стружки. Проставить размеры.

### Вариант 7

Выполнить планировку механического участка изготовления корпуса клапана (5000 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления корпуса клапана (серийное производство) необходимо выбрать металлорежущее оборудование (обрабатывающие центры, токарные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния между оборудованием в составе гибкой производственной ячейки, выбрать места для хранения заготовок (литья) и готовых деталей, а также для постов операционного контроля. Уточнить параметры участка в зависимости от систем подачи СОЖ, организации складских зон и требований к электробезопасности. Проставить размеры.

### Вариант 8

Выполнить планировку механического участка изготовления шестерни зубчатой передачи (12000 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления шестерни зубчатой передачи необходимо выбрать металлорежущее оборудование (зубофрезерные, токарные, зубодолбечные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния от стен и между оборудованием с учетом его специфики, выбрать места для хранения заготовок и готовых шестерен, а также для контроля зубчатого венца. Уточнить параметры участка в зависимости от уровня шума, систем вентиляции и средств индивидуальной защиты рабочих. Проставить размеры.

### Вариант 9

Выполнить планировку механического участка изготовления пальца соединительного (10000 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления пальца соединительного (массовое производство) необходимо выбрать металлорежущее оборудование (токарные автоматы, шлифовальные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния между автоматическими станками в поточной линии, выбрать места для хранения прутковых заготовок и готовой продукции, а также для статистического контроля качества. Уточнить параметры участка в зависимости от систем автоматической транспортировки, ограждений и средств локализации аварийных ситуаций. Выполнить планировку механического участка изготовления. Проставить размеры.

### Вариант 10

Выполнить планировку механического участка изготовления плунжера гидроцилиндра (500 шт.). В процессе проектирования технологического процесса изготовления плунжера гидроцилиндра (высокие требования к чистоте поверхности) необходимо выбрать металлорежущее и отделочное оборудование (токарные, шлифовальные, хонинговальные станки). Пользуясь нормативами и рекомендациями, определить расстояния между оборудованием с учетом технологических потоков, выбрать места для хранения заготовок и

готовых деталей с защитой от повреждений и коррозии, а также для контроля шероховатости и геометрии. Уточнить параметры участка в зависимости от требований к чистоте производственной среды, организации рабочих мест и профилактики травматизма. Выполнить планировку механического участка изготовления. Проставить размеры.

## **Варианты для выполнения занятия № 4**

### **Вариант 1**

Для кованной шестерни из стали 40ХН ( $m= 10$ ,  $z=50$ ) весом 85 кг необходимо: провести улучшение (объёмная закалка + отпуск высокий) после черновой механической обработки; назначить режимы (температуру, время среды охлаждения) для получения твердости  $269 \div 302$  НВ ( $\sim 28 \div 32$  HRC) по всему сечению; подобрать основное (печи, закалочный бак) и вспомогательное оборудование и рассчитать требуемое количество печей, исходя из времени цикла и годовой программы (работа в 1 смену). Предложите план расстановки оборудования на участке для термообработки 250 деталей в год с учетом использования мостового крана.

### **Вариант 2**

Для штампованных рычагов управления (штамповка горячая) из стали 45 весом 2,1 кг необходимо: провести нормализацию после штамповки (до механической обработки) для исправления структуры и твердости 179-207 НВ; назначить режимы нормализации; подобрать оборудование для высокопроизводительной нормализации (например, методическая печь или конвейерная установка) и вспомогательное оборудование, рассчитать производительность линии и необходимое количество единиц оборудования на годовую программу 15 000 деталей; разработайте планировку участка с зонами загрузки и выгрузки.

### **Вариант 3**

Для обработки вала редуктора из стали 30ХГСА после проката весом 12,5 кг необходимо: провести улучшение (закалка + высокий отпуск) после чистовой механической обработки для получения высоких прочностных характеристик и твердости 36-40 HRC; назначить режимы улучшения с учетом высокой прочности этой стали; подобрать оборудование (печь с защитной атмосферой для предотвращения обезуглероживания, закалочный бак); рассчитайте количество оборудования для работы в 2 смены; предложите планировку участка, включающую зону контроля твердости, для 1800 деталей годовой программы выпуска.

#### Вариант 4

Для термической обработки зубчатых колес из стали 20Х (m = 2) весом 0,45 кг после прокатки необходимо: провести химико-термическую обработку(цементацию на глубину 0,8 ÷ 1.0 мм с последующей закалкой и низким отпуском) для получения твердости поверхности 58÷62 HRC; подобрать основное (цементационная печь, закалочный бак, печь отпуска) и вспомогательное оборудование (моечная машина); рассчитать необходимое количество цементационных печей, исходя из длительности процесса; разработать планировку поточного участка цементации для годовой программы выпуска 50 000 деталей.

#### Вариант 5

Для термической обработки литой крышки корпуса из стали 35Л весом 150 кг необходимо: выполнить отжиг для снятия литейных напряжений и подготовки структуры к обработке (до механической обработки) для достижения твердости не более 160 НВ; назначить режимы отжига (температура, скорость нагрева и охлаждения); подобрать крупногабаритную камерную печь и оборудование для транспортировки; рассчитать время одного цикла и необходимое количество печей; предложить планировку участка с учетом малой годовой программы выпуска в 80 деталей, но крупных размеров деталей.

#### Вариант 6

Для термической обработки червяка из стали 38Х2МЮА, после прокатки, весом 8,7 кг необходимо: провести улучшение (после черновой обработки) + Азотирование (после чистовой обработки и шлифовки) для получения твердости сердцевины – 269–302 НВ, а поверхности – не менее 900 HV; назначить режимы улучшения и азотирования; подобрать оборудование для улучшения и азотирования (азотная печь); рассчитать количество азотных печей, учитывая длительность процесса (20–60 ч); разработать планировку участка, разделенную на зоны предварительной термообработки и химико-термической обработки для годовой программы выпуска в количестве 3000 деталей.

#### Вариант 7

Для термической обработки пружины из стали 60С2ХА весом 0,25 кг после проката необходимо: провести закалку + средний отпуск для получения свойства упругости и достижения требуемой твердости 43 ÷ 48 HRC; назначить режимы закалки и отпуска; подобрать оборудование (печь, закалочный бак, печь отпуска) для высокопроизводительной обработки; рассчитать количество линий или печей для выполнения годовой программы 25000 деталей; предложить планировку участка с учетом необходимости защиты деталей от коррозии после закалки.

### Вариант 8

Для термической обработки нагруженных болтов М20x120 из стали 35 весом 0,3 кг после холодной высадки необходимо: провести объемную закалку + средний отпуск для повышения прочности и получения требуемой твердости 32÷38 HRC; назначить режимы термической обработки, учитывая малое сечение, предложите среду охлаждения, минимизирующую деформацию; подобрать высокопроизводительное оборудование (например, конвейерная печь с закалочным баком и поддоном); рассчитать необходимое количество оборудования для годовой программы 100 000 деталей; разработать планировку поточного участка термообработки крепежа.

### Вариант 9

Для термической обработки шестерни из стали 40Х (заготовка – поковка) весом 5,5 кгс упрочнением ТВЧ необходимо: выполнить улучшение (после черновой обработки) + поверхностную закалку ТВЧ зубчатого венца (после чистовой обработки) для достижения требуемой твердости сердцевины – 28÷32 HRC, поверхность зубьев должна – 50÷55 HRC; назначить режимы улучшения и ТВЧ (температура, время, охлаждение); подобрать оборудование для улучшения и ТВЧ-установку; рассчитать необходимое количество ТВЧ-установок, исходя из времени на операцию для годовой программы 8000 деталей; разработать планировку участка, объединяющую зоны объемной и поверхностной термообработки.

### Вариант 10

Для термической обработки матрицы штампа для холодной штамповки из стали У8 весом 3,2 кг после проката необходимо выполнить объемную закалку + низкий отпуск для получения высокой твердости 58÷62 HRC и износостойкости; назначить режимы закалки и отпуска; указать меры по предотвращению обезуглероживания и трещин; подобрать оборудование (муфельная или вакуумная печь); рассчитать необходимое количество печей для работы в 1 смену и выполнения годовой программы выпуска 1200 деталей; предложить компактную планировку инструментального участка термообработки.

## Задания для выполнения занятия № 5

### Вариант 1

Для гальванической операции покрытия Ц.хр.м 9 кронштейна крепления из стали Ст3 (15 кг, 400x300x100 мм), с целью защиты от коррозии в атмосферных условиях, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже, предложить этапы технологического процесса, например, обезжикивание щелочное (60 °C, 10 мин), травление в 15 % HCl (комп. темп., 5–10 мин), цинкование в кислом электролите (рН=4–5, i<sub>к</sub>=1-2 А/дм<sup>2</sup>, 20 °C, ~30 мин для 9 мкм), хроматирование (20-40 сек); выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить

планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 12000 деталей.

### Вариант 2

Для гальванической операции покрытия Хим.NiP 15 вала из стали 45(8 кг, Ø60x500 мм), с целью повышения износостойкости и коррозионной стойкости, защиты от абразив, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже, предложить этапы технологического процесса, например, особо тщательное обезжиривание, травление в HCl, активация в слабом растворе HCl, нанесение NiP (85–90 °C, pH=4.5–5.0, осаждение ~15 мкм/ч, обязательная термообработка для снятия водорода; выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 5000 деталей.

### Вариант 3

Для гальванической операции покрытия Кадм.хр. 12 ответственной пружины (0.5 кг) из стали 40Х с, целью защиты от коррозии, сохранения усталостной прочности, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже, предложить этапы технологического процесса, например, щадящее травление, кадмирование в цианидном электролите ( $i_k=1-3$  А/дм<sup>2</sup>, 20-30°C), строгое соблюдение техники безопасности из-за токсичности кадмия, обязательная термообработка для снятия водорода; выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 15000 деталей.

### Вариант 4

Для гальванической операции покрытия Хр.тв. 3 металлорежущего инструмента (фреза, 2 кг) из стали, с целью резкое повышение износостойкости и антифрикционных свойств, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже, предложить этапы технологического процесса, например, электрохимическое обезжиривание, хромирование из электролита на основе хромового ангидрида ( $i_k=50-60$  А/дм<sup>2</sup>, 55–60 °C), высокий расход энергии, обязательная термообработка для снятия водорода; выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 7000 деталей.

### Вариант 5

Для гальванической операции покрытия Н.б 25 корпусной детали аппаратуры (10 кг) из стали 12Х18Н10Т, с целью дополнительной защиты в особо агрессивных средах, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже, предложить этапы технологического процесса, например, декоративный вид активации в растворе соляной кислоты или электролитическая в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  для разрушения пассивной пленки, никелирование в электролите с блескообразователями ( $i_k=3-5 \text{ A}/\text{дм}^2$ , 50–60 °C), выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 8000 деталей.

### Вариант 6

Для гальванической операции покрытия Ц.хр.prm 15 пластинчатой рессоры (4 кг) из стали 65Г, с целью защиты от коррозии с дополнительным барьером (масло) для пружинных элементов, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже; предложить этапы технологического процесса, например, стандартное цинкование, хроматирование, погружение в консервационное масло (80 °C, 3–5 мин), обязательная термообработка для снятия водорода; выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 5000 деталей.

### Вариант 7

Для гальванической операции покрытия Олово 8 крепежа (болт М20x100, 0.4 кг) из стали 20, с целью защиты от коррозии, повышения паяемости, экологичности, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже; предложить этапы технологического процесса, например, обезжиривание, травление, лужение в кислом электролите ( $i_k=1-2 \text{ A}/\text{дм}^2$ , комн. темп.); выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 12000 деталей.

### Вариант 8

Для гальванической операции покрытия Медь.Н.Хр.м 30 детали шасси (20 кг) из стали 30ХГСА, с целью достижения высокой коррозионная стойкость и декоративного вида, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже; предложить этапы технологического процесса, например, меднение (кислый электролит,  $i_k=2-3 \text{ A}/\text{дм}^2$ ) -> никелирование ( $i_k=3-4 \text{ A}/\text{дм}^2$ ) -> хромирование ( $i_k=35-40 \text{ A}/\text{дм}^2$ ), обязательная термообработка для снятия водорода;

выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 2000 деталей.

### Вариант 9

Для гальванической операции покрытия Медь.Н.б.Хр.н 25 лицевой панели прибора (3 кг, 500x400 мм) из стали10, с целью получения декоративного покрытия с зеркальным блеском, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже; предложить этапы технологического процесса, например, нанесение блестящей меди -> блестящий никель (с блескообразователями) -> тонкий слой хрома (0.5–1 мкм); выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 3500 деталей.

### Вариант 10

Для гальванической операции покрытия Хим.Окс.ф 5 шестерни (5 кг) из стали 50, с целью декоративной отделки, защиты от коррозии в мягких условиях, необходимо: расшифровать обозначение на чертеже; предложить этапы технологического процесса, например, щелочное оксидирование («воронение») при температуре кипения (130–150 °C) в течение 30–90 мин, промывка, промасливание; выбрать соответствующие ванны и вспомогательное оборудование, провести расчёт количества ванн и выполнить планировку гальванического участка с расстановкой оборудования согласно принятым нормам на планировке для годовой программы выпуска 500 деталей.

## Приложение Б

### ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Контрольная работа  
допущена к защите:  
должность (звание), ученая степень  
Фамилия И.О.  
«\_\_\_» 202\_\_\_г.

Контрольная работа  
защищена  
должность (звание), ученая степень  
Фамилия И.О.  
«\_\_\_» 202\_\_\_г.

Контрольная работа

по дисциплине

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Шифр студента\_\_\_\_\_  
Вариант №\_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент гр.\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.  
«\_\_\_» 202\_\_\_г.

Калининград  
2025

Локальный электронный методический материал

Ирина Алексеевна Соколова  
Валерий Сергеевич Бедарев

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Редактор С. Кондрашова  
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 8,5. Печ. л. 6,7.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1