

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра машиностроения и транспорта**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Б1.Б.09**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Технология машиностроения**

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	4
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	5
4.3 Лабораторные работы.....	35
4.4 Практические занятия.....	35
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	35
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>36</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>37</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>37</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>37</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>38</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ .....	38
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата .....	41
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>42</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>42</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>43</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>46</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>47</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>48</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – приобретение обучающимся необходимого объема знаний в области проектирования, организации и расчета производственных систем механической обработки изделий.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение методов и принципов организации систем машиностроительного производства;
- решение задач, связанных с организацией на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	<b>знать:</b> - проблемы, связанные с машиностроительными производствами; <b>уметь:</b> - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами; <b>владеть:</b> - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения.
ПК-17	способность участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний, эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции	<b>знать:</b> - методы организации машиностроительных производств и рабочих мест; <b>уметь:</b> - организовывать на машиностроительных производствах рабочие места, их техническое оснащение, размещать оборудование, средства автоматизации, управления, контроля и испытаний; <b>владеть:</b> - навыками эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.09 Проектирование машиностроительного производства относится к базовой части.

Дисциплина «Проектирование машиностроительного производства» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как:

- «Оборудование машиностроительных производств»;
- «Основы технологии машиностроения»;

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, «Проектирование машиностроительного производства» представляет основу для изучения дисциплин:

- «Технология машиностроения»;
- «Технологическая оснастка».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
Очная	4	7	108	51	17	-	34	57	-	зачет
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			7
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>51</b>
Лекции (Лк)	17	17	17
Практические занятия (ПЗ)	34	-	34
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	<b>57</b>	<b>-</b>	<b>57</b>
Подготовка к практическим занятиям	29	-	29
Подготовка к зачету	28	-	28
<b>III. Промежуточная аттестация зачет</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>+</b>
Общая трудоемкость дисциплины ..... час.	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>108</b>
зач. ед.	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>3</b>

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	Практические занятия	
<b>1.</b>	<b>Основы проектирования машиностроительных производств</b>	<b>29</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>18</b>
1.1.	Задачи проектирования и производственное деление предприятия	7	1	-	6
1.2.	Общие вопросы проектирования машиностроительных производств	8	2	-	6
1.3.	Проектирование основной системы машиностроительных производств	14	2	6	6
<b>2.</b>	<b>Вспомогательные системы машиностроительного производства</b>	<b>49</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>21</b>
2.1.	Заготовительное, инструментальное и контрольное отделения	22	2	12	8
2.2.	Отделения ремонта, приготовления и раздачи СОЖ, удаления и переработки стружки	20	2	10	8
2.3.	Склады	7	2	-	5
<b>3.</b>	<b>Компоновка цехов и транспортная система производства</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>18</b>
3.1.	Компоновка механических и сборочных цехов	14	2	6	6
3.2.	Классификация транспортных систем	8	2	-	6
3.3.	Крановое оборудование, подвесной и напольный транспорт	8	2	-	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>57</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1. Основы проектирования машиностроительных производств

#### Тема 1.1. Задачи проектирования и производственное деление предприятия (лекция – дискуссия 1 час)

**Производственным процессом** в машиностроении называют совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий. В основу производственного процесса положен технологический процесс изготовления изделий, во время которого происходит изменение качественного состояния объекта производства. Для обеспечения бесперебойного выполнения технологического процесса изготовления изделия необходимы также вспомогательные процессы.

Основные этапы производственного процесса:

- получение и складирование заготовок;
- доставка заготовок к рабочим позициям;
- различные виды механической обработки;
- перемещение полуфабрикатов между рабочими позициями;
- контроль качества;
- хранение на складах;
- сборка изделий;
- испытание, регулировка;
- окраска, отделка, упаковка и отправка.

Различные этапы производственного процесса на машиностроительном заводе могут выполняться в отдельных цехах или в одном цехе. В первом случае производственный процесс изготовления продукции делают на части и соответственно называют производственным процессом, выполняемым в заготовительном, сборочном, механическом или ином цехе. Во втором случае процесс называют **комплексным производством**.

Производственные процессы делятся на поточные и непоточные.

**Поточный производственный процесс** – это такой процесс, при котором заготовки, детали или собираемые изделия в ходе их изготовления находятся в движении, причем это движение осуществляется **с постоянным тактом** в рассматриваемый промежуток времени. Это значит, что поступившая, например, на первую операцию заготовка, сразу же после окончания ее передается на вторую, после второй на третью и так далее до последней операции. Время пролеживания полуфабриката между операциями в таких случаях равно или кратно такту.

**Непоточный производственный процесс** – это такой процесс, при котором заготовки, детали или собираемые изделия в ходе их изготовления находятся в движении с различной продолжительностью операций и времени пролеживания между операциями.

Местом реализации производственного процесса является производственный цех, производственный участок и рабочее место (позиция).

**Производственный цех** – это производственное административно-хозяйственное обособленное подразделение завода, включающее в себя производственные участки, вспомогательные подразделения, служебные и бытовые помещения, а также помещения общественных организаций. При этом состав производственных участков и вспомогательных подразделений определяется конструкцией изготавливаемых изделий, технологическим процессом, программой выпуска и организацией производства.

**Производственный участок** – это часть объема цеха, в котором расположены рабочие места, объединенные транспортно-накопительными устройствами; средства технического, инструментального и метрологического обслуживания; средства управления участком и охраны труда и на котором осуществляются технические процессы изготовления изделий определенного назначения.

**Рабочее место** – это элементарная единица структура предприятия, на которой размещаются основное оборудование, накопители с полуфабрикатами, средства охраны труда, средства автоматической загрузки и разгрузки оборудования (роботы, манипуляторы), средства технического обслуживания, элементы системы управления.

Календарное время изготовления изделий от начала производственного процесса до его окончания называется **производственным циклом**.

**Программа выпуска** – совокупность изделий установленной номенклатуры, выпускаемых в заданном объеме в год.

**Объем выпуска** – число изделий, подлежащих изготовлению в единицу времени (год, квартал, месяц).

**Производственная мощность** – максимально возможный выпуск продукции установленной номенклатуры и количества, который может быть осуществлен за определенный период времени при установленном режиме работы. Различают действительную и проектную мощность.

**Проектная мощность** – это установленная в проекте строительства и реконструкции производства производственная мощность, которая должна быть достигнута при условии обеспечения производства принятыми в проекте средствами производства, кадрами и организацией производства.

**Действительная мощность** – это мощность действующего производства. Она не является постоянной и зависит от технического уровня работающих, уровня использования основных и оборотных фондов, сменности работы, уровня механизации и автоматизации производства и других факторов.

Для реализации производственных процессов на предприятии предусмотрен **производственный штат работающих**, который разделяют на следующие категории:

- производственные (основные) рабочие, занятые непосредственно выполнением операций технологического процесса механообработки и сборки изделий, являющихся продукцией предприятия;
- вспомогательные рабочие, не принимающие непосредственного участия в реализации технологических процессов изготовления продукции предприятия, но занятые обслуживанием данных технологических процессов;
- инженерно-технические работники (ИТР), выполняющие обязанности по управлению, организации и подготовке производства и занимающие должности, для которых требуется квалификация инженера или техника;
- служащие, выполняющие в соответствии с занимаемой должностью административно-хозяйственные функции, решающие вопросы учета, статистики, финансирования и социально-бытовые вопросы.

Одним из показателей организации производственного процесса является **величина грузопотока** – это сумма однородных грузов (в тоннах или штуках), перемещаемых в определенном направлении между отдельными пунктами погрузки и выгрузки в единицу времени (час, смену, сутки и др.).

**Компоновка цеха** – это план, выполненный в заданном масштабе (обычно 1:100, 1:200 или 1:400, в зависимости от размера принятого здания) с нанесенными на нем границами производственных и вспомогательных участков, служебно-бытовых помещений, магистральных проездов, но без изображения детального расположения оборудования. Все размеры на компоновочном плане проставляются в миллиметрах.

**Планировка цеха (участка)** – это план взаимного расположения производственного, подъемно-транспортного и иного оборудования, инженерных сетей, рабочих мест, проездов и проходов, выполненный в заданном масштабе (обычно 1:50, 1:100 или 1:200). Все размеры на планировке проставляются в миллиметрах.

**Пролет** – это часть здания, ограниченная в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн. Машиностроительное производство, как правило, размещается в зданиях, имеющих несколько пролетов.

Машиностроительное предприятие представляет собой очень сложную организацию, структура и деятельность которой находятся в непосредственной зависимости от сложности конструкции и разнообразия выпускаемой продукции, характера технологического процесса ее изготовления и объема производства.

При проектировании предприятия одновременно разрабатывают и решают экономические, технические и организационные задачи.

К **техническим задачам** относятся:

- оценка технологичности изделий;
- проектирование технологических процессов обработки;
- подбор и расчет количества основного и вспомогательного оборудования;
- определение необходимого фонда рабочего времени и потребной рабочей силы;
- определение необходимого количества сырья, материалов, полуфабрикатов, топлива, энергии всех видов (электричества, газа, воды и т.д.);
- разработка вопросов транспорта, освещения, отопления, вентиляции, канализации;
- компоновка и планировка цеха;
- подсчет необходимых площадей;
- разработка генерального плана завода.

К **экономическим задачам** относятся:

- выяснение источников сырья, материалов, полуфабрикатов, топлива, энергоресурсов (электричества, газа, воды и т.д.);
- установление производственной программы предприятия с указанием номенклатуры изделий, их количества, веса, стоимости одного изделия и всего количества по программе;
- определение и выбор наиболее выгодной географической точки расположения завода;
- определение удельных приведенных затрат;
- определение необходимых размеров основных и оборотных средств, себестоимости продукции и эффективности затрат;
- решение вопросов финансирования предприятия;
- составление плана развертывания завода;
- выяснение потребности в жилищном и социально-культурном строительстве.

К **организационным задачам** относятся:

- разработка структуры управления завода;
- выбор принципов формирования производственных подразделений;
- распределение функций и связей между подразделениями и отдельными должностными лицами;
- разработка вопросов по организации труда;
- установление порядка документооборота (порядка прохождения заказа, документации, форм отчетности и контроля по цехам и всему заводу);
- разработка системы контроля за ходом производства;
- мероприятия по подготовке кадров;
- мероприятия по технике безопасности и охране окружающей среды.

**Производственное деление предприятия**

Состав предприятия определяется следующими факторами: объемом выпуска продукции, характером технического процесса, требованиями, предъявляемыми к качеству изделий, специализацией производства и кооперацией с другими предприятиями (например, если завод в порядке кооперации получает отливки со стороны, то в его составе не должно быть литейного цеха).

Состав цехов предприятия может быть определен исходя из следующего производственного деления заводов.

- Предприятия с **полным производственным циклом**, включающим все этапы изготовления машины. Такие заводы имеют все три основные группы цехов – заготовительные, обрабатывающие и сборочные.

- Предприятия, выпускающие **только заготовки** для различных деталей машин, которые поставляются на рудные машиностроительные заводы. Основные цеха – крупные литейные и кузнечные. В ряде случаев на таких предприятиях производится также предварительная механическая обработка (обдирка) для выявления поверхностных дефектов, а также для снижения объема транспортируемого металла.

- Предприятия, производящие **механическую обработку заготовок**, полученных с других предприятий, и сборку машин, либо производящие только **сборку машин** из деталей, узлов и агрегатов, полученных с других заводов (так называемая «четверточная технология»). В состав таких заводов в первом случае входят обрабатывающие (механические) и сборочные цехи, во втором случае – только сборочные.

Выбор вида завода осуществляется на основе анализа различных экономических факторов, таких как:

- расположение источников сырья и энергоносителей;
- развитие транспортной инфраструктуры (железнодорожного, автомобильного, речного и морского транспорта);
- наличие рабочей силы и возможностей ее привлечения со стороны;
- удаленность от основных рынков сбыта;
- наличие свободных земельных ресурсов.

В общем случае в состав завода входят производственные (основные) цеха, вспомогательные и обслуживающие.

**Производственные (основные) цеха** осуществляют обработку и сборку деталей, сборочных единиц и изделий, составляющих основную производственную программу предприятия. Среди них выделяют заготовительные, обрабатывающие, сборочные и подсобные цеха.

К **заготовительным** цехам относятся раскройно-заготовительные (выполняющие правку, резку, обдирку проката, раскрой листового металла), литейные (цеха чугунового, стального, цветного литья, специальных методов литья), кузнечные (кузнечно-штамповые и кузнечно-прессовые цеха).

К **обрабатывающим** цехам относятся механические, термические, прессовые (холодной штамповки), металлических конструкций, металлопокрытий, окрасочные, деревообрабатывающие.

В **подсобных** производственных цехах изготавливается продукция, необходимая для обеспечения выпуска готовых изделий, например тара для упаковки основной продукции завода.

**Вспомогательные цеха** обеспечивают нормальное функционирование основных производственных цехов или завода в целом. К ним относятся инструментальные, ремонтно-механические, ремонтно-строительные, электроремонтные, экспериментальные, модельные, абразивные и другие.

**Обслуживающие** – цеха и устройства, выполняющие функции хозяйственного и частично технического обслуживания завода. Иногда их называют хозяйствами или службами. К ним относятся складские, транспортные, энергетические, санитарно-технические, общезаводские.

**Складское хозяйство** включает в себя:

- материальные склады (металла, полуфабрикатов, готовых изделий);
- склады средств производства (инструментальный, абразивный, склад штампов, приспособлений, моделей, шихтовых и формовочных материалов, отходов);
- склады горюче-смазочных материалов, твердого и жидкого топлива.

**Транспортное хозяйство** включает в себя рельсовый транспорт (депо), безрельсовый транспорт (гараж автомобилей, гараж и зарядная станция для электрокар), подъемно-транспортные устройства.

**Служба энергетика:**

- электростанция (подстанция);
- котельная;
- компрессорные установки;
- газогенераторная установка;
- электросеть, паро-, газо-, воздухо- и нефтепроводы.

**Санитарно-технические устройства:**

- отопительные;
- вентиляционные;
- водоснабжение и канализация;
- очистные сооружения;
- водохранилище и водонапорные башни.

**Общезаводское хозяйство:**

- заводоуправление;
- медпункты;
- столовые;
- охрана, сторожевые и пропускные пункты;
- связь и сигнализация;
- лаборатории (центральная, технологическая, измерительная);
- информационно-вычислительный центр;
- заводские учебные учреждения (отдел технического обучения).

После определения состава служб и подразделений необходимо определить функциональные связи между цехами и прочими подразделениями предприятия. Для этой цели составляют **технологическую схему производства**, пример которой представлен на рисунке 1.1. Она дает наглядное представление о последовательности производственного процесса и помогает установить рациональное расположение зданий и сооружений предприятия.

## Тема 1.2. Общие вопросы проектирования машиностроительных производств (лекция – дискуссия 2 часа)

### Классификация механических цехов

При классификации механических цехов учитывают следующие признаки, которые существенно влияют на структуру цеха: тип (характер) производства; характер конструкции и вес изделия; размер цеха (по условному количеству металлорежущих станков).

**Классификация по типу производства.** В зависимости от размера производственной программы, характера продукции и технико-экономических условий протекания производственного процесса выделяется три вида производства: единичное, серийное и массовое (таблица 1). Каждый тип производства имеет свои характерные особенности технологического процесса и форму организации производства.

**Единичное производство** характерно для тяжелого машиностроения, судостроения, химического машиностроения, ремонтных и инструментальных цехов. Изделия изготавливаются в малых количествах, повторяемость их редка или совсем отсутствует. Используются универсальные станки, оснастка и инструмент. Квалификация рабочих – высокая.

Таблица 1 – Размер производственной программы в зависимости от вида производства

Тип производства	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера.		
	Крупных (>2 т)	Средних (от 100 кг до 2 т)	Легких (< 100 кг)
Единичное	до 5	до 10	до 100
Серийное	5 – 1000	10 – 5000	100 – 50000
Массовое	свыше 1000	свыше 5000	свыше 50000

**Серийное производство** занимает промежуточное положение между единичным и массовым. Это самый распространенный тип производства.

Изготовление деталей производится партиями (сериями), состоящими из одноименных, однотипных по конструкции и одинаковых по размерам деталей, запускаемых в производство одновременно. В зависимости от типоразмера детали, разме-

ра партии, количества изделий в серии и частоты повторяемости серий в течение года выделяют мелко- средне- и крупносерийное производство. В серийном производстве технологический процесс разделен на отдельные операции, закрепленные за определенными станками.

Применяется самое разнообразное оборудование: универсальное, специализированное, автоматизированное и агрегатные станки. Оснастка – универсально-переналаживаемая. Квалификация рабочих – средняя.

**Массовое производство** представляет собой наиболее совершенную организацию производственного процесса – изготовление изделий происходит путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций.

Используется переналаживаемое технологическое оборудование (автоматы, полуавтоматы, агрегатные станки) и специальная оснастка. Квалификация рабочих – низкая.

**Классификация цехов по характеру конструкции и весу изделий** предполагает деление на четыре класса.

I класс – изделия с черным весом до 100 кг (легкое машиностроение):

- металлорежущие станки для часовой промышленности и инструментального производства;
- нормальный металлорежущий и измерительный инструмент;
- подшипники качения;
- спец. приборы.

II класс – изделия с черным весом до 2 т (среднее машиностроение):

- металлорежущие и деревообрабатывающие станки;
- двигатели, дизели, компрессоры;
- сельскохозяйственные машины, электродвигатели средней мощности.

III класс – изделия с черным весом до 15 т (тяжелое машиностроение):

- тяжелые металлорежущие и деревообрабатывающие станки;
- кузнечные молоты, прессы;
- водяные и паровые турбины;
- дорожные машины.

IV класс – изделия особо тяжелого машиностроения с черным весом более 15 тонн.

**Классификация по количеству металлорежущих станков** в зависимости от класса цеха представлена в таблице 2.

Таблица 2. – Количество металлорежущих станков в зависимости от класса цеха

Размер цеха	Класс цеха			
	I	II	III	IV
Малый цех	до 150	до 125	до 75	до 40
Средний цех	150 – 300	125 – 250	75 – 125	40 – 75
Крупный цех	свыше 300	свыше 250	свыше 125	свыше 75

#### Формы организации производства

Каждому типу производства свойственна своя форма организации производства и способы расположения оборудования. Существуют следующие формы организации производства:

- по типам оборудования, или цеховая;
- предметная, или групповая;
- поточно-серийная, или переменнo-поточная (многономенклатурная);
- прямоточная (однономенклатурная);
- непрерывным потоком (однономенклатурная).

**Цеховая форма** характерна для единичного производства, но может применяться и в серийном производстве для отдельных деталей. Она характеризуется тем, что станки располагаются по признаку однородности обработки, то есть создаются участки станков одного вида: токарных, фрезерных, сверлильных и других.

**Предметная, или групповая, форма** характерна для серийного производства, хотя для отдельных деталей применима и в массовом производстве. Она предусматривает расположение станков в порядке технологического процесса. Обработка происходит партиями. Время выполнения операций на отдельных станках не согласовано со временем выполнения операций на других станках. Детали во время работы хранятся у станков, а затем транспортируются одной партией. Детали для следующей операции также хранятся у станков или на специальных площадках между станками. Здесь же может выполняться и контроль деталей.

Поточное производство характеризуется:

- специализацией рабочих мест;
- расположением рабочих мест в порядке операций технологического процесса;
- выравниванием длительности операций на каждом рабочем месте;
- использованием транспортных средств между рабочими местами.

Основной характеристикой поточной линии являются **такт выпуска**, то есть интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий.

**Поточно-серийная (переменно-поточная) форма** организации производства характерна для серийного производства и также предусматривает расположение оборудования в порядке технологического процесса. Производство ведется партиями, причем детали каждой партии могут отличаться друг от друга размерами или конструкцией (однако эти различия должны допускать их обработку на одном и том же оборудовании). Производственный процесс осуществляется таким образом, что время обработки на одном станке согласовано со временем обработки на следующем станке. Детали одной партии перемещаются со станка на станок в порядке выполнения технологических операций, создавая непрерывность движения. Переход на обработку деталей другой партии требует незначительной технической подготовки и переналадки станков, инструмента и приспособлений. Нормы времени на каждую операцию должны быть примерно одинаковы.

Для поточно-серийной формы средний такт выпуска определяется по формуле

$$\tau_{cp} = \frac{\Phi_0}{A + k_1 B + k_2 B + \dots},$$

где  $\Phi_0$  – действительный фонд работы линии;

$A, B, B$  – годовые программы выпуска изделий, закрепленных за линией;

$k_1, k_2, \dots$  – коэффициенты, учитывающие трудоемкость изготовления изделий, закрепленных за линией;

$$k_1 = \frac{T_B}{T_A}; \quad k_2 = \frac{T_B}{T_A},$$

где  $T_A, T_B, T_B$  – трудоемкость изготовления соответствующих изделий.

**Прямоточная форма** организации производства характерна для массового (и в некоторой степени для крупносерийного) производства и предусматривает расположение оборудования в порядке технологического процесса. За каждым станком закреплена одна операция. Передача деталей со станка на станок производится поштучно. Так как время выполнения отдельных операций **не всегда одинаково или кратно такту**, то синхронизация времени отдельных операций имеет место не на всех участках линии. Поэтому около станков, у которых время операции больше такта, создаются заделы необработанных деталей. Передачу изделий от одного станка к другому ведут при помощи рольгангов, наклонных желобов и других немеханических транспортных устройств.

Для прямоточной формы средний такт выпуска определяется по формуле

$$\tau_{cp.} = \frac{\Phi_0}{N} \cdot r,$$

где  $N$  – число изделий, выпускаемых в единицу времени;

$r$  – коэффициент использования линии.

Форма организации производства **непрерывным потоком** предполагает расположение станков в порядке технологического процесса. За каждым станком закреплена одна операция. Время выполнения отдельных операций точно установлено и **равно или кратно такту** выпуска. Этим достигается полная синхронизация всей поточной линии.

#### Исходные данные для проектирования

Основой для проектирования механических цехов является **подетальная производственная программа цеха**, составленная из общей производственной программы завода с приложением чертежей, спецификаций деталей, описаний конструкций и технических условий на изготовление деталей и изделий.

В исходных данных для проектирования указываются:

- номенклатура изделий, узлов и деталей, подлежащих изготовлению и сборке (цеховой список);
- годовая программа выпуска по каждому наименованию изделий и деталей, включенных в цеховой список;
- подетальный перечень с указанием количества подлежащих выпуску запасных частей;
- режим работы цеха;
- заводской технологический маршрут, определяющий характер заготовки и последовательность прохождения по цехам завода обрабатываемых деталей и собираемых в цехе узлов;
- схема генерального плана завода.

Подетальную производственную программу выпуска цеха составляют по определенной форме, которая должна содержать все необходимые данные для проектирования. В зависимости от типа производства, характера выпускаемой продукции и стадии проектирования производственная программа может быть точной, приведенной и условной.

**Точная производственная программа** необходима при проектировании цехов массового и крупносерийного производства, где требуется большая точность всех технологических расчетов. В этом случае номенклатура всех подлежащих изготовлению изделий и их деталей (включая запчасти) точно установлена и обеспечена рабочими чертежами, спецификациями и техническими условиями.

Проектирование по точной программе предусматривает **подробную разработку технологических процессов для всех деталей**: маршрутные и операционные карты с указанием режимов резания и норм времени, операционные эскизы, карты технического контроля.

**Приведенная производственная программа** используется для проектирования цехов единичного, мелкосерийного и серийного производства, когда номенклатура изделий, подлежащих изготовлению, обширна и многообразна. В этом случае все изделия, подлежащие изготовлению, условно приводятся к нескольким типовым изделиям, наиболее характерным для каждой группы изделий.

При проектировании по приведенной программе вся заданная цеху номенклатура изделий разбивается на группы, в каждую из которых входят изделия, сходные по конструкции и технологии. В каждой группе выбирается комплексное **изделие-представитель** (как правило, это деталь или сборочная единица, характеризующаяся наибольшим объемом выпуска и трудоемкостью изготовления), на которое разрабатывается технологический процесс и путем технического нормирования определяется трудоемкость его обработки или сборки.

Возможны два варианта формирования групп и выбора типовых представителей. Первый вариант применяют, когда изготавливаемые цехом изделия подобны, то есть создаются на одной базе и имеют отличия в определенном диапазоне характеристик. В этом случае формируют одну или несколько групп изделий и в качестве представителя выбирают одно из изделий группы.

Второй вариант применяют, когда изготавливаемые цехом изделия существенно отличаются друг от друга. В этом случае детали всех машин объединяют в технологически подобные группы (валы, втулки, корпусные детали и др.), в каждой из которых выбирают деталь-представитель, для которой и разрабатывают технологические процессы с техническим нормированием.

Трудоемкость изготовления определяется лишь для изделия-представителя. Все остальные изделия, входящие в группу, приводятся по трудоемкости к изделию-представителю с помощью коэффициента приведения, который позволяет учесть различия по массе, серийности программы и сложности механической обработки:

$$K_{пр.} = K_B \cdot K_{сер.} \cdot K_{сл.} \cdot K_{П},$$

где  $K_B$  – коэффициент приведения по весу (массе);

$K_{сер.}$  – коэффициент серийности;

$K_{сл.}$  – коэффициент сложности;

$K_{П}$  – коэффициент, учитывающий другие особенности объекта, например различие в точности изделия представителя, наличие комплектующих поставок по кооперации отдельных узлов или агрегатов и др.

Программа составляется в виде перечня изготовленных в цехе изделий или узлов с указанием их количества и массы. При этом подетальная ведомость составляется только для типового изделия. Поскольку все остальные изделия, входящие в программу, приводятся к типовым, нет необходимости иметь полный перечень обрабатываемых деталей. Чертежи, как правило, имеются только на изделия-представители, по которым ведутся расчеты.

**Условная производственная программа** используется при проектировании цехов для обработки деталей и изделий, конструкции которых еще не разработаны и точная номенклатура изготавливаемых изделий неизвестна (то есть для экспериментальных цехов). В этом случае также выбирают условное изделие-представитель, для которого подсчитывают трудоемкость изготовления, но коэффициент приведения при этом не используется – выполненные расчеты полностью переносятся на все изделия данной группы.

#### **Последовательность проектирования цеха**

Основными этапами разработки проекта механического цеха являются:

- Разработка задания на проектирование цеха, исходя из производственной программы завода, чертежей, описаний конструкций, технических условий на изготовление изделий.
- Определение типа производства.
- Разработка технологического процесса механической обработки в зависимости от типа производства и формы организации.
- Определение количества станков и коэффициента их загрузки.
- Определение потребности цеха в электроэнергии, газе, паре, воде, сжатом воздухе.
- Определение необходимого рабочего состава цеха и его численности.
- Разработка плана расположения оборудования и определение производственной площади.
- Определение количества оборудования и площадей вспомогательных отделений служебных и бытовых помещений.
- Выбор типа транспортных и грузоподъемных средств и определение их количества.
- Компоновка цеха, определение основных размеров.
- Разработка схемы организации, управления и технического руководства.

Последовательность проектирования:

- определение структуры и функций каждого подразделения в проектируемой системе;
- разработка протекающих в системе производственных процессов;
- определение состава и количества потребного оборудования;
- планировка оборудования.

После этого уточняют принятые решения и пространственную увязку всего оборудования в такой последовательности:

- уточнение компоновки цеха;
- уточнение планировки оборудования;
- уточнение состава и количества работающих;
- определение общей площади цеха и его габаритов;
- определение технико-экономических показателей;
- выбор оптимального варианта проекта.

Число разработанных вариантов зависит от уровня унификации проектных решений, сложности проектируемого объекта и уровня автоматизации проектных операций. Каждый вариант проекта получают после однократного прохождения последовательности проектирования; при многократном прохождении последовательности проектирования делают несколько вариантов. Выбор оптимального варианта проекта достигается путем анализа результатов проектных решений по принятой системе критериальной оценки.

### **Тема 1.3. Проектирование основной системы машиностроительных производств (лекция – дискуссия 2 часа)**

#### **Основные вопросы, решаемые в процессе проектирования**

При проектировании основной системы решается ряд вопросов в определенной последовательности:

- определение количества основного технологического оборудования, необходимого для реализации технологического процесса;
- выбор состава производственных участков;
- определение состава и количества оборудования на участке;
- определение алгоритма работы оборудования на участке;
- разработка требований к условиям работы оборудования;
- составление заданий на проектирование нестандартного оборудования;
- планировка основного оборудования;
- расчет производственной площади;
- определение числа работающих;
- компоновка производственных участков.

#### **Определение трудоемкости и станкоемкости механической обработки деталей**

**Трудоемкостью** изделия  $T_{цел.ч.}$  называют время, затраченное на его изготовление и выраженное в человеко-часах. Расчетная трудоемкость включает в себя все нормируемое по технологическому процессу время обработки на станках и ручных операциях, причем при многостаночном обслуживании суммарное время обработки на станках, обслуживаемых одним рабочим, делят на число обслуживаемых станков.

Для расчета количества оборудования необходимы данные о **станкоемкости** изделия. Станкоемкость  $T_{ст.ч.}$  определяется временем, затраченным на изготовление изделия, и выражается в станко-часах работы оборудования.

Связь между трудоемкостью и станкоемкостью можно выразить через среднее значение коэффициента многостаночности  $K_m$ , равное среднему числу станков, обслуживаемых одним рабочим:

$$T_{ст.ч.} = T_{цел.ч.} \cdot K_m$$

Методы определения трудоемкости изготовления изделия зависят от этапа проектирования, типа производства и других факторов. Так, **при укрупненном проектировании**, применяемом на этапе технико-экономического обоснования проекта, трудоемкость изготовления деталей изделия может быть определена по показателям трудоемкости механической обработки комплекта деталей одного изделия  $T'_{yд}$  или 1 т изделий  $T''_{yд}$ .

При использовании первого показателя суммарная трудоемкость обработки годовой программы равна

$$T_{\Sigma} = T'_{yд} \cdot N,$$

где  $N$  – годовая программа выпуска.

При использовании второго показателя суммарная трудоемкость обработки годовой программы равна

$$T_{\Sigma} = T_{\text{зд}}^n \cdot M_u \cdot N,$$

где  $M_u$  – масса изделия.

Трудоемкость сборки изделия может быть определена либо по показателям трудоемкости сборочных работ на 1 т массы изделия, либо по данным ранее выполненных проектов в зависимости от трудоемкости изготовления данного изделия.

Показатели трудоемкости механообработки и сборки определяют на основе анализа трудоемкости изготовления аналогичных изделий на передовых заводах страны и за рубежом.

**При проектировании по точной программе** трудоемкость изготовления изделия (трудоемкость обработки комплекта деталей) для массового производства определяется по формуле

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{um_{i,j}},$$

для серийного производства –

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{u.k_{i,j}},$$

где  $n$  – число деталей в изделии;

$m$  – число операций изготовления  $i$ -ой детали;

$t_{um_{i,j}}$  и  $t_{u.k_{i,j}}$  – штучное и штучно-калькуляционное время выполнения  $j$ -ой операции обработки  $i$ -ой детали;

$$t_{u.k_{i,j}} = t_{um_{i,j}} + \frac{T_{n.z_{i,j}}}{n_i},$$

где  $T_{n.z_{i,j}}$  – подготовительно-заключительное время на  $j$ -ой операции обработки  $i$ -ой детали;

$n_i$  – число  $i$ -х деталей в партии.

**При проектировании по приведенной программе** по вышеуказанным формулам определяется только трудоемкость обработки изделия-представителя  $T_{np}$ . Трудоемкость обработки остальных деталей определяется с помощью коэффициента приведения:

$$T_i = T_{np} \cdot K_{np}$$

**При разработке проектов технического перевооружения или реконструкции** трудоемкость (станкоемкость) изготовления изделия или трудоемкость его сборки может быть определена по заводским данным с учетом пересмотра норм и внедрения новой технологии и средств автоматизации в проектируемом производстве. В настоящее время при техническом перевооружении предприятий серийного производства предполагается более широкое использование станков с ЧПУ, в том числе обрабатывающих центров, и гибких производственных систем.

Для определения трудоемкости изготовления деталей в новых условиях можно воспользоваться данными о станкоемкости изготовления деталей по существующей технологии, скорректировав данные по станкоемкости изготовления тех деталей, которые переводятся для обработки на более производительное оборудование. Для этого суммарную трудоемкость изготовления по существующей технологии разделяют по видам работ, выполняемых на универсальных станках, автоматах, полуавтоматах, станках с ЧПУ.

Для коррекции станкоемкости по видам работ  $T_i$  вводят **коэффициент роста станкоемкости** на проектную программу  $K_{pi}$  с учетом ежегодного планового снижения, равный

$$K_{pi} = \frac{N_{np}}{N_B} \left( 1 - \frac{\alpha \cdot n_B}{100} \right)^{n_B}$$

где  $N_{np}$  – программа выпуска в проектном варианте;

$N_B$  – программа в базовом варианте (действующем производстве);

$\alpha$  – планируемый ежегодный процент снижения станкоемкости;

$n_B$  – планируемый срок внедрения новой технологии в годах.

Тогда станкоемкость рассматриваемого вида работ по базовому варианту, но на новую программу и в плановом году внедрения будет равна

$$T_{B_i} = T_i \cdot K_{pi},$$

Из полученной станкоемкости выделяют объем работ, переводимый на более прогрессивные виды оборудования, и корректируют его с помощью **коэффициента прогрессивности**  $K_{пг}$ , учитывающего более высокую производительность этого оборудования:

$$T_{np_i} = \frac{T_{B_i}}{K_{пг}}$$

Абсолютные значения коэффициентов прогрессивности зависят от сложности изготовленных изделий, технического уровня действующего производства, партии запуска. Чем сложнее изготавливаемые детали, ниже технический уровень действующего производства и меньше размер партии запуска, тем больше  $K_{пг}$ , и наоборот. Так, при переводе изготовления деталей типа «тела вращения» на станки с ЧПУ и гибкие производственные модули (ГПМ) рекомендуется принимать  $K_{пг} = 1,5 \dots 3$ , при переводе изготовления корпусных деталей –  $K_{пг} = 2 \dots 6$ .

Полученные значения станкоемкости по видам работ с учетом прогрессивного оборудования применяют для определения числа станков.

**При дипломном проектировании** расчетную станкоемкость на годовую программу участка или цеха можно ориентировочно определить по формуле

$$T_{\Sigma} = T_{\Sigma_3} \cdot K_p \cdot K_y,$$

где  $T_{\Sigma_3}$  – годовая станкоемкость изготовления деталей по заводским данным;

– коэффициент изменения станкоемкости на годовой проектный объем;

$$K_p = \frac{N_{np}}{N_B}$$

$K_y = \frac{T_{np}}{T_i}$  – коэффициент ужесточения, представляющий собой отношение проектной станкоемкости изготовления деталей

(после внедрения новой технологии) к станкоемкости изготовления аналогичных деталей по действующей технологии. При дипломном проектировании  $K_y$  можно определить путем сопоставления станкоемкости изготовления деталей-представителей по сравниваемым вариантам.

#### Определение количества основного технологического оборудования

В зависимости от стадии проектирования, а также от требований степени конечной точности результата при определении количества основного технологического оборудования применяют либо детальный, либо укрупненный способ.

**Детальный способ расчета количества оборудования** на основе подробного технологического процесса применяют в условиях крупносерийного и массового производства. При этом имеются некоторые особенности расчета для непрерывно-поточной линии, переменнo-поточной и групповой линий и для непоточного производства.

Расчетное количество оборудования для **непрерывно-поточной линии** определяют для каждой операции по формуле

$$C'_p = \frac{t_{um}}{\tau}$$

где  $\tau$  – такт выпуска деталей или изделий;

$t_{um}$  – штучное время (станкоемкость), равно

$$t_{um} = t_c = t_o + t_b + t_{mex} + t_{opz} + t_{nep}$$

где  $t_o$  – основное время;

$t_b$  – вспомогательное время, не перекрываемое основным (характеризует затраты времени на вспомогательные приемы (установка, закрепление и снятие детали; очистка от стружки; подвод и отвод инструмента; переключение скоростей и подач; измерения детали; время, необходимое для фиксации спутника или детали в автоматических линиях и перемещения их с позиции на позицию);

$t_{mex}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, отнесенное к одной детали (время на смену и подналадку инструмента, устранение отказов и т.д.).

$t_{opz}$  – время на организацию обслуживания рабочего места (подготовка станка к работе, чистка, смазка и т.д.).

$t_{nep}$  – время регламентированных перерывов на отдых и естественные надобности рабочего.

В технических нормативах три последние составляющие штучного времени ( $t_{mex}$ ,  $t_{opz}$  и  $t_{nep}$ ) обычно выражаются в процентах от оперативного времени, которое равно

$$t_{on} = t_o + t_b$$

Тогда штучное время можно определить как

$$t_{um} = t_{on} \left( 1 + \frac{\alpha}{100} \right)$$

где  $\alpha$  – процент потерь времени от оперативного времени (в зависимости от сложности наладки составляет от 6% до 18% для автоматической линии).

Полученное расчетное количество оборудования  $C'_p$  округляют в большую сторону до ближайшего целого числа, получая количество станков для данной операции  $C_p$ .

После этого определяют коэффициент загрузки станка

$$K_3 = \frac{t_{um}}{T \cdot C_p} = \frac{C'_p}{C_p}$$

Для наглядности при оценке величины коэффициентов загрузки оборудования удобно использовать диаграммы.

На работу автоматической линии оказывают большое влияние так называемые **наложенные потери времени**, связанные с остановкой сложного оборудования либо отсутствием заготовок. Для их учета вводят коэффициент использования оборудования  $K_u$ , представляющий собой отношение расчетного числа единиц технологического оборудования, необходимого для обеспечения программы выпуска изделий, к фактическому.

Тогда принятое количество оборудования на данную операцию равно

$$C_{np} = \frac{C_p}{K_u}$$

Рекомендуемые значения коэффициентов использования и загрузки оборудования приведены в таблице 3.

Коэффициент загрузки всегда меньше единицы. Кроме того, он должен соответствовать диапазону рекомендуемых значений, определенному в нормативах для каждого вида оборудования. Если же  $K_3$  превышает максимально допустимое значение, следует принять большее количество станков.

При больших объемах выпуска и малом такте выпуска можно определять расчетное количество станков по производительности:

$$C'_p = \frac{\Pi}{\Pi_{cm}}$$

где  $\Pi$  – требуемая производительность линии;

$\Pi_{cm}$  – производительность оборудования на данной операции.

Таблица 3. – Допускаемые значения коэффициентов загрузки и использования оборудования

Группа оборудования	$K_u$	$K_3$	
		максимальный	средний
Универсальные станки	0,90	0,95...1,0	0,80
Станки с ЧПУ и обрабатывающие центры	0,85	0,95	0,90
Автоматы и полуавтоматы	одношпиндельные	0,85	0,95...1,0
	многшпиндельные	0,80	0,90
Агрегатные станки	0,80	0,90	0,90
Жесткие автоматические линии	0,75	0,95...1,0	0,90

Для **переменно-поточных и групповых поточных линий** расчетное количество оборудования на каждую операцию определяется по штучно-калькуляционному времени и программе выпуска каждой закрепленной за линией детали:

$$C'_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ш.к.i} \cdot N_i}{\Phi_{д.см.} \cdot 60}$$

где  $t_{ш.к.i}$  – штучно-калькуляционное время изготовления  $i$ -ой детали на станке, мин;

$N_i$  – программа выпуска  $i$ -ой детали;

$\Phi_{д.см.}$  – эффективный годовой фонд времени работы станка; для станков массой до 10 т при односменном режиме работы он составляет 2040 часов, при двухсменном – 4060 часов;

$n$  – количество типов деталей, изготавливаемых на линии.

Если подготовительно-заключительное время неизвестно, то расчеты можно вести по штучному времени с использованием коэффициента переналадки  $K_{II}$ :

$$C'_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ш.к.i} \cdot N_i}{\Phi_{д.см.} \cdot 60 \cdot K_{II}}$$

Обычно  $K_{II}=0,95$ ; для групповых поточных линий, не требующих переналадки,  $K_{II}=1$ .

Расчетное количество станков  $C_p$  получают округлением  $C'_p$  до ближайшего большего целого числа.

Если многопредметная поточная линия работает с разными тактами, то, чтобы фактическое время работы оборудования не превышало эффективного фонда времени с учетом потерь на переналадку, должно выполняться следующее условие:

$$\sum_{i=1}^n T_i \cdot N_i \leq 60 \Phi_{д.см.} \cdot K_{II}$$

где  $T_i$  – такт выпуска  $i$ -ой детали.

**В непоточном производстве** расчетное количество оборудования определяют по каждому типоразмеру оборудования для каждого участка на основе данных о станкоемкости деталей, закрепленных для обработки за данным участком:

$$C'_p = \frac{T_{с\Sigma}}{\Phi_{д.см.}}$$

где  $T_{с\Sigma}$  – суммарная станкоемкость обработки годового количества деталей, обрабатываемых на участке на станках данного типоразмера, станко-час, равная

$$T_{с\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ш.к.i,j} \cdot N_i}{60}$$

где  $n$  – число деталей, обрабатываемых на станках данного типоразмера;

$m$  – число операций обработки  $i$ -ой детали на станках данного типоразмера;

$t_{ш.к.i,j}$  – штучно-калькуляционное время выполнения  $j$ -ой операции обработки  $i$ -ой детали, станко-мин;

$N_i$  – годовая программа выпуска  $i$ -ых деталей.

Если проектирование ведется по приведенной программе, то в формулу определения станкоемкости подставляется штучно-калькуляционное время операций изготовления детали-представителя и ее приведенная программа.

Полученное расчетное количество станков  $C'_p$  округляют до ближайшего большего целого числа и определяют коэффициент загрузки.

**Укрупненный способ расчета количества оборудования** по технико-экономическим показателям применяется при проектировании цехов единичного и мелкосерийного производства с большой, точно не выявленной номенклатурой, а также при технико-экономическом обосновании проекта. В этом случае для расчетов используются укрупненные данные о трудоемкости изготовления изделия. Например, для технического обоснования реконструкции цеха используются заводские данные о трудоемкости обработки аналогичных изделий, скорректированные с учетом планируемых объемов производства и использования нового оборудования и технологии.

При укрупненном проектировании используют опыт передовых заводов. В качестве технико-экономических показателей при расчете механических цехов используют либо объем выпуска с одного станка основного производства при работе в одну смену и при стопроцентной загрузке, либо станкоемкость. Объем выпуска может выражаться в штуках, тоннах или тысячах рублей продукции, а станкоемкость – в станко-часах, необходимых для изготовления одного изделия (комплекта, узла), 1 т. изделий или изготовления изделий стоимостью 1 тыс. рублей.

Общее количество станков в этом случае определяется по суммарной станкоемкости изготовления годовой программы выпускаемых изделий:

$$C'_p = \frac{T_{\Sigma}}{\Phi_{д.см.} \cdot K_3}$$

Затем определяют количество станков каждого вида:

$$C'_{p.A_i} = C'_p \frac{A_i}{100}$$

где  $A_i$  – процент станков данного вида от общего количества станков в цехе.

Процентный состав оборудования для некоторых отраслей машиностроения приведен в таблице 4.

Полученное расчетное количество станков  $C'_{p.A_i}$  округляют до ближайшего большего целого числа  $C_{p.A_i}$  и окончательно определяют общее количество станков в цехе  $C_{np} = \sum C_{p.A_i}$

Таблица 4 – Процентный состав основного технологического оборудования

Типы станков	% состав оборудования механических цехов			
	Приборострое- ние	Станкострое- ние	Автомобилестрое- ние	Тяжелое машинострое- ние
Токарные, токарно-револьверные	28	23	25	23
Расточные	10	3	2	35
Сверлильные	15	10	21	17
Агрегатные	5	3	10	–
Строгальные, долбежные	1	4	–	5
Фрезерные	15	15	7	7
Протяжные	–	1	3	2
Зубообрабатывающие	8	6	9	1
Шлифовальные и хонинговальные	10	12	11	1
Резьбонарезные	2	3	1	1
Отрезные	1	1	–	1
Специальные автоматы и полуавтоматы	5	10	11	7

Кроме основного оборудования, в состав цеха входит дополнительное оборудование (прессы, установки для закалки ТВЧ, контрольные стенды и др.), количество которого определяется в процентах от основного технологического оборудования и составляет от 5% до 30%. Тогда общее число технологического оборудования цеха составляет  $C_{общ} = (1,05 \dots 1,3) C_{пр}$

Завершающим шагом расчета оборудования является заявочная ведомость, в которой указывается модель, мощность, балансовая стоимость и масса каждого станка.

#### Определение состава и численности работающих

Состав и количество работающих механосборочного производства определяется следующими факторами:

- характером производственного процесса;
- степенью автоматизации;
- уровнем кооперации и специализации вспомогательных служб в пределах корпуса или завода в целом.

В штатное расписание механосборочного цеха входят:

- Производственные рабочие, занятые непосредственно изготовлением изделий, выпускаемых данным предприятием. К ним относятся: станочники, наладчики станков с ЧПУ и автоматических линий, слесари механосборочных работ;
- Вспомогательные рабочие, выполняющие техническое обслуживание производственных участков. К ним относятся: рабочие ремонтных, инструментальных отделений и службы энергетика, транспортные рабочие, наладчики неавтоматизированного оборудования, кладовщики, контролеры ОТК, рабочие складов и кладовых, уборщики стружки;
- Младший обслуживающий персонал (уборщики бытовых и служебных помещений, курьеры, уборщики стружки);
- Инженерно-технические работники (ИТР). К ним относятся: руководители цехов и подразделений (начальник цеха, его заместители, начальники служб и участков, мастера), инженеры-технологи и программисты, техники, механики, энергетики, экономисты, нормировщики.
- Служащие (счетно-конторский персонал). К ним относятся: бухгалтера, кассиры, секретари, заведующие складами и кладовыми.

В зависимости от этапа проектирования и степени детализации проектных решений, для расчета числа работающих используются либо укрупненные, либо детальные методы.

Укрупненные методы расчета применяют при технико-экономическом обосновании проекта. Полученные результаты корректируют по мере уточнения структуры цеха и планировки оборудования.

**Расчет количества производственных рабочих-станочников.** При укрупненных расчетах число станочников может быть определено двумя способами:

- по общему нормировочному времени (по станкоемкости годового объема работ);
- по заданному количеству станков.

**По общему нормировочному времени** количество производственных рабочих-станочников определяется по формуле

$$R_{см} = \frac{T_{\Sigma K}}{\Phi_{д.р.} \cdot K_m} = \frac{\sum t_{ш.к} \cdot N}{60 \Phi_{д.р.} \cdot K_m},$$

где  $T_{\Sigma K}$  – суммарная станкоемкость изготовления деталей на станках данного типа (то есть нормировочное штучно-калькуляционное время, необходимое для обработки на станках данного типа годового количества деталей с учетом запасных), станко-час;

$\Phi_{д.р.}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего;

$K_m$  – количество станков, на которых одновременно может работать один рабочий (коэффициент многостаночности);

$t_{ш.к}$  – штучно-калькуляционное время на обработку одной детали (мин);

$N$  – количество одноименных деталей, обрабатываемых в год на станках данного типоразмера.

Коэффициент многостаночности зависит от вида оборудования:

- для универсальных станков  $K_m = 1$ ;
- для прутковых токарно-револьверных автоматов  $K_m = 3 \dots 8$ ;
- для агрегатных станков  $K_m = 1 \dots 3$ ;
- для станков с ЧПУ  $K_m = 2 \dots 3$ .

Диапазон рекомендуемых значений  $K_m$  для одного вида оборудования зависит от соотношения машинного времени и времени ручного обслуживания. Меньшие значения принимаются для мелкосерийного производства.

Обычно при расчетах используют усредненные значения  $K_m$ , принятые на основе данных действующего производства: для мелкосерийного и единичного производства  $K_m=1,1\dots1,35$ , для среднесерийного  $K_m=1,3\dots1,5$ , для крупносерийного и массового  $K_m=1,9\dots2,2$ .

По заданному количеству станков количество производственных рабочих определяется по формуле:

$$R_{ст.} = \frac{C_{пр} \cdot \Phi_{д.ст.} \cdot K_3 \cdot K_u}{\Phi_{д.р.} \cdot K_m}$$

где  $C_{пр}$  – принятое количество станков на участке или в цехе;

$\Phi_{д.ст.}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

$\Phi_{д.р.}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего; при 24-дневном отпуске и продолжительности рабочей недели 41 час он составляет 1860 часов;

При укрупненных расчетах для единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства принимают  $K_3 \cdot K_u=0,85$ , для крупносерийного и массового –  $K_3 \cdot K_u=0,8$ .

Для обслуживания станков, автоматических линий и гибких производственных модулей (ГПМ) в условиях крупносерийного и массового производства в состав производственных рабочих включают наладчиков. Их количество определяют по нормам обслуживания, установленным для каждого типа оборудования в зависимости от точности и сложности обработки. Например, один наладчик за смену обслуживает: токарных станков – 11...18, агрегатно-сверлильных – 5...12, шлифовальных – 8...13, токарных с ЧПУ – 4...10, фрезерных и сверлильных с ЧПУ – 8...16, многоцелевых станков – 3...6 (из расчета на одну смену).

Число наладчиков автоматических линий определяют в зависимости от числа позиций линии. На линиях механообработки один наладчик обслуживает 3...10 позиций, в зависимости от количества инструментов в наладке и заданной степени точности.

Число операторов-наладчиков ГПС определяют в зависимости от числа ГПМ в их составе. Например, один оператор-наладчик может обслуживать: токарных ГПМ – 3...4, сверлильно-фрезерно-расточных – 2...3.

При детальном расчете число производственных рабочих-станочников уточняют с учетом размещения оборудования и анализа условий многостаночного обслуживания, проводимого на основе разработанных планировок. При этом должна быть определена длительность цикла многостаночного обслуживания, то есть промежуток времени, в течение которого рабочий обслуживает все станки, входящие в зону обслуживания. Основное условие для использования многостаночного обслуживания:

$$t_m \geq \sum_{i=1}^{m-1} t_{pi}$$

где  $t_m$  – время работы станка без участия рабочего;

$\sum_{i=1}^{m-1} t_{pi}$  – суммарное время обслуживания других станков с учетом времени на переход от одного станка к другому.

Количество станков, обслуживаемых одним рабочим, удобно определять с помощью циклограмм работы.

После расчета количества рабочих устанавливают разряд рабочего при выполнении каждой операции на основании данных по характеру выполняемых операций, и вычисляют средний разряд производственных рабочих участка или цеха.

По окончании расчета составляют сводную ведомость производственных рабочих, в которой указывается количество рабочих каждого разряда по всем специальностям и выполняется разбивка по сменам в соответствии с нормами. При двухсменном режиме работы численность рабочих в первой смене составляет: для единичного и мелкосерийного производства – 60% от общего количества производственных рабочих, для среднесерийного – 55%, для крупносерийного и массового – 50%.

**Расчет количества вспомогательных рабочих.** При укрупненном проектировании количество вспомогательных рабочих определяют общим числом в процентном соотношении от числа производственных рабочих. Для механических и сборочных цехов этот процент составляет 20...25%, для автоматических линий – 30...40%.

При детальном проектировании количество вспомогательных рабочих определяют по нормам обслуживания (например, один крановщик в расчете на  $n$ -ое число кранов) или в зависимости от трудоемкости выполняемого объема работ. При этом следует учитывать, что состав и численность вспомогательных рабочих зависят от уровня автоматизации производства.

По окончании расчета составляют сводную ведомость вспомогательных рабочих, в которой указывается количество рабочих каждого разряда по всем специальностям и выполняется разбивка по сменам в соответствии с нормами. При этом количество рабочих в первой смене принимается: для единичного и мелкосерийного производства – 65% от общего количества вспомогательных рабочих, для среднесерийного – 60%, для крупносерийного и массового – 55%.

**Расчет количества служащих и МОП.** Количество служащих определяют по нормам в зависимости от количества производственных рабочих. Для единичного и мелкосерийного производства оно составляет 1,2–2,2% от общего количества производственных рабочих, для среднесерийного – 0,9...1,9%, для крупносерийного – 0,6...1,6%, для массового – 0,1...1,4%. При этом большие значения норм принимаются для тех цехов, в которых количество производственных рабочих составляет менее 75 человек. При распределении по сменам считается, что в первую смену выводятся 70% общей численности служащих.

Численность младшего обслуживающего персонала определяют по нормам уборки площади служебно-бытовых помещений из расчета один человек на 500...600 м<sup>2</sup>.

**Расчет количества ИТР.** При укрупненном проектировании численность ИТР определяют в зависимости от количества основного технологического оборудования цеха. Для единичного и мелкосерийного производства норма составляет 18...24%, среднесерийного – 16...22%, крупносерийного – 15...21%, массового – 15...20%. При этом большие значения норм соответствуют количеству основного технологического оборудования менее 50 единиц.

При детальном расчете численность ИТР уточняется в соответствии с разработанной структурой цеха. При распределении по сменам считается, что в первую смену выводятся 70% общей численности ИТР.

#### Принципы расположения технологического оборудования и организации рабочего места

В зависимости от номенклатуры и объема выпуска изделий, технологическое оборудование участков и линий механического цеха располагают либо по ходу технологического процесса (линейный и предметный принципы), либо по типам оборудования (групповой принцип).

- **Линейный принцип** применяется при поточном производстве и характеризуется определенной последовательностью выполнения операций технологического процесса в каждый момент времени. В этом случае оборудование располагается по ходу технологического процесса.

- **Предметный принцип** применяется при расширении номенклатуры изделий в условиях серийного производства и основан на применении однотипных технологических процессов. В этом случае группирование оборудования осуществляется по конструктивным особенностям деталей, например, участки обработки валов, зубчатых колес, корпусных деталей, в пределах которых оборудование располагается по ходу технологического процесса.

- **Групповой принцип** применяется при большой номенклатуре изделий в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для обработки отдельных деталей в серийном производстве. В этом случае создаются участки однородного оборудования (участок токарной, фрезерной, шлифовальной обработки), последовательность расположения которых на площади цеха определяется последовательностью обработки большинства типовых деталей. Например, для обработки шкивов, фланцев, дисков, зубчатых колес принято располагать станочные участки таким образом: токарный → фрезерный → строгальный → сверлильный → шлифовальный.

При размещении станков нужно стремиться к прямоточности производства: предусматривать кратчайшие пути движения каждой детали, не допускать обратных, кольцевых или петлеобразных движений, создающих встречные потоки или затрудняющих транспортирование. Для наилучшего использования подкрановых площадей все станки, в зависимости от веса обрабатываемых деталей, разбивают на группы и размещают их под мостовыми кранами соответствующей грузоподъемности.

Основные принципы размещения станков:

- Длина участка в машиностроении обычно составляет 40...80 м. Зоны хранения заготовок и готовых деталей включаются в длину участка.

- Технологические линии могут располагаться как вдоль пролетов, так и поперек.

- Станки вдоль участка могут располагаться в два, три и более рядов. При расположении станков в два ряда между ними должен быть предусмотрен проход (проезд) для транспорта. При трехрядном размещении станков возможны либо два (рисунок а), либо один проход, который находится между одинарными и двоярными рядами станков (рисунок б). Для подхода к станкам двоярного ряда (станки при этом расположены друг к другу тыльными сторонами), расположенным у колонн, между станками оставляют поперечные проходы. При четырехрядном расположении устраивают два прохода: у колонн станки располагают в один ряд, а двоярный ряд – посередине (рисунок в).

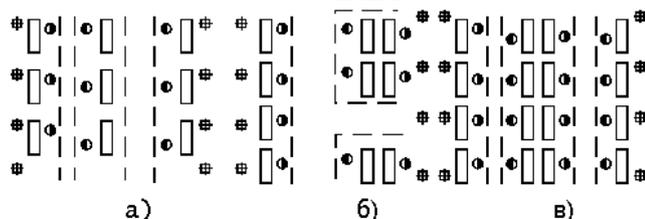


Рисунок – Расположение станков: а) трехрядное с двумя проходами; б) трехрядное с одним проходом; в) четырехрядное с двумя проходами.

- Станки по отношению к проезду могут располагаться вдоль, поперек и под углом. Наиболее удобно располагать станки вдоль проезда и при фронтальном обращении станков к проезду. При поперечном расположении станков затрудняется их обслуживание, поэтому нужно предусматривать поперечные проезды. Загрузочная сторона станков, использующих в качестве заготовки прутки, должна быть обращена к проезду; у остальных станков сторона с приводом обращена к стене или колоннам.

- Для лучшего использования площади револьверные станки, прутковые автоматы, протяжные, расточные, продольно-фрезерные и продольно-шлифовальные станки располагают под углом или в шахматном порядке.

- Крупные станки не следует размещать у окон, чтобы избежать затемнения цеха;

- Станки по отношению друг к другу могут располагаться фронтально, «в затылок» или тыльными сторонами.

- Станки в поточных линиях с применением рольгангов или других конвейеров могут устанавливаться относительно них параллельно, перпендикулярно, либо могут быть встроены в линию рольганга или конвейера.

Расстояние между станками, а также между станками и элементами зданий для различных вариантов расположения оборудования, а также ширина проездов в зависимости от различных видов транспорта регламентирована нормами технологического проектирования (см литературу).

При определении расстояний между станками, от станков до стен и колонн задания нужно учитывать следующее:

- расстояния берутся от наружных габаритных размеров станков, включающих крайние положения движущихся частей, открывающихся дверок и постоянных ограждений станков;

- для тяжелых и уникальных станков необходимые расстояния устанавливаются применительно к каждому конкретному случаю;

- при установке станков на индивидуальные фундаменты расстояние станков от колонн, стен и между станками принимаются с учетом конфигурации и глубины фундаментов станков, колонн и стен;

- при разных размерах двух рядом стоящих станков расстояние между ними принимается по наибольшему из этих станков;

- при монтаже станки устанавливают в линию по выступающим деталям, что облегчает уборку помещения и доступ к станкам для обслуживания, а также вывод любого станка с участка.

Помимо выбора способа размещения оборудования, важным фактором, определяющим результат деятельности всего участка (цеха, завода), является организация рабочего места.

Задачей организации рабочего места является создание такой конструкции оснастки и такого расположения оборудования, заготовок, готовых деталей, при которых отсутствуют лишние и нерациональные движения и приемы, а также максимально сокращаются расстояния перемещения рабочего.

Схема организации рабочего места выбирается в зависимости от типа производства. В единичном производстве, где на одном рабочем месте может выполняться большое число различных операций, следует предусмотреть наличие инвентаря для хранения разнообразного инструмента, оснастки и чертежей (инструментальные шкафы, подставки для хранения чертежей и др.).

В серийном производстве число операций, выполняемых на одном рабочем месте, уменьшается, сокращается и номенклатура используемой оснастки, следовательно, требуется меньшее количество инвентаря. Рабочее место токаря в серийном производстве показано на рисунке.

В крупносерийном и массовом производстве наличие специального стационарного инвентаря не предусматривается.

Особенно важна рациональная организация рабочего места при многостаночном обслуживании, эффективность которого во многом определяется правильным выбором схемы расположения оборудования и маршрутов движения рабочего при обслуживании станков. Рабочее место многостаночника должно удовлетворять следующим требованиям

- обеспечение наиболее удобного для станочника расположения органов управления всех обслуживаемых станков;
- обзорность всех подвижных частей станков из любой точки маршрута;
- удобная доставка заготовок и приспособлений на рабочее место;
- минимальные затраты времени на переходы между станками.

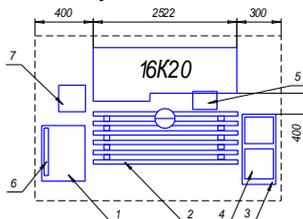


Рисунок – Рабочее место токаря в серийном производстве: 1 – инструментальный столик; 2 – решетка под ноги; 3 – приемный стол; 4 – тара с обрабатываемыми деталями; 5 – планшет для измерительного инструмента; 6 – подставка для чертежей; 7 – урна для мусора.

Варианты рационального расположения станков при их обслуживании одним рабочим представлены на рисунке.

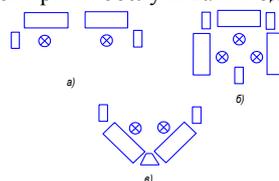


Рисунок – Схемы расположения станков при многостаночном обслуживании: а) линейное; б) П-образное; в) угловое.

Как правило, при многостаночном обслуживании рабочий выполняет работу одновременно на нескольких станках одной группы, однако в некоторых случаях целесообразно на одном рабочем месте располагать станки разных групп. Например, при обработке корпусных деталей с большим числом обрабатываемых отверстий рабочее место оператора-многостаночника может содержать и фрезерные, и сверлильные станки. В этом случае имеет место совмещение профессий.

### Разработка планировок оборудования

После выбора способа расположения оборудования приступают к разработке планировок.

**Планировка** представляет собой план расположения производственного, подъемно-транспортного и иного оборудования, инженерных сетей, рабочих мест, проездов и проходов. Разработка планировок является наиболее ответственным и сложным этапом проектирования, поскольку при этом одновременно решаются вопросы технологии, экономики, организации производства, техники безопасности, выбора транспортных средств, механизации и автоматизации производства, научной организации труда и производственной эстетики.

Планировка выполняется в масштабах 1:50, 1:100 или 1:200, обычно на миллиметровой бумаге. При разработке планировки должны учитываться следующие требования:

1. Размещение оборудования производится в соответствии с принятой формой организации технологических процессов.
2. Расположение оборудования, проходов и проездов должно гарантировать удобство и безопасность работы; возможность монтажа и демонтажа, ремонта оборудования; удобство подачи заготовок и инструмента; удобство уборки отходов.
3. Расположение оборудования должно быть увязано с применяемыми подъемно-транспортными средствами.
4. В планировках должны быть предусмотрены кратчайшие пути перемещения заготовок, деталей, узлов в процессе производства, исключаяющие возвратные движения. Грузопотоки не должны пересекаться между собой, а также не пересекать и не перекрывать основные проезды, проходы и дороги, предназначенные для движения людей.
5. На планировке должно быть показано все оборудование и устройства, относящиеся к рабочему месту:
  - станки и другое производственное оборудование;
  - место расположения рабочего у станка во время работы;
  - верстаки, рабочие столы, подставки;
  - места у станков для обработанных деталей, заготовок и материалов;
  - транспортные устройства, относящиеся к рабочему месту;
  - площадки для контроля и временного хранения деталей.
6. Производственный инвентарь (плиты разметочные, верстаки, столы, стеллажи) изображаются на плане по контуру габарита с простановкой внутри контура условных обозначений.
7. Все виды оборудования нумеруются сквозной нумерацией слева направо сверху вниз, причем нумерация подъемно-транспортного оборудования дается после технологического и продолжает нумерацию последнего;
8. В планировке, помимо оборудования, указываются:
  - наружные и внутренние стены и перегородки;
  - окна, двери, ворота;
  - тоннели, каналы, люки в полу;
  - колонны с осями и обозначением их номера – продольные оси здания обозначают снизу вверх по оси ординат заглавными буквами русского алфавита, а поперечные оси нумеруют слева направо арабскими цифрами.
9. В планировке должны быть указаны следующие необходимые размеры:
  - длина и ширина пролета, шаг колонн, ширина поперечных проходов и проездов; общая длина и ширина цеха;

- длина и ширина вспомогательных помещений;
- привязка оборудования к элементам здания.

Часть здания, ограниченная в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн, называется **пролетом**. Машиностроительное производство, как правило, размещается в зданиях, имеющих несколько пролетов. **Ширина пролета** – расстояние между осями колонн в поперечном направлении пролета – выбирается из унифицированного ряда величин и принимается одинаковой для всех пролетов цеха и достаточной для рационального размещения кратного числа станков (обычно 2...4). В зависимости от габаритных размеров оборудования и используемых транспортных средств ширина пролета составляет: для легкого машиностроения – 18 м, для среднего – 18 и 24 м, для тяжелого – 24, 30 и 36 м.

**Шаг колонн** – расстояние между осями колонн в продольном направлении – зависит от рода применяемого материала для зданий, его конструкции и нагрузок. Принимается равным 6, 9, 12 м. Расстояние между осями колонн в поперечном и продольном направлении образует сетку колонн (см. рисунок).

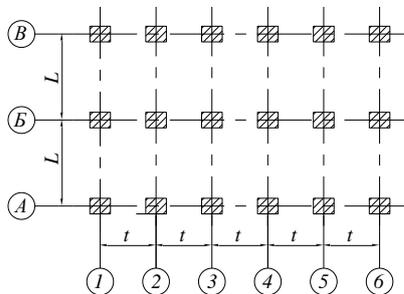


Рисунок – Сетка колонн (план пролета)

В механических цехах наиболее часто применяются сетки 18×6, 24×6, 18×12 и 24×12. В тяжелом машиностроении применяются сетки 30×6 и 36×6.

**Длина пролета** определяется суммой размеров последовательно расположенных производственных и вспомогательных отделений, проходов и других участков цеха. Она должна быть кратна шагу колонн и одинакова для всех пролетов. Обычно длина пролета принимается не более 500 метров, поэтому цех, как правило, размещают в нескольких пролетах.

При разработке планировок удобно использовать **темплеты** – планы (контуры) рабочих мест и оборудования, нанесенные на прозрачную пленку или вырезанные из плотной бумаги в определенном масштабе с учетом максимального выдвижения подвижных частей оборудования. Каждому типу станка соответствует определенное условное изображение, выполненное в соответствующем масштабе.

Использование темплетов позволяет значительно уменьшить трудоемкость планировочных работ. В настоящее время разработка планировок возможна также с применением средств автоматизации. В этом случае темплеты представляют собой графические файлы, занесенные в базу данных САД-системы (AutoCAD, модуль L-CAD пакета INTERMECH, КОМПАС-График).

При разработке планировки, помимо изображений станков, используются также условные изображения, приведенные в литературе.

Все указанные в планировке виды оборудования, грузоподъемных и транспортных устройств обозначаются порядковыми номерами и вносятся в спецификацию. При малом количестве оборудования допускается проставлять наименование модели станка непосредственно на его условном изображении.

Пример планировки механического участка представлены в литературе.

#### Определение производственных площадей

По назначению площади цехов делятся на производственные, вспомогательные и служебно-бытовые.

**Производственная площадь** включает площади, занятые производственным оборудованием и рабочими местами около этого оборудования, верстаками, стендами, а также рабочими местами для выполнения слесарных, сборочных и вспомогательных производственных операций рабочими местами мастеров и контролеров, средствами механизации и автоматизации, межоперационным транспортом, складами заделов, проходами и проездами между рядами станков (за исключением магистральных).

**Вспомогательная площадь** включает площади, занятые вспомогательными подразделениями (ремонтными и инструментальными службами, лабораториями, складами), а также межцеховыми магистральными проездами.

На **служебно-бытовых площадях** размещаются помещения для административно-технического персонала и общественных организаций, объекты санитарно-гигиенического назначения, общественного питания.

Общей площадью цеха называется сумма производственных и вспомогательных площадей без служебно-бытовых помещений.

Основным показателем для определения общей площади цеха и каждого из его производственных участков является **удельная площадь**, то есть площадь, приходящаяся на единицу оборудования или одно рабочее место:

$$S_{уд} = \frac{\text{общая площадь цеха}}{\text{общее число станков (рабочих мест)}}$$

По этому показателю судят об использовании производственной площади цеха. Очень плотное размещение станков создает нерациональные условия для работы (затрудняет движения рабочего, уменьшает безопасность, ухудшает освещенность); в результате снижается производительность труда. Редкое размещение также нежелательно, поскольку приводит к увеличению затрат на один станок.

В удельную общую площадь входят площади следующих вспомогательных помещений, кладовых инструментов, приспособлений, абразивов, помещений ОТК, промежуточных складов металла, полуфабрикатов и готовых изделий. Площади помещений для приготовления, сбора и регенерации СОЖ, переработки стружки, ремонтной мастерской, приспособлений и заточного отделения в удельную площадь цеха не включают.

В зависимости от габаритов используемого оборудования и транспортных средств, определяющих ширину проездов, удельные площади принимаются:

- для малых станков с габаритами до 1800×800  $S_{уд}=10...12 \text{ м}^2$ ;
- для средних станков с габаритами до 4000×2000  $S_{уд}=15...25 \text{ м}^2$ ;
- для крупных станков с габаритами до 8000×4000  $S_{уд}=30...50 \text{ м}^2$ ;

- для особо крупных станков с габаритами до 16000×6000  $S_{до}=70...150 \text{ м}^2$ .

Удельные показатели площади разрабатываются отраслевыми проектными организациями. Они зависят от вида производства и габаритных размеров принятого технологического оборудования. Поскольку в проектируемом цехе имеется оборудование с различными габаритами, то для предварительной оценки площади используют обобщенные удельные показатели для аналогичных цехов.

Расчеты, проведенные по табличным данным удельных площадей, требуют уточнения. Поэтому при детальном проектировании производственная площадь определяется на основании планировки.

После определения площади участков механической обработки определяют площади вспомогательных отделений. Расчеты выполняют либо на основании планировок (при детальном проектировании), либо в процентах от производственной площади:  $S_{всп.}=(15...20\%)S_{пр.}$

Ширину магистральных проездов принимают равной 4,5...5,5 м, ширину пешеходных проходов – 1,4 м.

В последнюю очередь определяются площади служебно-бытовых помещений. К ним относятся:

- административные и служебные (тех. часть, конструкторское бюро, планово-диспетчерское бюро, бухгалтерия, помещения мастеров и сменных инженеров);
- бытовые (гардероб, душевые, санузлы, прачечные, медпункты, парикмахерские, кабинет эмоциональной разгрузки, столовые, буфеты и др.).

Площадь административно-служебных помещений определяют из расчета 3,25 м<sup>2</sup> на каждого рабочего в смену с наибольшим числом работающих. В конструкторских бюро добавляется 5 м<sup>2</sup> на каждый кульман. Место мастера представляет собой площадку (обычно на возвышении) площадью 2×2 или 2,5×2,5 м<sup>2</sup>.

Площадь бытовых помещений определяют из расчета 2,7...3 м<sup>2</sup> на человека. При этом их расположение относительно рабочих мест также регламентируется определенными нормами, например:

- пункты приема пищи при получасовом перерыве на обед должны располагаться на расстоянии до 300 м от рабочих мест, при часовом перерыве – до 600 м;
- санузлы должны располагаться на расстоянии не более 100 м до рабочих мест.

## **Раздел 2 Вспомогательные системы машиностроительного производства**

### **Тема 2.1. Заготовительное, инструментальное и контрольное отделения (лекция – дискуссия 2 часа)**

#### **Состав вспомогательных систем**

Проектирование вспомогательных систем производится на основании уже разработанной основной технологической системы. К вспомогательным системам относятся:

- складская система;
- транспортная система;
- система инструментообеспечения;
- система ремонтного и технического обслуживания;
- система контроля качества изделий;
- система охраны труда работающих;
- система управления и подготовки производства.

В общем случае в состав механического цеха входят следующие вспомогательные отделения:

- заготовительное отделение;
- инструментальное отделение (секция монтажа и настройки; секция по восстановлению инструмента);
- контрольное отделение;
- ремонтное отделение для основного оборудования;
- мастерская для ремонта приспособлений;
- отделение по ремонту электрооборудования;
- отделение приготовления и раздачи СОЖ;
- отделение сбора и переработки стружки;
- цеховой склад материалов, полуфабрикатов и заготовок;
- промежуточный и межоперационный склады;
- инструментально-раздаточная кладовая (ИРК);
- склады приспособлений, абразивов, горюче-смазочных и вспомогательных материалов.

#### **Заготовительное отделение**

Служит для резки, отрезки, центровки, правки и обдирки прутковых материалов.

На крупных предприятиях заготовительное отделение является самостоятельным и представляет собой отдельный заготовительный цех. На небольших предприятиях заготовительное отделение – это заготовительный участок в составе механического цеха. Он может располагаться отдельно, а может быть совмещен с кузнечным производством или со складом материалов и заготовок.

В качестве основного оборудования в заготовительных отделениях используют: отрезные станки, дисковые пилы, приводные ножовки, центральные и фрезерно-центральные станки, правильные и обдирочные станки, прессы для правки, гильотинные ножницы и др.

Определение потребного количества оборудования производится либо на основании среднестатистических норм для аналогичных предприятий, либо на основании разработанного технологического процесса на заготовительные операции:

$$C_p = \frac{\sum T_{ш.к.заг}}{\Phi_{д.об.}}$$

Площадь заготовительного отделения рассчитывается либо укрупненно по значениям удельной площади (обычно из расчета 25...30 м<sup>2</sup> на станок), либо в процентах от производственной площади цеха:

- в единичном производстве около 5...6%;
- в мелкосерийном – 10...12%;
- в среднесерийном – 15...25%;
- в массовом до 100%.

#### **Инструментальное отделение**

Служит для обслуживания всего технологического оборудования цеха заранее подготовленными инструментами и выполняет следующие функции: монтаж и демонтаж инструментов, настройку инструмента вне станка; восстановление инструмента (в том числе заточку и замену твердосплавных пластин).

Монтаж, демонтаж и настройку инструментов выполняют в секциях сборки и настройки. Бесперебойная работа этой секции имеет большое значение, так как быстросменность режущего инструмента и предварительная его настройка на размер вне станка позволяют в процессе эксплуатации инструмента на станке избежать дополнительных наладок.

К оборудованию секции относятся приборы для настройки инструмента, стеллажи для его хранения, контрольные плиты, верстаки, тележки. Число приборов для настройки определяется по формуле:

$$N_{II} = \frac{N_{об.} \cdot N_{И.см.} \cdot t_H}{\Phi_{см.} \cdot K_3} \cdot K_a,$$

где  $N_{об.}$  – число обслуживаемых станков;

$N_{И.см.}$  – число инструментов, которые требуется настроить за смену, из расчета на один станок;

$t_H$  – время настройки одного режущего инструмента ( $\approx 5$  минут);

$\Phi_{см.}$  – время одной смены, мин;

$K_3$  – коэффициент загрузки прибора;

$K_a$  – коэффициент, учитывающий возможность автоматической настройки инструмента непосредственно на станке ( $K_a \approx 0,5$ ).

Укрупненно число настройщиков можно принять по нормам обслуживания в зависимости от числа станков основного производства: один настройщик на 15..25 станков с ЧПУ или на 5..6 обрабатывающих центров с инструментальными магазинами большой емкости. При детальном расчете число рабочих-настройщиков определяется по формуле

$$R_H = \frac{\Phi_{д.н.} \cdot N_{II}}{\Phi_{д.р.}}$$

где  $\Phi_{д.н.}$  – действительный годовой фонд времени работы прибора;

$\Phi_{д.р.}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего по настройке.

Площадь секции настройки инструмента определяется по удельной площади из расчета 10 м<sup>2</sup> на один прибор.

В секции восстановления режущего инструмента выполняют централизованную повторную заточку и текущий ремонт используемого инструмента. Если в цехе 150...300 единиц оборудования, организуют одну заточную секцию, если более – две секции. При числе станков менее 150 восстановление режущего инструмента выполняют в инструментальном цехе.

Оборудование секции: универсально-заточные станки; специальные станки для заточки червячных фрез, протяжек, долбяков; электроимпульсные станки для обработки закаленных элементов инструментальной оснастки; установки для напыления износостойких покрытий; настольное точило; обдирочно-шлифовальный станок; верстаки; плиты поверочные.

Для повышения производительности и улучшения качества режущего лезвия после заточки часто применяют доводку (особенно для твердосплавного инструмента). Доводка производится на специальных станках; их количество принимается равным приблизительно половине количества заточных станков, на которых затачивается инструмент, подлежащий доводке.

Точный расчет количества универсально-заточных станков обычно не производится из-за большой трудоемкости расчетов и отсутствия полных исходных данных. Потребное количество заточных станков общего назначения определяется в процентах от числа обслуживаемых станков: в поточном производстве 3...5%, в непоточном производстве 3...4% (большой процент принимается при числе обслуживаемых станков менее 200, меньший – при числе обслуживаемых станков более 500). Станки, работающие с абразивным инструментом, в число обслуживаемых не входят.

Количество специальных заточных станков определяют в среднем из расчета один станок на 4...20 станков основного производства, использующих данный инструмент. При малой загрузке специального станка заточку выполняют в инструментальном цехе.

Примерное процентное соотношение специальных заточных станков и станков основного производства приведено в таблице 2.1.

Полученное количество станков распределяют по типам в соответствии с отраслевыми нормами (таблица 2.2).

Таблица 2.1 – Нормы использования специальных заточных станков

Наименование спец. заточного станка	% от числа обслуживаемых станков
Станок для заточки червячных фрез	10
Станок для заточки резцовых головок	5
Станок для заточки долбяков	5
Станок для заточки протяжек	5
Станок для заточки циркулярной пилы	1

Таблица 2.2 – Нормы распределения станков по типам

Наименование заточного станка	% от общего числа заточных станков
Универсальные заточные станки	40...50
Заточные станки для резцов из быстрорежущей стали	12...20
Спец. станки для заточки твердосплавных резцов	12...20
Заточные станки для сверл	10...20
Универсальные круглошлифовальные	6...10
Универсальные плоскошлифовальные	6...10
Наждак	0,5...1

Количество рабочих принимается из расчета 1,7...2 человека на один заточной станок при работе в две смены.

Средняя удельная площадь секции заточки, учитывающая всю необходимую производственную и вспомогательную площади, при крупных изделиях составляет 12...14 м<sup>2</sup> на 1 станок, при средних – 10...12 м<sup>2</sup>, при малых – 8..10 м<sup>2</sup>. Во вспомогательную площадь этого отделения входят:

- площадь для хранения чертежей перетачиваемого инструмента;

- площадь для хранения абразивных кругов и приспособлений к станкам заточного отделения.

Инструментальное отделение следует располагать как можно ближе к инструментально-раздаточному складу. Кроме того, для обеспечения лучшей вентиляции и освещенности оно должно находиться в крайнем пролете с боковыми окнами. В секции заточки обязательно должно быть предусмотрено ограждение во избежание попадания абразивной пыли в оборудование.

#### Контрольное отделение

Контрольное отделение является частью общезаводской системы контроля качества (ОТК) и выполняет следующие функции:

- контроль качества материала изделия – производится путем наружного осмотра на предмет выявления внешних дефектов: трещин, раковин, вмятин, царапин. Для обнаружения дефектов пользуются лупой или микроскопом;
- контроль правильности размеров, полученных при обработке;
- контроль качества поверхности (с помощью эталонов чистоты).

Контроль, выполняемый в цехах, подразделяется на летучий, промежуточный и окончательный.

**Летучий** – предполагает периодическую проверку деталей в процессе их изготовления для предупреждения массового брака. Наиболее эффективным методом летучего контроля является статистический контроль, применяемый в серийном и массовом производстве. Летучий контроль проводится либо для деталей, обработанных после наладки или переналадки станка, либо после определенных операций. Выполняется самим рабочим-станочником непосредственно на рабочем месте.

**Промежуточный (межоперационный) контроль** – производится между операциями. В единичном и серийном производстве выполняется на специальных контрольных площадках, установленных в конце каждой группы станков (контрольные площадки указываются в планировке).

В крупносерийном и массовом производстве при расположении станков по ходу технологического процесса контрольные площадки располагаются непосредственно у станков, после обработки на которых производится контроль (расточных, шлифовальных, хонинговальных, отделочных и т.п.)

**Окончательный контроль** – производится после окончания всех операций, после полной обработки детали. Проверку выполняют работники ОТК в контрольном отделении цеха.

Окончательный и промежуточный контроль может быть сплошным (проверке подвергаются все детали) или выборочным. В случае обнаружения брака при обработке на поточной линии все последующие операции подвергают сплошному контролю до устранения обнаруженных отклонений.

Контрольные операции обязательно включают в технологическую карту изготовления детали, так как подробный расчет потребного количества контролеров производится на основе разработанных контрольных карт. Но это требует значительного времени. Обычно число контролеров принимают укрупненно в процентном отношении от числа основных станков:

- в серийном (непоточном) производстве – 5...7 %;
- в массовом (поточном) производстве – 7...10 %.

Площадь контрольных пунктов и контрольного отделения можно определить по планировкам всех рабочих мест работников контроля, оборудования и инвентаря, учитывая, что площадь стандартного контрольного пункта составляет  $2 \times 3 = 6$  м<sup>2</sup>.

Укрупненно площадь контрольного отделения определяют по формуле

$$S_{к.о.} = R_k \cdot S_{уд} \cdot K_p,$$

где  $R_k$  – количество контролеров;

$S_{уд} = 5...6$  м<sup>2</sup> на одного работника контрольного отделения;

$K_p = 1,5...1,75$  – коэффициент, учитывающий расположение оборудования инвентаря и проходов.

В общем случае площадь контрольного отделения принимают равной 3...5 % от площади станочного отделения.

Контрольное отделение располагается в механическом цехе по пути в сборочный цех, перед промежуточным складом, и отделяется перегородками. Там должна поддерживаться нормальная температура ( $t = 20 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

## Тема 2.2. Отделения ремонта, приготовления и раздачи СОЖ, удаления и переработки стружки (лекция – дискуссия 2 часа)

### Ремонтное отделение

Основными задачами ремонтной службы являются обслуживание производственного оборудования с целью предупреждения аварийных ситуаций, планово-предупредительный ремонт и модернизация, а также изготовление нестандартного оборудования. Периодичность проведения ремонтных работ определяет система **планово-предупредительного ремонта** (ППР), которая предусматривает следующие виды ремонта:

- **межремонтное обслуживание** – наблюдение за выполнением правил эксплуатации оборудования, своевременное устранение мелких неисправностей, регулирование механизмов и устройств;

- **осмотр** – вид планового технического обслуживания, заключающийся в проверке состояния оборудования, устранении мелких неисправностей и определении объема работ, подлежащих выполнению при очередном плановом ремонте;

- **текущий ремонт** – плановый ремонт, выполняемый с целью гарантированного обеспечения работоспособности оборудования в течение установленного нормативами периода времени до следующего ремонта и заключающийся в замене или восстановлении отдельных деталей или сборочных единиц (в зависимости от объема выполняемых работ подразделяется на **малый** и **средний** ремонт);

- **капитальный ремонт** – плановый ремонт, выполняемый с целью устранения неисправности оборудования и гарантированного обеспечения его работоспособности в течение установленного нормативами периода времени до следующего капитального ремонта, заключающийся в замене или восстановлении деталей **всех** сборочных единиц и требующий полной разборки оборудования, сборки и регулировки.

Задача системы планово-предупредительного ремонта – избежать внеплановых ремонтов, вызванных аварией оборудования.

**Ремонтный цикл** – это период от одного капитального ремонта до следующего. Для каждого вида оборудования разработана своя структура ремонтного цикла, устанавливающая количество и порядок чередования осмотров и различных видов ремонта. Например, для станков весом до 10 тонн ремонтный цикл содержит девять осмотров (О), шесть малых ремонтов (МР), два средних ремонта (СР) и один капитальный (КР), и выглядит следующим образом:

$$KP - O_1 - MP_1 - O_2 - MP_2 - O_3 - CP_1 - O_4 - MP_3 - O_5 - MP_4 - O_6 - CP_2 - O_7 - MP_5 - O_8 - MP_6 - O_9 - KP$$

Для станков с ЧПУ структура ремонтного цикла должна удовлетворять требованию как можно более редкой их разборки.

Плановые ремонты в пределах цикла осуществляются через определенные, равные между собой промежутки времени работы оборудования, называемые межремонтными периодами.

В зависимости от типа производства и количества основного оборудования форма организации ремонтных работ может быть централизованной или децентрализованной. Так, на заводах с числом станков менее 600 применяют **централизованную** форму организации ремонта, когда все виды ремонта выполняются в ремонтно-механическом цехе (РМЦ), а межремонтным обслуживанием оборудования занимается служба цеховой механика. На крупных заводах с числом станков более 800 более эффективна **децентрализованная** форма, когда ремонт оборудования всех видов выполняют цеховые ремонтные отделения. На заводах с числом станков 600...800 применяется **смешанная** форма организации ремонтных работ, при которой ремонтно-механический цех осуществляет только капитальный ремонт, а все остальные виды ремонта выполняют цеховые отделения.

Количество основных станков ремонтного отделения при укрупненном проектировании определяется в зависимости от количества обслуживаемого технологического и подъемно-транспортного оборудования механического цеха либо по количеству ремонтных единиц технологического оборудования (таблица 2.3), либо в процентном соотношении.

**Ремонтная единица (или единица ремонтной сложности)** – это установленная трудоемкость в часах для каждого вида ремонтной работы какого-либо механизма, принятого за эталон. Для металлорежущих станков трудоемкость единицы ремонтной сложности принимается в размере  $\frac{1}{10}$  трудоемкости ремонта токарно-винторезного станка 1К62, принятого в качестве эталона.

Таблица 2.3 – Количество станков ремонтного отделения в зависимости от количества основного оборудования цеха

Количество оборудования (станков)		Количество оборудования (станков)	
в цехе	в ремонтном отделении	в цехе	в ремонтном отделении
до 150	2 – 4	700	9 – 12
200	3 – 5	800	10 – 13
300	4 – 6	1000	12 – 15
400	5 – 7	1200	15 – 18
500	6 – 8	1500	18 – 20
600	7 – 9		

Если количество станков ремонтного отделения определяется в процентах от количества обслуживаемого оборудования, то используют следующие процентные нормы: для крупносерийного и массового производства 2,6...4,3%, для серийного 1,9...3,3%, для единичного и мелкосерийного 2...2,8%. Большие значения принимаются при количестве обслуживаемого оборудования менее 500 единиц, меньшие – при количестве свыше 5000 единиц.

При детальном проектировании количество станков определяют по трудоемкости ремонта единицы оборудования, то есть по количеству часов, затрачиваемых на ремонт каждой единицы оборудования, подлежащей обслуживанию и ремонту (в этом случае должна быть известна вся номенклатура обслуживаемого оборудования):

$$C_{рем.} = \frac{T_{\Sigma c}}{\Phi_{д.об.} \cdot m \cdot K_3}$$

где  $\Phi_{д.об.}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

$K_3=0,75...0,8$  – коэффициент загрузки;

$m$  – число смен;

$T_{\Sigma c}$  – суммарная станкоемкость станочных работ, потребных для ремонта всего количества оборудования, равная

$$T_{\Sigma c} = \sum (h_{ст.ч.} \cdot E_p \cdot K_u \cdot N)$$

где  $h_{ст.ч.}$  – станкоемкость станочных работ единицы ремонтной сложности, ч;

$N$  – количество обслуживаемого оборудования каждого вида;

$E_p$  – число единиц ремонтной сложности для каждого вида оборудования;

$K_u$  – коэффициент цикличности, равный отношению количества ремонтов данного вида  $n_u$ , выполняемых за один ремонтный цикл, к продолжительности ремонтного цикла  $T_u$ . Например, если длительность ремонтного цикла составляет пять лет, а число малых ремонтов за цикл равно шести, то для малого ремонта  $K_u = \frac{6}{5} = 1,2$ .

Помимо основного оборудования, в ремонтном отделении предусматривается дополнительное оборудование: настольные сверлильные станки, гидравлические и ручные прессы, наждаки, сварочные трансформаторы, моечная ванна. Количество этого оборудования составляет 20...45% от основного.

Если ремонтная база цеха имеет в своем составе не более пяти станков, целесообразно организовать объединенную ремонтную базу для обслуживания нескольких цехов, особенно при размещении цехов в одном корпусе.

Число рабочих-станочников ремонтного отделения при **укрупненном проектировании** определяется по числу основных станков:

$$R_{ст.рем.} = \frac{C_{осн.} \cdot K_3 \cdot K_u \cdot \Phi_{д.об.}}{\Phi_{д.раб.} \cdot K_m}$$

где  $K_3 K_u = 0,5...0,7$  – коэффициенты загрузки и использования оборудования;

$K_m = 1,05...1,1$  – коэффициент многостаночного обслуживания;

$C_{осн.}$  – количество основного оборудования.

Число слесарей определяется в процентах от числа станочников с учетом формы организации ремонтных работ: при централизованной форме принимается 60...80%, при децентрализованной 100...120%, при смешанной 80...100% (большие значения относятся к меньшим цехам, меньшие – к большим).

Число вспомогательных (подсобных) рабочих принимают равным 18...20% от общего числа станочников и слесарей. Число ИТР определяют по нормативам для механических и сборочных цехов в зависимости от числа станочников и слесарей.

рей (примерно 9...12% от общего числа рабочих). Служащие составляют 1,5...2,5%, МОП – 1,0...1,5% от общего числа рабочих.

При детальном проектировании число рабочих-станочников определяется так же, как в основном производстве:

$$R_{ст.рем.} = \frac{T_{\Sigma c}}{\Phi_{д.р.} \cdot K_m}$$

где  $T_{\Sigma c}$  – суммарная станкоемкость станочных работ, потребных для ремонта всего количества оборудования;

$\Phi_{д.р.}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего;

$K_m = 1,05 \dots 1,1$  – коэффициент многостаночности.

Аналогично определяется число слесарей:

$$R_{сл.рем.} = \frac{T_{\Sigma сл.}}{\Phi_{д.р.}}$$

где  $T_{\Sigma сл.}$  – суммарная трудоемкость слесарно-сборочных работ, потребных для ремонта всего количества оборудования, равная

$$T_{\Sigma сл.} = \sum (h_{чел.ч.} \cdot E_p \cdot K_u \cdot N)$$

где  $h_{чел.ч.}$  – трудоемкость слесарно-сборочных работ единицы ремонтной сложности, ч.;

$N$  – число единиц обслуживаемого оборудования каждого вида;

$E_p$  – число единиц ремонтной сложности для каждого вида оборудования;

$K_u$  – коэффициент цикличности.

Общая площадь ремонтного отделения определяется по показателю общей удельной площади на единицу основного оборудования этого отделения из расчета 25...30 м<sup>2</sup> на один станок (таблица 2.4) и 20...35 м<sup>2</sup> на одно рабочее место сборщика.

Площадь слесарного отделения принимается в размере 65...70% от станочной площади.

Таблица 2.4 – Показатели удельной площади для ремонтного отделения

Количество основного оборудования	Общая площадь на единицу основного оборудования, м <sup>2</sup>	В том числе площадь склада запчастей.
3...6	31...32	4
7...10	29...30	3,5
11...15	27...28	3
св. 16	27	2,5

При детальном проектировании площадь ремонтного отделения определяется на основании планировок с учетом проходов и проездов.

**Отделение по ремонту электрооборудования** предназначено для периодического осмотра и ремонта электродвигателей вентиляционных систем, устройств электроавтоматики и электроники. Его площадь составляет 35...40% площади цехового ремонтного отделения.

Трудоемкость текущего ремонта электрооборудования определяется по формуле

$$T_{эл} = 36K,$$

где  $K$  – число условно приведенных электродвигателей, равное 120% от количества двигателей в данной производственной системе.

#### Отделение приготовления и раздачи СОЖ

Существуют три способа организации снабжения металлорежущих станков механического цеха СОЖ:

- централизованный циркуляционный;
- централизованный групповой;
- децентрализованный.

При **централизованном циркуляционном** способе СОЖ от центральной установки подается по трубопроводам непосредственно к станкам, а отработанная жидкость самотеком по подземным трубопроводам возвращается к установке для последующей фильтрации. Этот способ применяется в цехах, имеющих большое количество однотипных станков, потребляющих одинаковые по составу охлаждающие жидкости.

При **централизованном групповом** способе СОЖ по трубам из центральной установки подается к разборным кранам, установленным на участках и распределяющим жидкость по группам станков или по отдельным станкам. Отработанные эмульсии и водные растворы отводятся в канализацию, а отработанное масло передается для регенерации. Этот способ применяется в цехах, имеющих большое количество разнотипных станков, потребляющих разные по составу охлаждающие жидкости.

**Децентрализованный** способ предусматривает подачу СОЖ в таре; отработанные жидкости удаляются так же. Применяется в цехах с небольшим количеством станков.

Централизованные циркуляционные системы подачи СОЖ обеспечивают лучшее обслуживание оборудования и способствуют сокращению производственных площадей.

Используемое оборудование:

- установки для приготовления и регенерации СОЖ;
- емкости для сбора и фильтрации СОЖ (располагаются обычно в тоннелях и подвальных помещениях);
- смесители;
- теплообменники;
- насосы;
- водопроводы;
- паропроводы (для подогрева и стерилизации жидкости);
- воздухопроводы, обеспечивающие подачу сжатого воздуха для перемешивания растворов в смесителях.

В процессе работы охлаждающие жидкости и масла постепенно загрязняются и разлагаются, поэтому требуется их периодическая замена. Наибольшую продолжительность работы без замены СОЖ обеспечивает централизованно-циркуляционный способ, поскольку в этом случае система охлаждения имеет большой объем, что способствует увеличению срока службы жидкости.

Количество СОЖ, подаваемое в зону обработки, определяется видом режущего инструмента, его размером, режимами резания и условиями обработки. Например, средний расход жидкости на один резец токарного станка составляет 15 л/мин, на осевой инструмент 3...6 л/мин.

Нормы расхода СОЖ для некоторых видов оборудования приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Нормы расхода СОЖ и смазочных материалов

Виды станков	Марка СОЖ или масла	Суточная норма расхода на один станок, кг
Одношпиндельный токарный автомат	сульфофрезол	2,3
Резьбошлифовальный	сульфофрезол	2,5
Зубообрабатывающий	сульфофрезол	4,1
Многошпиндельный автомат	сульфофрезол	5,4
Электроискровой	керосин	2,5
Металлорежущий	эмульсол	0,3
	сода	0,03
	Индустриальное масло 20,30,45	Мелкое оборудование –
Среднее оборудование –		0,44
Крупное оборудование –		0,7

Годовой расход СОЖ определяется по формуле:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^N q_i \cdot \Phi_p}{1000}, \text{ т/год}$$

где  $q_i$  – расход охлаждающей жидкости на один станок в сутки, кг;

$N$  – количество станков;

$\Phi_p$  – число рабочих дней в году.

Укрупненно площадь отделения приготовления и раздачи СОЖ определяется в зависимости от количества металлорежущих станков (за исключением шлифовальных). Нормы площади приведены в таблице 2.6.

Количество рабочих в отделении обычно составляет 2...4 человека. Количество смазчиков принимается из расчета один смазчик на 120...150 станков.

Таблица 2.6 – Нормы определения площади отделения для приготовления и раздачи СОЖ в зависимости от количества станков

Количество станков	30...60	60...100	100...200	200...300	300...400
$S_{СОЖ}, \text{ м}^2$	35...40	40...50	50...75	75...100	100...120

В среднем площадь отделения для приготовления и раздачи СОЖ составляет 40...120 м<sup>2</sup>, хотя в крупных цехах массового производства максимальная площадь может достигать 100...200 м<sup>2</sup>. Здесь же находится склад масел, площадь которого определяется из расчета 0,1...0,12 м<sup>2</sup> на один обслуживаемый станок.

Площадь помещения для работы смазчиков составляет 10...20 м<sup>2</sup>. В этом помещении располагаются верстаки и шкафы для хранения масленок.

Эмульсионная станция и склад масел являются пожароопасными, поэтому они должны располагаться в помещениях у наружной стены с отдельным выходом наружу.

#### Отделение удаления и переработки стружки

Удаление и переработка стружки является важной задачей, поскольку при обработке на современных станках образуется до 100 кг стружки в час.

При выборе способов удаления и переработки стружки требуется определить ее количество как разность массы заготовок и деталей. При укрупненном проектировании массу стружки принимают равной 10...15% массы готовых деталей. Чугунную, стальную и стружку из цветных металлов необходимо собирать отдельно.

В таблице 2.7 приведены значения насыпного веса стружки в зависимости от ее вида.

Таблица 2.7 – Насыпной вес стружки

Материал	Вид стружки	Насыпной вес стружки из расчета на 1 м <sup>3</sup> , т
Чугун	Мелкая	1,7...1,9
Сталь	Элементная	1,0...1,5
Сталь	Комкообразная	0,4...0,7
Сталь	Спиральная (стружка скалывания)	0,3...0,6
Сталь	Сливная (витая)	0,1...0,25

Для облегчения транспортировки и дальнейшей переработки длина стружки должна быть не более 200 мм, а диаметр витка – не более 25...30 мм. Поэтому стальная витая (сливная) стружка должна предварительно дробиться в ходе обработки на станке. Для этого режущий инструмент оснащают специальными элементами: стружколомами, стружкозавивающими канавками и др.

Организация сбора и транспортировки стружки зависит от годового количества стружки, образуемого на 1 м<sup>2</sup> площади цеха:

- При количестве стружки до 0,3 т в год на 1 м<sup>2</sup> стружку собирают в специальные емкости (короба), установленные на механических участках вблизи проездов, и доставляют к месту сбора и переработки посредством напольного транспорта. Этот способ применяют также в том случае, когда на участке обрабатывают заготовки из разнородных материалов.

- При количестве стружки 0,3...0,65 т в год 1 м<sup>2</sup> используют линейные конвейеры, расположенные вдоль станочных линий. В конце конвейера устанавливается специальная тара, которая после заполнения доставляется к месту сбора и переработки.

- При количестве стружки более 0,65...1,2 т в год 1 м<sup>2</sup> при общем количестве не менее 3000 т в год используют систему линейных и магистральных конвейеров, которые транспортируют стружку непосредственно на накопительную площадку или на эстакаду, расположенную вне цеха.

- При количестве стружки более 1,2 т в год на 1 м<sup>2</sup> при общем количестве более 5000 т в год создают комплексную автоматизированную систему линейных и магистральных конвейеров, осуществляющую подачу стружки непосредственно в отделение переработки.

Для уборки стружки из рабочей зоны современных станки имеют специальные устройства (транспортёры), которые перемещают стружку в корб или люк, расположенные с тыльной стороны станка.

Транспортирование стружки от станков к сборным коробам или бункерам производится при помощи электротележек и погрузчиков, электротельферов на монорельсе, мостовых кранов, кран-балок, транспортёров. Сборные короба транспортируются в отделение для переработки стружки теми же транспортными средствами.

Наиболее эффективно применение транспортёров или конвейеров, расположенных под полом. Линейные конвейеры размещают обычно в каналах глубиной 600...700 мм, а магистральные – в тоннелях глубиной до 3000 мм.

В зависимости от вида и материала стружки применяются следующие типы конвейеров: шнековые (винтовые), скребковые, ершово-штанговые, цепные, пластинчатые, ленточные, вибрационные, магнитные, гидравлические, пневматические и др.

**Винтовой** конвейер состоит из неподвижного желоба, внутри которого вращается вал с винтом. Конвейеры этого типа могут быть одновинтовые и двухвинтовые, длина винта обычно не превышает 3...4 м.

**Скребково-штанговый** конвейер применяется для транспортирования чугуновой стружки.

Недостатками механических конвейеров являются быстрый износ, сложность ремонта, ограниченное применение. В ряде случаев более выгодно применять гидравлические и пневматические конвейеры.

**Гидравлические** конвейеры служат для транспортирования мелкой стружки из любого металла при обилии СОЖ. **Пневматические** конвейеры – для транспортирования чугуновой и мелкой алюминиевой и стальной стружки.

Перемещение мелкой стружки на небольшие расстояния удобно осуществлять посредством вибрационных и магнитных конвейеров.

Наиболее эффективным способом переработки стружки является ее брикетирование на специальных прессах. Брикет обычно имеет форму цилиндра диаметром 140...180 мм, высотой 40...100 мм, массой 5...8 кг. Плотность брикета составляет 5...6 т/м<sup>3</sup>.

Брикетирование стружки в цеховом отделении производится при интенсивности образования: стальной стружки 2,7 т/час; чугуновой – 1,5 т/час; алюминиевой – 0,5 т/час. При меньшей интенсивности организовывать цеховое отделение переработки стружки нецелесообразно, и переработка стружки осуществляется в централизованном отделении, обслуживающем несколько цехов завода.

Перед брикетированием стружка всех видов подвергается обезжириванию для удаления остатков масел и СОЖ. Алюминиевая стружка подвергается также магнитной сепарации для удаления стружки черных металлов. Сливную стружку предварительно измельчают.

Площадь отделения для сбора и переработки стружки определяется в зависимости от количества обслуживаемых станков цеха, исключая шлифовальные. Нормы площади приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Нормы площади цеховых отделений сбора и переработки стружки в зависимости от числа станков

Количество станков	до 60	60...100	100...200	200...300	300...400
$S_{стр}, м^2$	65...75	75...85	85...105	110...125	130...180

В среднем площадь отделения для сбора и переработки стружки составляет 3...4% от производственной площади цеха.

### Тема 2.3. Склады (лекция – дискуссия 2 часа)

#### Цеховой склад материалов и заготовок

Предназначается для хранения запасов пруткового и другого материала и штучных заготовок (отливок, поковок, штамповок и др.) и по возможности должен быть объединен с заготовительным отделением. Такие склады организуются только при механических цехах единичного и мелкосерийного производства. В цехах поточно-массового производства склады материалов и заготовок входят в состав заготовительного цеха, а в механических цехах предусматриваются складские площадки шириной 2...3 м в начале каждой поточной линии и площадки для временного хранения готовых деталей – в конце линии.

Запас материалов и заготовок должен содержать минимум, необходимый для бесперебойной работы станков. Создавать слишком большой запас нерационально, так как это уменьшает оборачиваемость фондов и требует больших площадей. Нормы запаса приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Нормы запаса материалов и заготовок на складе в зависимости от типа производства

Вид материала и заготовок	Нормы запаса, сутки				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
Сортовой материал; мелкие и средние отливки и поковки	10	8	6	4	2 (на площадках)
Крупные отливки и поковки (свыше 100 кг)	10	8	6	1,5	0,5 (на площадках)

Для достижения прямого и кратчайшего пути движения материалов и заготовок склад располагают в начале цеха. При этом он может располагаться в выделенном помещении непосредственно в пролетах механического цеха, в отдельном пролете либо вне здания цеха под эстакадой, как показано на рисунке 2.1.

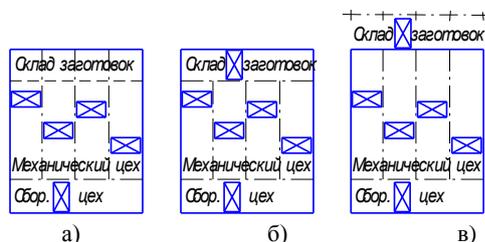


Рисунок 2.1 – Расположение склада заготовок в механическом цехе:

- а) в начале цеха поперек пролетов здания;
- б) в отдельном пролете, перпендикулярно пролетам цеха;
- в) под эстакадой, примыкающей к зданию цеха и расположенной перпендикулярно его пролетам

Расположение в отдельном пролете или под эстакадой позволяет использовать мостовой кран, что важно для комплексной механизации и автоматизации складских работ.

Для размещения металлопроката используют **стеллажи** различного типа: клеточные, стоечные, консольные, крючковые, пирамидальные и др. Например, прутковый материал хранится горизонтально в штабелях, стойках, клеточных и крючковых стеллажах или вертикально в пирамидальных стеллажах. Конструкция используемых стеллажей определяется видом подъемно-транспортных средств, используемых на складе.

Для размещения штучных заготовок и разрезанного проката используют клеточные стеллажи и унифицированную тару: ящичные, стоечные и плоские поддоны; кассеты. Применение унифицированной тары позволяет избежать перекаладывания заготовок при межцеховой транспортировке. Наиболее часто применяются ящичные металлические и пластмассовые поддоны, называемые **производственной тарой** (ГОСТ 14861-74).

Крупные и тяжелые поковки и отливки, а также сварные конструкции хранят в **штабелях**; мелкие и средние заготовки в ящичной таре также удобно складировать штабелями в несколько ярусов. Такой вид складирования применяется в небольших цехах. Недостатком складов такого типа является большая площадь складирования, особенно при разнообразной номенклатуре заготовок и металлопроката. Достоинство заключается в возможности быстрой перепланировки.

В средних и крупных цехах при большой номенклатуре изделий целесообразно хранение заготовок в таре на стеллажах. Стеллажи стремятся расположить таким образом, чтобы обеспечить наибольшую естественную освещенность. Между стеллажами предусматривают проходы и проезды, ширина которых зависит от вида используемого транспорта:

- 0,7...1 м при обслуживании ручными тележками;
- 1,5...2 м при обслуживании электрокарами;
- 4 м при использовании автотранспорта.

Если склад располагается на втором этаже и выше, то грузонапряженность принимается не более 1 т/м<sup>2</sup>.

Склады стеллажной конструкции имеют большую вместительность при меньшей занимаемой площади за счет лучшего использования здания по высоте и обеспечивают безопасность работы благодаря высокой устойчивости конструкции. Недостатком является малая приспособленность к перепланировке, поэтому при проектировании складов этого типа нужно учитывать перспективу развития цеха и завода в целом.

Площадь **отдельных участков склада**, предназначенных для хранения определенного сорта материала и заготовок, при укрупненном проектировании определяется по формуле:

$$S_{ск.} = \frac{m_{\Sigma} \cdot t}{\Phi_p \cdot q}$$

где  $m_{\Sigma}$  – общий черновой вес материалов, заготовок и полуфабрикатов, подлежащих механической обработке в течение года, т;

$t$  – число дней хранения грузов на складе, то есть нормативный запас хранения, календарные сутки;

$\Phi_p$  – число рабочих дней в году;

$q$  – грузонапряженность площади склада, то есть допустимая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади, в зависимости от вида груза и способа его хранения, т/м<sup>2</sup>.

Нормы грузонапряженности приведены в таблице 5.9.

Таблица 2.10 – Нормы грузонапряженности площади склада в зависимости от вида и размеров заготовок

Удельный вес материала, т/м <sup>3</sup>	Виды и размеры заготовок		
	Сортовой материал	Отливки, поковки и штамповки	
		Мелкие и средние	Крупные
Менее 4	1,2	0,7	1,2
4 и более	2,5...3	2...3	1,5...2

При определении **общей площади склада** без деления на отдельные участки расчет выполняется по средним значениям:

$$S_{ск.} = \frac{m_{\Sigma} \cdot t_{cp}}{\Phi_p \cdot q_{cp} \cdot K_u}$$

где  $t_{cp}$  – средний нормативный запас хранения, календарные сутки;

$q_{cp}$  – средняя грузонапряженность площади склада, т/м<sup>2</sup>;

$K_u$  – коэффициент использования площади склада, представляющий собой отношение полезной площади склада к его общей площади, включая проходы, проезды, площадки приема и выдачи грузов; в среднем  $K_u=0,4...0,5$ ; при обслуживании стеллажными и мостовыми кранами-штабелерами  $K_u=0,35...0,4$ ; при обслуживании напольным конвейером  $K_u=0,25...0,3$ .

В среднем площадь цехового склада материалов и заготовок составляет 10...15% от станочной площади цеха.

Число кладовщиков при укрупненном проектировании определяют по нормативам в зависимости от числа производственных станков. Один кладовщик обслуживает: в единичном и мелкосерийном производстве 125 станков, в среднесерийном – 135 станков, в крупносерийном – 180 станков.

При детальном проектировании на основе анализа номенклатуры заготовок, полуфабрикатов и деталей определяют основные параметры склада: число ячеек, секций (это часть стеллажа, ограниченная по ширине одной ячейкой), стеллажей,

кранов-штабелеров, площадок приема, комплектации и выдачи груза, – после чего путем планировки оборудования уточняют потребную площадь и определяют число работающих.

#### Промежуточный и межоперационный склады

Для создания заделов заготовок между операциями технологического процесса в поточном производстве используются специально отведенные площадки между станками. Здесь же производится контроль деталей. В непоточном производстве вместо таких площадок организуются так называемые **межоперационные склады** для хранения полуфабрикатов.

Срок нахождения деталей на складе зависит от типа производства:

- в единичном и мелкосерийном производстве – 6 дней;
- в среднесерийном производстве – 4 дня;
- в крупносерийном и массовом производстве – 2 дня.

Площадь межоперационного склада определяется по формуле:

$$S_{mo} = \frac{m_{\Sigma ч} \cdot K_o \cdot t_{cp} \cdot i}{\Phi_p \cdot q_{cp} \cdot K_u}$$

где  $m_{\Sigma ч}$  – чистый вес готовых деталей, т;

$K_o$  – коэффициент, учитывающий вес отходов за прошедшие операции обработки (так как средний вес полуфабрикатов примерно на 7...8% больше чистого веса, то  $K_o=1,07...1,08$ );

$t_{cp}$  – количество дней хранения грузов на складе за один заход;

$i$  – среднее количество операций, после которых детали будут заходить на склад (в серийном производстве  $i=5...6$  операций)

$\Phi_p$  – количество рабочих дней в году;

$q_{cp}$  – средняя грузонапряженность площади пола, т/м<sup>2</sup>;

$K_u$  – коэффициент использования площади склада ( $K_u \approx 0,4$ ).

Нормы грузонапряженности площади пола промежуточных складов приведены в таблице 2.12.

Число кладовщиков межоперационных складов при укрупненном проектировании определяют по нормативам в зависимости от числа производственных станков. Один кладовщик обслуживает: в единичном и мелкосерийном производстве 65 станков, в среднесерийном – 80 станков, в крупносерийном – 105 станков.

После проверки в контрольном отделении цеха детали поступают на так называемый **промежуточный склад**, предназначенный для хранения готовых деталей и узлов и снабжения ими сборочного цеха. Здесь же хранятся комплектующие изделия (электрооборудование, подшипники, прокладки и др.), доставляемые с центрального склада завода.

Запас готовых сборочных узлов при поточной сборке составляет 1...2 дня, при стендовой сборке – 0,5...1 день.

Нормы запаса готовых деталей приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Нормы запаса готовых изделий на промежуточном складе в зависимости от типа производства

Размер деталей	Нормы запаса, сутки				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
Мелкие и средние	15	10	7	4	2
Крупные (>100 кг)	6	4	2	1	0,5

Нормы запаса комплектующих изделий:

- для серийного производства 4 дня;
- для крупносерийного – 2...2,5 дня;
- для массового – 1...1,5 дня.

В соответствии с выполняемой функцией, промежуточный склад располагается в конце пролетов механического цеха за контрольным отделением, по пути движения деталей из механического цеха в сборочный. В поточном производстве склады готовых деталей представляют собой выделенные складские площадки, расположенные в концах поточных линий или подвижные склады-конвейеры (подвесные, пластинчатые и др.), которые доставляют детали и агрегаты непосредственно к месту сборки.

Площадь промежуточных складов определяется по тем же формулам, что и для цехового склада материалов и заготовок:

- площади отдельных участков

$$S_{\Pi} = \frac{m_{\Sigma ч} \cdot t}{\Phi_p \cdot q}$$

- общая площадь склада

$$S_{\Pi} = \frac{m_{\Sigma ч} \cdot t_{cp}}{\Phi_p \cdot q_{cp} \cdot K_u}$$

где  $m_{\Sigma ч}$  – общий чистый вес деталей;

Нормы грузонапряженности площади пола промежуточных складов приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Нормы грузонапряженности площади промежуточных и межоперационных складов в зависимости от размеров деталей

Удельный вес материала, т/м <sup>3</sup>	Нормы грузонапряженности площади складов			
	промежуточных		межоперационных	
	мелких и средних деталей	крупных деталей	мелких и средних деталей	крупных деталей
Менее 4	0,4	0,6	0,3	0,6
4 и более	1	1,5	0,9	1,7

Число кладовщиков промежуточных складов при укрупненном проектировании определяют по нормативам в зависимости от числа производственных рабочих сборочного цеха (участка) согласно таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Нормы для определения численности кладовщиков промежуточных складов в зависимости от типа производства

Склад	Тип производства		
	единичное и мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное и массовое
готовых деталей	65	80	105
готовых узлов	180	270	360
комплектующих изделий	90	160	270

#### Инструментально-раздаточная кладовая

Инструментально-раздаточная кладовая (ИРК) служит для обеспечения рабочих мест станочников и слесарей инструментом и приспособлениями. Она находится в ведении инструментальной службы предприятия.

Организация ИРК зависит от количества обслуживаемых станков. В цехах крупносерийного и массового производства с количеством станков менее 200 (а в цехах единичного, мелко- и среднесерийного производства – менее 50) устраивается общий инструментально-раздаточный склад для всех видов инструмента (режущего, вспомогательного и измерительного) и приспособлений. Для крупных цехов устраивают отдельные специализированные склады режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, приспособлений и абразивов.

Площадь ИРК определяется по числу обслуживаемых рабочих мест. Нормы удельных площадей из расчета на один производственный металлорежущий станок обслуживаемого цеха приведены в таблице 2.14 (меньшие значения относятся к малым станкам, большие – к крупным).

Таблица 2.14 – Нормы для расчета площади цеховых кладовых при двухсменной работе в зависимости от типа производства

Кладовые	Объекты хранения	Тип производства			
		массовое	Крупносерийное	Среднесерийное	Мелкосерийное
Инструментально-раздаточные	Режущий и вспомогательный инструмент	0,1...0,2	0,2...0,6	0,25...0,7	0,4...0,9
	Измерительный инструмент	0,1...0,2	0,1...0,2	0,15...0,3	0,3...0,5
	Режущий, вспомогательный и измерительный инструмент	0,2...0,3	0,3...0,8	0,4...1,0	0,7...1,4
Приспособлений	Приспособления для установки деталей на станках	0,15...0,2	0,25...0,6	0,35...0,5	0,6...1,2
Инструментальной оснастки	Приспособления и все виды инструмента	0,35...0,5	0,55...1,4	0,75...1,9	1,3...2,6
Абразивов	Шлифовальные и полировальные круги	0,4...0,5	0,4...0,6	0,45...0,7	0,5...0,8
Вспомогательных материалов	Обтирочные и хозяйственные материалы	0,1	0,1	0,1	0,1

Численность кладовщиков механического цеха определяется из расчета, что один кладовщик обслуживает в единичном и мелкосерийном производстве 35...40 станков, в серийном – 55...65, в крупносерийном – 75...85, в массовом – 95...105.

Численность кладовщиков сборочного цеха определяется из расчета, что один кладовщик обслуживает следующее число производственных рабочих: в единичном и мелкосерийном производстве – 47...53, в серийном – 53...60, в крупносерийном – 67...73, в массовом – 73...80.

ИРК обычно располагается рядом с заточным отделением в центральной части цеха; в условиях поточного производства его размещают в стороне от поточных линий (в конце цеха). Наиболее удобной формой ИРК является вытянутый прямоугольник, поперек которого располагаются стеллажи с инструментом и приспособлениями, а по длинной стороне – окна раздачи.

### Раздел 3. Компонировка цехов и транспортная система производства

#### Тема 3.1. Компонировка механических и сборочных цехов (лекция – дискуссия 2 часа)

Компоновочным планом, или компоновкой цеха называется план, выполненный в заданном масштабе (обычно 1:100, 1:200 или 1:400, в зависимости от размера принятого здания) с нанесенными на нем границами производственных и вспомогательных участков, служебно-бытовых помещений, магистральных проездов, но без изображения детального расположения оборудования. Все размеры на компоновочном плане проставляются в миллиметрах.

Компоновочные планы выполняют для всех этажей здания.

Компоновочный план позволяет установить взаимное расположение входящих в состав корпуса цехов, отделений, участков и выбрать оптимальное направление производственного процесса, движения транспорта, грузовых и людских потоков;

Разработка компоновочного плана производится с учетом следующих требований:

- обеспечение прямооточности производственного процесса, начиная от склада или места поступления заготовок и заканчивая отправкой готовой продукции;
- минимизация путей движения продукции на всем протяжении процесса производства;
- использование наиболее экономичных видов транспорта;
- компактное расположение участков и цехов;
- размещение участков с вредными выделениями и пожароопасных у наружных стен здания;
- возможность последующего расширения производства.

На компоновочном плане указывается:

- взаимное расположение отделений, цехов, участков, магистральные и цеховые проезды и проходы, железнодорожные пути, въезды для безрельсового транспорта.
- число и грузоподъемность используемых кранов;

- основные технологические размеры (ширина и длина пролетов, шаг колонн, высота пролета до подкрановых путей).

**Высота пролета** – это расстояние от пола до нижней части несущей конструкции. Она выбирается из ряда унифицированных значений по рассчитанной высоте  $H_1$  головки кранового рельса.

Высота головки кранового рельса определяется по схеме согласно рисунку 3.1 в зависимости от максимальной высоты оборудования  $h_1$ , минимального расстояния между оборудованием и перемещаемым грузом  $h_2$ , высоты перемещаемого груза  $h_3$ , высоты крана  $h_4$ :

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

где  $h_1$  – максимальная высота оборудования, м;

$h_2$  – минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, м;

$h_3$  – высота перемещаемого груза, м;

$h_4$  – высота крана, то есть расстояние от предельного верхнего положения крюка до горизонтальной линии, проходящей через вершину головки рельса, м.

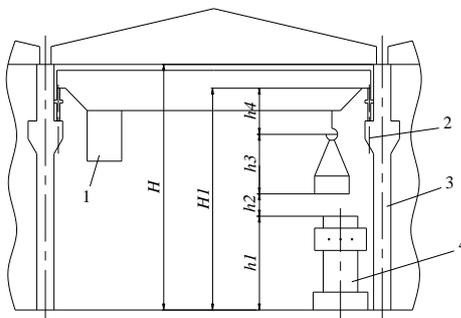


Рисунок 3.1 – Поперечный разрез пролета: 1 – кабина крана; 2 – ось подкрановых путей; 3 – продольная разбивочная ось (колонна); 4 – технологическое оборудование.

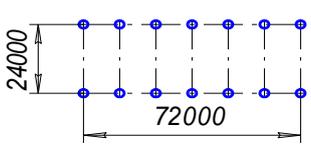
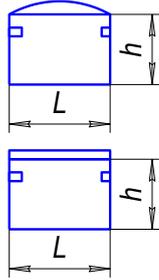
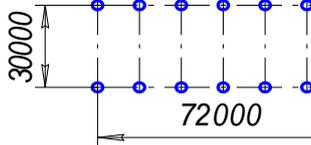
Максимальная высота оборудования определяется с учетом крайних положений подвижных частей станка, но не должна быть менее 2,3 м. Минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом должно быть не менее 400 мм. Высота крана принимается по стандартам электрических мостовых кранов в пределах 0,5...1,6 метров в зависимости от грузоподъемности крана.

Высота бескрановых пролетов составляет 6...8,4 м, крановых – 10,8...19,8 м. Высота сборочных цехов (от пола до головки подкранового рельса) при наличии мостовых кранов должна быть не менее 6,15 м, при отсутствии мостовых кранов – не менее 6 м.

Планы и поперечные разрезы унифицированных типовых секций промышленных зданий приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры унифицированных типовых секций

Категория секций	Планы секций	Сетка колонн, м	Площадь секций, м <sup>2</sup>	Наличие кранов	Схема поперечных разрезов секций	Высота пролета, грузоподъемность
Основные		18×12	10368	Бескрановые		6; 7,2 м (5 т)
		24×12	5184			10,8 (20 т); 16,2 (30 т)
Дополнительные		24×12	3456	Крановые		10,8 (20 т)

		24×12	1728			16,2 (30 т)
		30×12	2160			16,2; 18 (50 т)

В бескрановых пролетах применяется подвесное подъемно-транспортное оборудование (кран-балки грузоподъемностью 0,5...5 т, подвесные конвейеры).

В целях сокращения сроков проектирования и строительства и уменьшения капитальных вложений разработаны унифицированные типовые секции, из которых можно компоновать различные производственные здания. Оптимальные размеры секций и их площадей выбраны на основе анализа ранее применявшихся проектов производственных зданий. Длина секции (размер вдоль пролета) для предприятий машиностроения не превышает 72 м, максимальная ширина принята 144 м. Высота пролетов принимается в зависимости от вида транспортного оборудования.

При расположении сборочного цеха **параллельно** пролетам механического цеха передача деталей из механического цеха в сборочный осуществляется только с помощью тележечного транспорта или подвесных монорельсовых путей, использование для этой цели мостового крана件 невозможно. При этом путь перемещения деталей достаточно сложен и длителен, поскольку подача деталей из пролетов механического цеха непосредственно на сборку невозможна – чтобы нужная деталь попала на определенное сборочное место, она должна пересекать пролеты механического цеха и двигаться вдоль сборочного цеха.

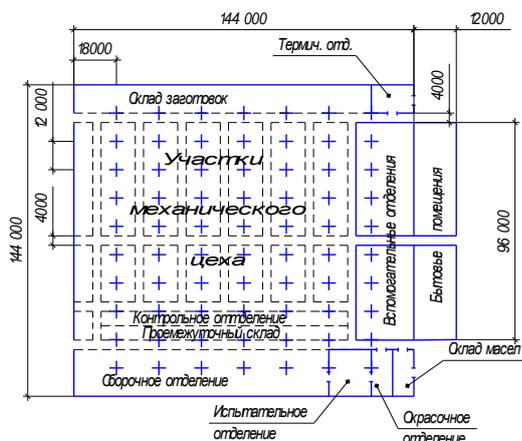


Рисунок 3.2 – Пример компоновки корпуса механосборочного цеха

Способ применяется тогда, когда территория предприятия ограничена и вывоз готовой продукции возможен лишь в том направлении, откуда поступают материалы и полуфабрикаты в механический цех.

При расположении сборочного цеха **в продолженных пролетах** механического цеха мостовой кран можно использовать при передаче деталей из пролетов механического цеха к сборочным местам, находящимся в тех же пролетах, но в пределах сборочного цеха передача собираемых деталей и изделий посредством мостовых кранов невозможна.

Способ применяется:

- когда нет необходимости использовать мостовой кран в пределах сборочного цеха, например, при сборке на подвижных стендах или при малой загрузке кранов;
- когда есть вероятность изменения или расширения номенклатуры изделий, что потребует удлинения технологической линии (при этом расширение цехов легко осуществить путем удлинения пролетов)

Чаще всего используется схема, когда сборочный цех располагается **перпендикулярно** пролетам механического цеха. В этом случае мостовой кран можно использовать как для перемещения деталей из отдельных пролетов механического цеха к соответствующим сборочным местам, так и для перемещения деталей и изделий внутри сборочного цеха, а также в качестве грузоподъемного средства при установке крупногабаритных деталей. При этом транспортировка осуществляется по прямому, наиболее короткому пути.

Производственные участки и вспомогательные отделения цеха обычно располагаются в следующем порядке:

1. Склад материалов и заготовок в единичном и серийном производстве размещается в начале цеха смежно с заготовительным отделением. Если заготовительный цех находится в другом корпусе, то склад следует располагать со стороны заготовительного цеха. При поточном производстве складские площадки для заготовок располагаются в начале каждой поточной линии.

2. Вдоль склада или складских площадок поперек пролетов цеха устраивают проезд шириной не менее 4 м в зависимости от используемых транспортных средств.

3. Далее располагаются станочные участки, границами которых являются продольные или поперечные проезды шириной четыре метра или более, в зависимости от применяемых транспортных средств.

4. Контрольное отделение располагается после станочных участков на пути в сборочное отделение.

5. Промежуточный склад размещается поперек пролетов параллельно контрольному отделению.

6. Ремонтное и заточное отделения и инструментально-раздаточный склад располагаются в стороне от технологического потока по периферии корпуса, чтобы не мешать движению деталей.

Административно-служебные и бытовые помещения цехов размещают в пристройках к производственным зданиям (обычно с торца здания) или в отдельных зданиях (в последнем случае к ним обязательно должны быть предусмотрены крытые переходы). Для них используют унифицированные типовые секции с сеткой колонн 6×6 м. Ширина пристройки – 12 м. Длина унифицированных секций составляет 36, 48 и 60 м. Предусмотрены варианты двух-, трех- и четырехэтажных пристроек. Высоту этажа (от пола до пола) принимают равной 3,3 м. На первом этаже могут размещаться вспомогательные отделения, в этом случае высота первого этажа составляет 4,2 м.

Пример компоновки корпуса механосборочного цеха приведен на рисунке 6.3. Механические участки цеха расположены вдоль пролетов. Сетка колонн 12×18 м. Технологический процесс реализуется в следующем порядке: склад заготовок → участки механической обработки → контрольное отделение → промежуточный склад → сборочный участок → испытательное отделение → окрасочное отделение. Бытовые помещения расположены в пристройке к производственному зданию. Вдоль складских помещений и в конце механического отделения предусматривают поперечные проезды шириной не менее 4 м.

### **Тема 3.2. Классификация транспортных систем (лекция – дискуссия 2 часа)**

#### **Назначение транспортной системы и классификация грузов**

Транспортная система осуществляет связь между отдельными этапами технологического процесса. Она выполняет следующие функции:

- доставка грузов со склада в нужный момент времени к требуемому производственному участку;
- доставка, ориентирование и установка заготовок, полуфабрикатов и изделий в нужный момент времени на требуемое технологическое оборудование;
- снятие полуфабрикатов и изделий с оборудования и последующая транспортировка по заданному адресу;
- отправка в накопитель и выдача из него в нужный момент времени;
- доставка полуфабрикатов и изделий с производственных участков на склад.

В основе проектирования транспортной системы лежит система транспортных связей механосборочного производства, отображающая грузопотоки между технологическим оборудованием, накопителями, производственными участками и складами. Грузопотоки имеют множество взаимно пересекающихся и разветвленных связей; они могут быть непрерывными и дискретными.

Грузопотоки изображаются на компоновочном плане в виде полос различного цвета или разного типа штриховки, соответствующих конкретному виду груза. Ширина полос пропорциональна их значению, указываемому цифрами на каждом грузопотоке (т/сут или т/год). Направление грузопотоков указывают стрелками на входе и выходе.

Выбор способа транспортировки и элементов транспортной системы производится на основе классификации грузов и анализа грузопотоков. В общем случае выделяются следующие основные классы грузов:

- сыпучие;
- штучные (длинномерные, короткомерные и штучно-массовые);
- газообразные;
- наливные.

Классификация грузов по транспортно-технологическим характеристикам позволяет выделить следующие типы грузов:

- по габаритным размерам: мелкие, средние, крупные;
- по массе: миниатюрные – до 0,01 кг, легкие – 0,01...0,5 кг, средние – 0,5...16 кг, тяжелые – более 16 кг;
- по форме: тела вращения типа вала, дискообразные, плоские, спицеобразные (длинномерные), корпусные;
- по способу транспортирования: без тары, в таре (навалом, ориентированные), на спутниках;
- по виду материала: металлические (сталь, чугун, цветные металлы) и неметаллические (стекло, дерево, пластмасса и др.);
- по свойствам материала: твердые, хрупкие, пластичные, магнитные.

#### **Классификация транспортных систем**

По назначению перевозок заводской транспорт делят на внешний и внутриводской. **Внешний** транспорт проектируют с учетом схемы планировки района и максимального кооперирования транспортных средств с другими предприятиями.

Проектирование **внутриводской** транспортной системы должно осуществляться с учетом единого транспортного процесса, допускающего перемещение материалов, заготовок и изделий из складов к местам обработки и сборки посредством одного вида транспорта, без перегрузок с одного вида транспорта на другой.

Внутриводские транспортные системы классифицируют:

- по назначению – межцеховые, внутрицеховые, межоперационные;
- по принципу движения – периодические и непрерывные;
- по направлению движения – прямоточные и возвратные;
- по схеме движения – линейные и замкнутые; ветвящиеся (при большом количестве обслуживаемого оборудования) и неветвящиеся;
- по конструктивному исполнению – рельсовые и безрельсовые;
- по принципу работы – несущие, тянущие, толкающие;
- по уровню расположения рабочей ветви – напольные, эстакадные (рабочая ветвь расположена на уровне рук рабочих), подвесные.

Конкретные формы организации транспортных систем принимаются в зависимости от вида продукции, ее веса, формы и размеров, типа производства, размера грузооборота. Тип используемых транспортных средств определяют на основании технологических процессов транспортирования.

**Технологический процесс транспортирования** представляет собой части производственного процесса, во время которых происходит изменение пространственного положения объекта производства без изменения его качества. Он состоит

из ряда операций (погрузка, транспортирование, разгрузка, перегрузка и др.), выполняемых в определенной последовательности, и сопровождается разработкой маршрутных или операционных карт, на основании которых определяют время транспортирования для выбранного типа подъемно-транспортного оборудования.

Основными видами подъемно-транспортного оборудования являются железнодорожный, автомобильный, напольно-тележечный и подвесной транспорт, конвейеры, напольные транспортеры и крановое оборудование.

#### **Железнодорожный, автомобильный и напольно-тележечный транспорт**

Железнодорожный транспорт целесообразно использовать для межкорпусных перевозок объемных и тяжелых заготовок и изделий; железнодорожный путь в этом случае вводится прямо в здание цеха. Грузоподъемность платформ и полувагонов составляет от 20 до 80 т. Для этих же целей можно применять автотранспорт, но его грузоподъемность находится в пределах 2,5...15 т.

Напольно-тележечный транспорт с подъемной платформой и грузозахватывающими устройствами применяется в основном внутри цехов и складов, реже для межцеховой транспортировки. Внутри зданий используются машины с электроприводом, а для работы на открытых площадках – машины с двигателями внутреннего сгорания.

Виды напольно-тележечного транспорта представлены в таблице 3.2.

Выбор вида используемого транспорта зависит от расстояния, на которое осуществляется пробег груза:

- до 50 м – ручные тележки;
- 50...100 м – электротележки, электропогрузчики, управляемые с пола;
- 300...500 м – электротележки, электротягачи, электропогрузчики с водительским местом, автопогрузчики;
- 500...3000 м – автотягачи.

Таблица 3.2 – Типы напольно-тележечного транспорта

Наименование	Грузоподъемность, т	Скорость передвижения, км/ч
<b>Межкорпусные перевозки</b>		
Автопогрузчики	1...5	15...40
Электропогрузчики	0,25...3	6...10
Электротягачи	тяг. усилие 2,5...8 кН	7...12
Электротележки	0,5...5	7...15
Тракторы с прицепными тележками	2...5	20
<b>Внутрицеховые, межцеховые и внутрикорпусные перевозки</b>		
Электропогрузчики	0,25...3	6...10
Электротележки	0,5...5	7...15
Электроштабелеры	0,1...2	3...7
Ручные тележки	0,3...1,25	–

В цехах массового и крупносерийного производства в качестве межоперационного транспорта для перевозки мелких деталей используют специальные тележки, оборудованные стеллажами разнообразной формы, в зависимости от вида транспортируемых деталей. В цехах тяжелого машиностроения применяют специальные рельсовые тележки с электроприводом. Их грузоподъемность 5...120 т, скорость перемещения около 2 км/ч.

### **Тема 3.3. Крановое оборудование, подвесной и напольный транспорт (лекция – дискуссия 2 часа)**

#### **Крановое оборудование**

К этому виду оборудования относятся мостовые и подвесные краны грузоподъемностью до 5 т, мостовые краны грузоподъемностью 5...75 т, монорельсы, краны-штабелеры.

**Мостовые опорные краны** перемещаются по путям, опорами которых являются консоли колонн. Они применяются для установки, кантования и межоперационного транспортирования деталей. Высота подъема составляет 16...32 м, скорость передвижения 70...120 м/мин. Достоинство мостовых кранов в том, что они обслуживают всю площадь цеха.

Для внутрицехового транспортирования применяются **мостовые и подвесные однобалочные краны**. По сравнению с опорными, они имеют следующие преимущества:

- не требуют установки колонн для подкрановых путей, что увеличивает полезную площадь цеха;
- имеют малые габариты по вертикали, что позволяет получить большую высоту подъема груза;
- обладают высокой маневренностью, что важно в поточном производстве.

Однобалочные краны рекомендуется использовать для перемещения грузов на расстояние в 30...50 м.

**Консольные (поворотные) краны** с электроталиями и подъемниками предназначены для непосредственного обслуживания рабочих мест. Их устанавливают на отдельных стойках или на колоннах, а также встраивают в станок. Грузоподъемность консольных кранов равна 1...5 т, высота подъема до 6 м.

**Монорельсы** применяют совместно с электроталиями, с ручными талиями, пневматическими или гидравлическими подъемниками для обслуживания рабочих мест при транспортировке на значительное расстояние. Они подвешиваются к несущим конструкциям здания или укладываются по ним на высоте не более 2,5 м. Грузоподъемность электроталей для монорельсов 0,1...10 т., высота подъема до 6 м, скорость подъема 8 м/мин, скорость передвижения 20 м/мин. Грузоподъемность подъемников до 2 т. Недостаток – малая ширина зоны обслуживания.

**Краны-штабелеры** предназначены для обслуживания складов, но иногда применяются и в производственных цехах. Они сочетают в себе достоинства кранов и электропогрузчиков и бывают опорными и подвесными (рисунок 3.3). Краны-штабелеры отличаются большой производительностью, простотой управления, возможностью обслуживания помещений с различным уровнем пола, высокая маневренность и т.д.

Выпускают их грузоподъемностью от 125 кг до 5 т; высота подъема груза до 18 м.

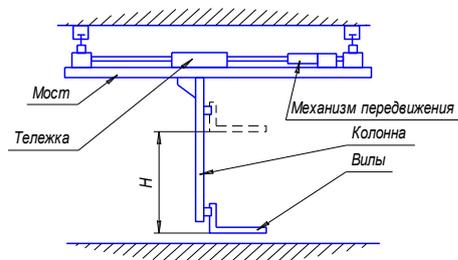


Рисунок 3.3 – Подвесной кран-штабелер

### Подвесной транспорт

К подвесному транспорту относятся конвейеры, однорельсовые дороги, самоходные тележки и тягачи. Это вид транспорта имеет возможность доставлять грузы непосредственно к рабочим местам; его легко приспособить к возможным изменениям технологического процесса. Управление подвесным транспортом может быть автоматическим и дистанционным.

Наиболее распространенный вид подвесного транспорта – **конвейеры**, среди которых выделяют грузонесущие, толкающие и грузотянущие. Конструкции подвесных конвейеров показаны на рисунке 3.4.

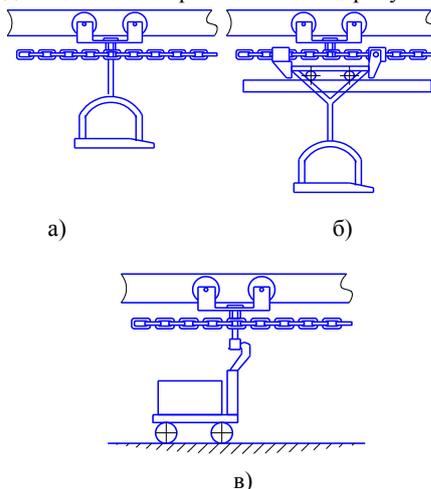


Рисунок 3.4 – Виды подвесных конвейеров:  
а – грузонесущий; б – толкающий; в – грузотянущий

**У грузонесущего конвейера** каретки с подвесками для грузов прикреплены к тяговому элементу (цепи) и перемещаются по постоянной трассе подвесных путей, вдоль которых тянется цепь. Конвейер может быть оснащен системой автоматического адресования подвесок с грузом.

**Толкающие конвейеры** имеют два отдельных пути: тяговый и грузовой. Тележка перемещается по нижнему грузовому пути при помощи толкателя, прикрепленного к тяговой цепи, которая, в свою очередь, движется на каретках по своему верхнему тяговому пути. Такая конструкция дает возможность свободного включения и отключения грузовых тележек от тяговой цепи и переход их на другие пути.

Толкающие конвейеры имеют грузоподъемность 32, 125, 500 и 1250 кг и диапазон скоростей 0,8...24 м/мин. Применяются в массовом и серийном производстве.

**Грузотянущие конвейеры** служат для транспортирования груза на напольной тележке. Тележка перемещается по полу при помощи захвата или толкателя, укрепленного на каретке, которая перемещается по подвесному пути.

Преимуществами грузотянущих конвейеров являются:

- свободный ввод и вывод тележек из сферы действия движущейся цепи;
- возможность транспортирования более тяжелых грузов (2,5 т и более), чем на грузонесущих и толкающих конвейерах;
- возможность взаимодействия с напольно-тележечным транспортом.

### Напольные конвейеры

Этот вид транспорта широко распространен в поточном производстве для передачи деталей и узлов от одного рабочего места к другому.

Существует несколько типов напольных конвейеров. В машиностроении наиболее часто применяются роликовые, пластинчатые, ленточные конвейеры.

**Роликовые конвейеры (рольганги)** получили широкое распространение в механических и сборочных цехах. Особенно удобны такие конвейеры для транспортирования корпусных деталей массой 25...200 кг с плоской опорной поверхностью, а также для мелких деталей в таре. Разновидностью роликовых являются **шариковые конвейеры**.

Разновидности рольгангов:

- приводные и не приводные (применяются для грузов весом до 1200 кг);
- горизонтальные и наклонные (уклон 2...3°);
- стационарные и переносные или передвижные, монтируемые на колесах.

На не приводных роликовых конвейерах перемещение грузов происходит либо под действием толчка (при горизонтальном расположении роликов), либо под действием собственного веса груза (при наклонном расположении роликов).

В приводных роликовых конвейерах вращение роликов механизировано; скорость передвижения на таком конвейере достигает 9 м/мин. Приводные конвейеры применяют в основном для внутрицехового транспортирования готовых деталей и узлов на расстояние до 30 м.

Рольганги собирают из отдельных секций длиной 1...3 м. Их ширина – 350...850 мм., высота – 800 мм от уровня пола. Шаг между осями роликов принимается в пределах 100...300 мм.

**Пластинчатые конвейеры** применяются в сборочных поточных линиях в качестве технологического транспорта, причем транспортировка возможно не только в горизонтальной плоскости, но и под углом. Эти конвейеры состоят из станины, по концам которой установлены две звездочки: приводная и натяжная. Бесконечный настил, состоящий из отдельных металлических или деревянных пластин, прикреплен с одной или двум тяговым цепям. Настил для крупногабаритных деталей располагают на уровне поля. Ширина настила 400...1600 мм, длина – до 200 м. Скорость рабочего конвейера равна 2...5 м/мин, транспортного – 7...20 м/мин.

**Ленточные конвейеры** служат в основном для транспортирования мелких деталей в горизонтальном направлении. Тяговым и одновременно грузонесущим органом является прорезиненная лента шириной 200...600 мм, на которой могут быть закреплены специальные гнезда для деталей. Верхняя и нижняя ветви ленты поддерживаются роликовыми опорами, постоянное натяжение ленты обеспечивается винтовыми зажимными устройствами. Скорость рабочего конвейера равна 6...30 м/мин, транспортного – 30...60 м/мин.

Различают два варианта исполнения напольных конвейеров: вертикально-замкнутые и горизонтально-замкнутые.

**Вертикально-замкнутые конвейеры** (рисунок 3.5) используют для прямых сборочных линий, у которых первая операция находится в начале конвейера, а последняя – в конце. У таких конвейеров обратная ветвь располагается под рабочей ветвью.

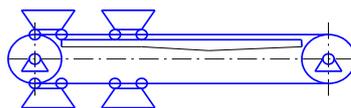


Рисунок 3.5 – Вертикально-замкнутый конвейер

**Горизонтально-замкнутые конвейеры** применяются для кольцевых сборочных линий при большом числе технологических операций. У этих конвейеров используется вся длина ходовой части. Пример горизонтально-замкнутого конвейера представлен на рисунке 3.6.

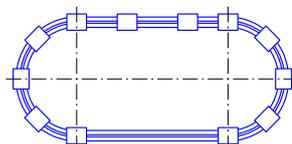


Рисунок 3.6 – Горизонтально-замкнутый конвейер

Для снятия тяжелых деталей с конвейера используют тельферы или пневматические подъемники на монорельсах.

В поточном производстве для передачи деталей от станка к станку применяют скаты и склизы. **Скаты** предназначены для перемещения тел вращения и выполняются в виде металлических желобов с уклоном 1:15...1:10. Они собираются из стандартных секций длиной 1,5...2 м, общая длина скатов может достигать 10 м.

**Склизы** представляют собой металлические желоба с уклоном 1:2...1:5; их применяют для перемещения плоских деталей, либо деталей в таре.

#### Расчет потребного количества подъемно-транспортного оборудования

При определении потребного количества подъемно-транспортных средств нужно учитывать массу грузов, путь перемещения, время, затрачиваемое на подъем грузов, и другие условия.

**Количество напольно-тележного транспорта** (электротележек, погрузчиков и др.) определяют по формуле:

$$K = \frac{Q \cdot T \cdot K_n}{m \cdot q \cdot \Phi_{д.о.} \cdot 60 \cdot K_u}$$

где  $Q$  – годового грузооборот, т;

$q$  – грузоподъемность данного вида транспортного средства, т;

$K_n$  – коэффициент неравномерности поступления требований на обслуживание в единицу времени ( $K_n=1,2...1,6$ );

$K_u$  – коэффициент использования транспортного средства ( $K_u=0,7...0,8$ );

$\Phi_{д.о.}$  – эффективный годовой фонд времени работы транспортного оборудования при соответствующем числе смен, час;

$m$  – коэффициент, учитывающий одно- или двухстороннюю схему перевозок ( $m=1; 2$ );

$T$  – общее время пробега за один оборот (продолжительность одного транспортного цикла), мин, равное

$$T = T_{np} + T_n + T_p + T_z,$$

где  $T_n$  – время погрузки, мин;

$T_p$  – время разгрузки, мин;

$T_z$  – время непредвиденных задержек (примерно 10% на каждый рейс), мин;

$T_{np}$  – время пробега тележки в оба конца, мин, равное

$$T_{np} = \frac{2L}{v},$$

где  $L$  – среднее расстояние при маршрутных перевозках;

$v$  – среднетехническая скорость тележки.

**Количество мостовых кранов** для механических цехов определяется по формуле:

$$K = \frac{n \cdot i \cdot T_{кр}}{m \cdot T_{см}}$$

где  $n$  – число деталей, транспортируемых за смену;

$i$  – среднее число транспортных операций, приходящееся на одну деталь;

$T_{см}$  – время работы крана в смену, мин;

$T_{кр}$  – общее время пробега крана, мин, равное

$$T_{кр} = T_{np} + T_n + T_p + T_z,$$

где  $T_{np}$  – время пробега крана, мин, равное

$$T_{np} = \frac{L}{v},$$

где  $L$  – средняя длина пробега крана (приближенно принимается равной половине длины обслуживаемого участка), м;  
 $v$  – средняя скорость движения крана в м/мин (30...80 м/мин).

Для сборочных работ количество кранов определяется на основе графиков сборки, в которых приводится время работы крана на каждой операции. Укрупненно для механических цехов принимается один кран на 40...80 м длины пробега, а для сборочных работ – на 30...50 м.

При расчете **подвесных конвейеров** используют скорость или производительность:

$$v = \frac{Q \cdot l}{60 \cdot n} \text{ или } v = \frac{l}{\tau \cdot n},$$

где  $Q$  – производительность конвейера, шт/час;

$\tau$  – такт работы, мин;

$l$  – шаг подвесок, м;

$n$  – количество изделий на одной подвеске, шт.

Для конвейеров, обслуживающих станочные линии, скорость принимается в среднем 1...6 м/мин (при массе изделий 30...50 кг скорость принимают не более 3 м/мин). При необходимости создания запаса на конвейере в расчет вводят коэффициент увеличения производительности (до 5).

При обслуживании подвесным конвейером сушильных, моечных или лакокрасочных камер скорость его определяется по формуле:

$$v = \frac{L}{T_o},$$

где  $L$  – общая длина рабочего участка камеры;

$T_o$  – технологическое время обработки.

### 4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объём (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактив- ной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Определение состава оборудования и персонала цеха (участка)	6	-
2	3.	Компоновка и планировка машиностроительных производств	6	-
3	2.	Проектирование отделения инструментообеспечения	6	-
4	2.	Проектирование отделения ремонта	6	-
5	2.	Проектирование отделения по переработке стружки	5	-
6	2.	Проектирование отделения для приготовления и раздачи СОЖ	5	-
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	-

### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
			<i>4</i>	<i>17</i>				
<b>1.</b> Основы проектирования машиностроительных производств		29	+	+	2	14,5	Лк, ПЗ, СР	Зачет
<b>2.</b> Вспомогательные системы машиностроительного производства		49	+	+	2	24,5	Лк, ПЗ, СР	Зачет
<b>3.</b> Компоновка цехов и транспортная система производства		30	+	+	2	15,0	Лк, ПЗ, СР	Зачет
<b><i>всего часов</i></b>		<b>108</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>54</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

Практическое занятие № 1. Стр. 5 – 70.

Практическое занятие № 2. Стр. 85, 170

Практическое занятие № 3. Стр. 107

Практическое занятие № 4. Стр. 144

Практическое занятие № 5. Стр. 107, 111

Практическое занятие № 6. Стр. 107, 111

2. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экз. в библ-ке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
<b>Основная литература</b>				
1.	Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.	Лк, ПЗ, СР	10	1
2.	Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.	ПЗ, СР	70	1
3.	Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233706">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233706</a>	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.	Лк, ПЗ, СР	10	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).

2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР	Рекомендуемая литература	Форма отчета	Всего часов
1.	<b>1. Основы проектирования машиностроительных производств</b> 1.1. Задачи проектирования и производственное деление предприятия 1.2. Общие вопросы проектирования машиностроительных производств 1.3. Проектирование основной системы машиностроительных производств	[1], [2], [3], [4]	Зачет ПЗ №1	18
2.	<b>2. Вспомогательные системы машиностроительного производства</b> 2.1. Заготовительное, инструментальное и контрольное отделения 2.2. Отделения ремонта, приготовления и задачи СОЖ, удаления и переработки стружки 2.3. Склады	[1], [2], [3], [4]	Зачет, ПЗ №3 ПЗ №4 ПЗ №5 ПЗ №6	21
3.	<b>3. Компоновка цехов и транспортная система производства</b> 3.1. Компоновка механических и сборочных цехов 3.2. Классификация транспортных систем 3.3. Крановое оборудование, подвесной и напольный транспорт	[1], [2], [3], [4]	Зачет ПЗ №2	18
<b>ИТОГО</b>				<b>57</b>

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

#### Практическое занятие № 1

#### Определение состава оборудования и персонала цеха (участка)

##### Цель работы

Определить количество персонала и состав оборудования основной системы производственного участка (цеха).

##### Содержание работы

1. Рассчитать фонды времени работы оборудования и персонала при различных режимах работы механического цеха (участка).

2. Определить состав и количество основного технологического оборудования.

3. Определить количество и состав работающих в цехе (на участке).

##### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомится с теоретическим материалом.

2. Получить индивидуальное задание.

3. Рассчитать фонды времени работы технологического оборудования и персонала.

3. Определить состав и необходимое количество основного оборудования для различных типов производств, а также коэффициент загрузки оборудования.

4. Построить график загрузки оборудования.

6. Определить необходимое количество основных и вспомогательных работников цеха (участка).

7. Оформить отчет и сделать вывод.

Форма отчетности: отчет по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

##### Рекомендуемые источники

##### Основная литература

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.

2. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.

3. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

##### Дополнительная литература

4. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как рассчитать количество основного технологического оборудования при точном и укрупнённом методе расчёта?
2. Приведите состав и дайте характеристику персонала исходя из штатного расписания машиностроительного производства.
3. Как определяется число станочников по общему нормированному времени и по заданному количеству станков?

### **Практическое занятие № 2** **Компоновка и планировка машиностроительных производств**

#### Цель работы

Освоить методы построения компоновочных схем машиностроительного производства.

#### Содержание работы

Освоение методов построения компоновочных схем машиностроительного производства на основе заданных исходных данных и принятого в машиностроении порядка проектирования механических и сборочных цехов (участков). Определение общей площади цеха (участка) и площади его отделений. Выполнение компоновки с планировкой оборудования, рабочих позиций и проездов, системы складирования и транспортирования изделий, инструментообеспечения, ремонтного и технического обслуживания, контроля и обеспечения качества изделий. Анализ полученных результатов и корректировка их в соответствии с нормативными документами.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Определить среднюю удельную площадь, приходящуюся на принятое количество основного оборудования цеха (участка).
4. Рассчитать размеры цеха (участка) и количество пролётов, подобрать сетку колонн в соответствующем масштабе.
5. Выполнить компоновку производственных и вспомогательных отделений цеха (участка), произвести планировку оборудования и рабочих мест.
6. Выполнить координирование оборудования в цехе (на участке) в зависимости от расположения колонн и других элементов зданий, применяемых подъёмно-транспортных средств, регламентированных разрывов между станками и проездов.
7. Оформить отчёт и сделать вывод.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

##### Основная литература

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.
2. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.
3. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

##### Дополнительная литература

4. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности формирования структуры производственных подразделений в условиях серийного производства?
2. Каковы особенности организации производственных цехов (участков) в условиях массового производства?
3. Опишите основные варианты размещения производственных цехов (участков), их преимущества и недостатки?

### **Практическое занятие № 3** **Проектирование отделения инструментообеспечения**

#### Цель работы

Освоить методы расчёта количества инструмента, необходимого для выполнения годовой программы выпуска изделий.

#### Содержание работы

Освоение методов расчёта количества инструмента, необходимого для выполнения годовой программы выпуска изделий. Ознакомление с составом отделения инструментообеспечения и его функциями. Определение количества оборудования и площади отделения инструментообеспечения.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Определить структуру системы инструментообеспечения для соответствующего типа производства.
4. Выбрать способ организации замены инструментов.
5. Определить минимальную и максимальную величину оборотного фонда инструмента для поточной и непоточной формы организации производства.
6. Оформить отчёт и сделать вывод.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

##### Основная литература

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.
2. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.
3. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

##### Дополнительная литература

4. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие функции выполняет система инструментального обеспечения?
2. Опишите способы организации замены инструментов на машиностроительных предприятиях?
3. Охарактеризуйте структуру системы инструментального обеспечения машиностроительного производства?

### **Практическое занятие № 4 Проектирование отделения ремонта**

#### Цель работы

Освоить методику проектирования отделения ремонта оборудования цеха.

#### Содержание работы

Расчет общей ремонтной сложности оборудования цеха (участка). Определение продолжительности межремонтного цикла. Расчет количества и состава оборудования центральной ремонтной базы. Определение площади центральной ремонтной базы.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Рассчитать общую ремонтную сложность оборудования цеха (участка).
4. Определить продолжительность ремонтного цикла.
5. Рассчитать годовую станкоёмкость ремонтных работ механической части.
6. Оформить отчет и сделать вывод.

Форма отчётности: отчет по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

#### Рекомендуемые источники

##### Основная литература

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.
2. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.
3. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

##### Дополнительная литература

4. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите основные функции системы ремонтно-технического обслуживания машиностроительного производства?
2. Укажите состав системы технического обслуживания машиностроительного производства?
3. Перечислите функции службы ремонта машиностроительного производства?

### **Практическое занятие № 5 Проектирование отделения по переработке стружки**

#### Цель работы

Освоить методику проектирования отделения сбора и переработки стружки.

#### Содержание работы

Расчет годового объема стружки, образующегося на площади цеха (участка). Определение способа удаления стружки и тип транспортных средств. Расчет количества необходимого оборудования для отделения по переработке стружки. Определение площади отделения по сбору и переработке стружки.

#### Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Определить годовой объем стружки, получаемой в цехе (на участке).
4. Выбрать метод сбора и переработки стружки, тип транспортного устройства.
5. Определить необходимое количество оборудования для отделения по переработке стружки.

6. Вычислить площадь отделения по сбору и переработке стружки.

7. Оформить отчёт и сделать вывод.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

Основная литература

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.

2. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.

3. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

Дополнительная литература

4. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Укажите основные функции подсистемы удаления и переработки стружки?

2. Опишите методы удаления стружки со станков?

3. Назовите виды транспортных систем, используемых для удаления стружки?

## Практическое занятие № 6

### Проектирование отделения для приготовления и раздачи СОЖ

Цель работы

Освоить методику проектирования отделения приготовления и раздачи СОЖ.

Содержание работы

Расчет годовой потребности цеха (участка) в СОЖ и СОТС. Определение необходимого количества смесителей для приготовления СОЖ. Выбор системы снабжения станков СОЖ. Определение общей площади отделения для приготовления и раздачи СОЖ и СОТС.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомится с теоретическим материалом.

2. Получить индивидуальное задание.

3. Определить годовую потребность цеха (участка) в СОЖ и СОТС.

4. Рассчитать необходимое количество смесителей.

5. Выбрать систему снабжения станков СОЖ и СОТС.

6. Определить площадь отделения для приготовления и раздачи СОЖ и СОТС.

7. Оформить отчёт и сделать вывод.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

Основная литература

1. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха): учебное пособие / В.М. Балашов и др. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 200 с.

2. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / П. В. Архипов [и др.]. - Братск: БрГУ, 2012. - 154 с.

3. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий: учебное пособие / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 262 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233706>

Дополнительная литература

4. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств: учебное пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 336 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каково назначение системы снабжения станков СОЖ и СОТС?

2. Какие способы очистки СОЖ и СОТС вы знаете?

3. Опишите виды систем обеспечения СОЖ и СОТС на машиностроительных производствах?

## 9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата

Учебным планом не предусмотрено.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i><b>Вид занятия</b></i>	<i><b>Наименование аудитории</b></i>	<i><b>Перечень основного оборудования</b></i>	<i><b>№ Лк, ЛР, ПЗ</b></i>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
ПЗ	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	<b>1.</b> Основы проектирования машиностроительных производств <b>2.</b> Вспомогательные системы машиностроительного производства	1.1. Задачи проектирования и производственное деление предприятия. 1.2. Общие вопросы проектирования машиностроительных производств. 1.3. Проектирование основной системы машиностроительных производств.	Тест №1 Тест №2 Тест №3 Тест №4 Тест №5 Тест №6 Тест №7 Тест №8 Тест №9 Тест №10
ПК-17	способность участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний, эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции	<b>3.</b> Компоновка цехов и транспортная система производства	2.1. Заготовительное, инструментальное и контрольное отделения. 2.2. Отделения ремонта, приготовления и раздачи СОЖ, удаления и переработки стружки. 2.3. Склады. 3.1. Компоновка механических и сборочных цехов. 3.2. Классификация транспортных систем. 3.3. Крановое оборудование, подвесной и напольный транспорт.	Зачет

**2. Вопросы к зачету**

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	1. Задачи проектирования и производственное деление предприятия. 2. Общие вопросы проектирования машиностроительных производств. 3. Проектирование основной системы машиностроительных производств. 4. Заготовительное, инструментальное и контрольное отделения. 5. Отделения ремонта, приготовления и раздачи СОЖ, удаления и переработки стружки. 6. Склады. 7. Компоновка механических и сборочных цехов. 8. Классификация транспортных систем. 9. Крановое оборудование, подвесной и напольный транспорт.	1. Основы проектирования машиностроительных производств 2. Вспомогательные системы машиностроительного производства 3. Компоновка цехов и транспортная система производства
2.	ПК-17	способность участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний, эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции		

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> <i>ОПК-4</i> - проблемы, связанные с машиностроительными производствами; <i>ПК-17</i> - методы организации машиностроительных производств и рабочих мест;</p> <p><b>Уметь</b> <i>ОПК-4</i> - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами; <i>ПК-17</i> - организовывать на машиностроительных производствах рабочие места, их техническое оснащение, размещать оборудование, средства автоматизации, управления, контроля и испытаний;</p> <p><b>Владеть</b> <i>ОПК-4</i> - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения. <i>ПК-17</i> - навыками эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.</p>	зачтено	<p><b>Знание:</b> проблем, связанных с машиностроительными производствами, а также методов организации машиностроительных производств и рабочих мест.</p> <p><b>Умение:</b> разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, организовывать на машиностроительных производствах рабочие места, их техническое оснащение, размещать оборудование, средства автоматизации, управления, контроля и испытаний.</p> <p><b>Владение:</b> навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения и навыками эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.</p>
	не зачтено	<p><b>Отсутствие знания:</b> проблем, связанных с машиностроительными производствами, а также методов организации машиностроительных производств и рабочих мест.</p> <p><b>Отсутствие умения:</b> разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, организовывать на машиностроительных производствах рабочие места, их техническое оснащение, размещать оборудование, средства автоматизации, управления, контроля и испытаний.</p> <p><b>Отсутствие владения:</b> навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения и навыками эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.</p>

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Проектирование машиностроительного производства» направлена на изучение методов и принципов организации систем машиностроительного производства, а также решения задач, связанных с организацией на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний.

Изучение дисциплины «Проектирование машиностроительного производства» предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- самостоятельную работу;
- зачет.

В ходе освоения раздела 1 «Основы проектирования машиностроительных производств» студенты должны уяснить основные задачи проектирования и производственное деление предприятия, общие вопросы проектирования основной системы машиностроительных производств.

В ходе освоения раздела 2 «Вспомогательные системы машиностроительного производства» студенты должны раскрыть назначение возможности заготовительных, инструментальных и контрольных отделений, отделения ремонта, приготовления и раздачи СОЖ, удаления и переработки стружки, а также складов.

В ходе освоения раздела 3 «Компоновка цехов и транспортная система производства» студенты должны ознакомиться с компоновками механических и сборочных цехов, классификацией транспортных систем, кранового оборудования, подвесного и напольного транспорта.

Необходимо овладеть умениями разработки обобщенных вариантов решения проблем,

связанных с машиностроительными производствами, организовывать на машиностроительных производствах рабочие места, их техническое оснащение, размещать оборудование, средства автоматизации, управления, контроля и испытаний и навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения, а также эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется обратить внимание на проблемы проектирования машиностроительных производств с применением современного оборудования с числовым программным управлением, а также на возможности прогрессивных технологий обработки.

Овладение ключевыми понятиями является необходимым для корректного оперирования общепринятыми терминами при подготовке выпускной квалификационной работы.

При подготовке к зачету рекомендуется особое внимание уделить основным задачам проектирования и общим вопросам проектирования основной системы, а также назначению и возможностям вспомогательных систем машиностроительных производств.

В процессе проведения практических занятий, происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о методах организации рабочих мест и машиностроительного производства в целом.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с предложенной основной и дополнительной литературой для последующего рассмотрения вопросов, связанных с проектированием машиностроительных производств.

В процессе консультации с преподавателем обсуждаются и согласовываются, уточняются и корректируются отчёты по практическим работам, а также отдельные вопросы дисциплины.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной, активной, инновационной формах с дискуссией в сочетании с внеаудиторной работой.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Проектирование машиностроительного производства**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является – приобретение обучающимся необходимого объема знаний в области проектирования, организации и расчета производственных систем механической обработки изделий.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение методов и принципов организации систем машиностроительного производства;
- решение задач, связанных с организацией на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний.

**2. Структура дисциплины**

2.1. Распределение трудоёмкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 17 часов; практические занятия – 34 часа; самостоятельная работа – 57 часов.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетные единицы.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Основы проектирования машиностроительных производств.
2. Вспомогательные системы машиностроительного производства.
3. Компоновка цехов и транспортная система производства.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 – способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа;

ПК-17 – способность участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний, эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.

**4. Вид промежуточной аттестации: Зачет.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	1. Основы проектирования машиностроительных производств 2. Вспомогательные системы машиностроительного производства	1.1. Задачи проектирования и производственное деление предприятия. 1.2. Общие вопросы проектирования машиностроительных производств. 1.3. Проектирование основной системы машиностроительных производств.	Отчет к ПЗ 1...6
ПК-17	способность участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний, эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции	3. Компоновка цехов и транспортная система производства	2.1. Заготовительное, инструментальное и контрольное отделения. 2.2. Отделения ремонта, приготовления и раздачи СОЖ, удаления и переработки стружки. 2.3. Склады. 3.1. Компоновка механических и сборочных цехов. 3.2. Классификация транспортных систем. 3.3. Крановое оборудование, подвесной и напольный транспорт.	

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> <i>ОПК-4</i> - проблемы, связанные с машиностроительными производствами; <i>ПК-17</i> - методы организации машиностроительных производств и рабочих мест;</p> <p><b>Уметь</b> <i>ОПК-4</i> - разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами; <i>ПК-17</i> - организовывать на машиностроительных производствах рабочие места, их техническое оснащение, размещать оборудование, средства автоматизации, управления, контроля и испытаний;</p> <p><b>Владеть</b> <i>ОПК-4</i> - навыками выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения. <i>ПК-17</i> - навыками эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой продукции.</p>	<p><b>зачтено</b></p>	<p>- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.</p>
	<p><b>не зачтено</b></p>	<p>- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» октября 2016 г. № 684,

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125,

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130.

**Программу составил:**

Архипов П.В., доцент кафедры МиТ, канд. техн. наук. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиТ от «11» декабря 2018 г., протокол № 6

И.о. заведующего кафедрой МиТ \_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой МиТ \_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета МФ от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета МФ \_\_\_\_\_ Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_