

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

В.П. ИВАНОВ

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ УЧАСТКОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**ПРАКТИКУМ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по специальности «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов»*

Новополоцк 2007

УДК 65.015.13(075.8)

ББК 38.7-09я73

И 20

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

кафедра технологии и оборудования машиностроительного производства  
УО «Витебский государственный технологический университет» (зав. кафедрой –  
канд. техн. наук, профессор В. И. ОЛЬШАНСКИЙ);

кафедра технологии машиностроения УО «Гомельский государственный  
технический университет им. П. О. Сухого» (зав. кафедрой – канд. техн. наук,  
доцент М. П. КУЛЬГЕЙКО)

**Иванов, В. П.**

И 20 Проектирование ремонтных участков в машиностроении. Практикум :  
учеб. пособие / В. П. Иванов. – Новополоцк : ПГУ, 2007. – 180 с.

ISBN 978-985-418-522-4.

Приведена структура промышленного предприятия, необходимость, содержание, последовательность и особенности проектирования его производственных участков. Изложены методы и примеры расчета основных технологических и экономических параметров, используемых при проектировании.

Даны примеры разработки планировок основных производственных участков предприятия и составлены задания.

Книга предназначена для студентов технических вузов. Будет полезна специалистам промышленных предприятий.

**УДК 65.015.13(075.8)**

**ББК 38.7-09я73**

ISBN 978-985-418-522-4

© Иванов В.П., 2007

© Оформление. УО «ПГУ», 2007

## ВВЕДЕНИЕ

Производственная *система* представляет собой целостное множество элементов (зданий, сооружений, средств технологического оснащения, инженерных сетей и работников), подчиненных общей цели (выпуску товарной продукции) и имеющих упорядоченные связи и отношения между собой. Система потребляет из внешней среды ресурсы (материальные, энергетические и информационные) и отдает в эту среду результаты своего труда и отходы. Эффективность системы оценивают сопоставлением дохода от продажи товарной продукции и расходов, связанных с потреблением ресурсов и утилизацией отходов.

Промышленное предприятие представляет собой один из видов производственных систем. В своем создании и развитии предприятие проходит такие стадии: новое строительство, расширение, реконструкция и техническое перевооружение. Предприятие вначале строят, затем увеличивают его производственную мощность за счет расширения и, наконец, его совершенствуют путем реконструкции или технического перевооружения производственных участков. При расширении предприятия происходят преимущественно его количественные изменения, а при реконструкции и техническом перевооружении – качественные.

*Строительство* предприятия – это возведение его зданий и сооружений с приобретением и монтажом по утвержденному проекту средств технологического оснащения. Предприятие считается введенным в эксплуатацию тогда, когда оно достигло своей проектной мощности.

*Расширение* действующего предприятия – это ввод в эксплуатацию вторых и последующих очередей действующего предприятия на примыкающих к нему площадях.

Строительство и расширение предприятий выполняют специализированные строительно-монтажные организации, имеющие соответствующие лицензии.

*Реконструкция действующего предприятия* состоит в изменении его структуры и производственной мощности за счет изменения числа и видов производственных участков и их границ с изменением технологических процессов, видов и количества оборудования.

Реконструкция предприятий и его участков необходима для увеличения объемов производства и (или) организации выпуска продукции новых видов, улучшения условий, повышения производительности труда, снижения себестоимости продукции, повышения ее качества, обеспечения требований к охране окружающей среды. Реконструкция дает более быстрые и дешевые результаты, чем новое строительство. Она позволяет изме-

нить профиль предприятия и организовать выпуск новой продукции на существующих производственных площадях. Строительные работы при этом связаны только с изменением границ участков и изготовлением фундаментов оборудования.

Реконструкция основного производства допускает также расширение подразделений вспомогательного и обслуживающего производств.

К *техническому перевооружению* предприятия относят мероприятия по повышению до современных требований технического уровня отдельных производственных участков путем замены оборудования с изменением технологии и организации производства. Техническое перевооружение не предполагает изменения выпускаемой продукции. Строительные работы в этом случае связаны в основном с изготовлением фундаментов оборудования.

Строительные работы при реконструкции и техническом перевооружении предприятия выполняются силами ремонтно-строительного участка самого предприятия.

Прогнозирование типов изготавливаемых и ремонтируемых объектов и соответствующих основных технологических решений при новом строительстве и расширении предприятий составляет на 50...100 лет вперед. Примерно на такое время рассчитывают и производственные здания. При реконструкции это прогнозирование составляет на 10...15 лет, а при техническом перевооружении – на 5...10 лет. Отдельные технологические процессы действуют на предприятии около 5...15 лет. Технические решения, реализованные в этом процессе, должны быть актуальными в течение этого времени.

Если раньше строили много новых предприятий, то в настоящее время простое увеличение основных производственных фондов за счет нового строительства и расширения производства оказывается все менее эффективным. В этом случае затраты на их обслуживание, ремонт и амортизацию растут пропорционально объемам производства.

Накопленный промышленный потенциал позволяет преимущественно развивать интенсивные формы воспроизводства основных фондов в виде реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий за счет совершенствования его производственных участков.

Реконструкция и техническое перевооружение производства обоснованы и повышают его эффективность при соблюдении трех обязательных условий. Первое – состояние рынка позволяет в течение длительного времени реализовывать выпущенную продукцию. Второе – наличие проверенных технических решений, которые после реконструкции и технического перевооружения гарантируют повышение технического уровня про-

изводства. Третье – предприятие имеет полноценные основные фонды, целесообразность дальнейшего использования которых подтверждена как технически, так и экономически.

Функционированию самого производства предшествует его подготовка. Различают подготовку маркетинговую, финансовую, строительную, конструкторскую, технологическую, организационную, снабженческую, сбытовую и других видов. Научная подготовка предшествует всем указанным видам подготовки. Конструкторская и технологическая подготовка составляет техническую подготовку. Наибольшее влияние на технический уровень продукции оказывает конструкторская подготовка, на качество продукции и технический уровень производства – технологическая, а на расход производственных ресурсов – организационная. Все вместе они определяют эффективность производства.

В книге рассмотрен один из видов технологического проектирования – проектирование производственных участков машиностроительных и ремонтных заводов, которое входит в организационную и технологическую подготовку предприятия. Работы по реализации проекта организуют производство в пространстве и приводят его в состояние технологической готовности.

Цель практикума заключается в приобретении студентами навыков, достаточных для проектирования любого производственного участка предприятия высокого технического уровня.

Поставленная цель достигается в результате изучения структуры промышленных предприятий, получения сведений об устройстве промышленных зданий, применяемых технологических процессах, оборудовании и организации, а также в результате использования норм и требований к проектам, овладения методами расчета необходимых производственных ресурсов, изучения особенностей реконструкции и технического перевооружения основных производственных участков с использованием новых научных знаний и передового производственного опыта.

Книга содержит требуемый объем теоретических сведений, необходимый для решения практических задач, ряд примеров и заданий. В приложениях имеется необходимый объем справочного материала.

Первая часть практических занятий (2.1 – 2.6) служит для развития навыков расчета основных величин и критериев при проектировании производственных участков. На каждое из этих занятий отводится по два часа. Остальные комплексные занятия (2.7 – 2.12) развивают навыки студентов в разработке основных производственных участков предприятия. Рассмотрены те производственные участки, на которых выполняют основные технологические процессы предприятия. На каждое занятие второй части главы 2 отводится по четыре часа аудиторной нагрузки.

# 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

## 1.1. Структура предприятия, содержание и порядок проектирования его производственных участков

*Машиностроительное (ремонтное) предприятие* – это промышленное предприятие, состоящее из множества взаимодействующих производств, цехов, участков, отделений, отделов и служб, которое изготавливает или ремонтирует технику.

Производственная *структура* предприятия – это состав его цехов и служб с указанием связей между ними.

Назначение, структура, функции и производственная мощность предприятий определяются видами, содержанием и объемом выполняемых работ.

### 1.1.1. Состав и функции производств и участков предприятия

Для выполнения своих функций предприятие имеет в своем составе основное, вспомогательное и обслуживающее производства и заводоуправление.

*Основное производство* – это множество производственных участков, обеспеченных документацией, исполнителями и средствами технологического оснащения, которые непосредственно воздействуют на изготавливаемые или ремонтируемые изделия во время их превращения из состояния заготовок в состояние товарной продукции. Основное производство занято выпуском продукции для продажи или обмена.

В основном производстве любого предприятия выделяют заготовительные, обрабатывающие и сборочные цеха или участки.

В основном производстве применяют цеховую, участковую или комбинированную структуры. Структуру первого вида используют на крупных предприятиях с числом работающих свыше 500 человек. В этом случае предприятие, в зависимости от его специализации и кооперации с другими заводами, состоит из 3...5 самостоятельных цехов с числом работающих в каждом цехе 125...300 человек. Цехи состоят из участков. В структуре управления цехом имеются начальник цеха, начальники смен, старшие мастера, мастера и бригадиры. Заводы с числом работающих менее 500 человек имеют в своем составе только участки, которые возглавляются старшими мастерами.

Организационная структура предприятия зависит от численности работающих, стоимости производственных фондов, видов, сложности и объемов выпускаемой продукции.

*Производственный участок* – это структурная составляющая предприятия или цеха, которая состоит из целостного множества рабочих мест и предназначена для выполнения отдельного технологического процесса или комплекса работ по изготовлению или ремонту отдельных агрегатов или машин. В первом случае производственный участок организован по технологическому признаку, во втором – по предметному. Технологическая специализация участков более прогрессивная, чем предметная.

Состав производственных участков предприятия определяется видом изготавливаемых или ремонтируемых изделий, технологическими процессами, объемом и организацией производства.

*Вспомогательное производство* завода служит для обеспечения жизнедеятельности основного производства.

Во вспомогательном производстве изготавливают средства технологического оснащения, необходимые для основного производства, приобретение которых невозможно или нецелесообразно. Это производство содержит в исправном состоянии здания и сооружения, средства технологического оснащения, энергосистемы и инженерные сети. Оно обеспечивает основное производство ресурсами (теплом, холодом, водой, сжатым воздухом, чистым воздухом, газами, электроэнергией и др.). Его службы – инструментальный участок (ИУ), отделы главного механика (ОГМ) и энергетика (ОГЭ), ремонтно-строительный участок (РСУ).

*Обслуживающее производство* обеспечивает материалами, полуфабрикатами и услугами основное и вспомогательное производства. В его составе имеются транспортный цех, службы снабжения и сбыта со складским хозяйством.

*Заводоуправление* состоит из администрации, отделов и лабораторий. Состав и функции заводоуправления зависят от мощности и специализации предприятия. Заводские отделы – это отделы главного технолога и главного конструктора (может быть объединенный из них – технический отдел), технического контроля, материально-технического снабжения, планово-экономический, финансово-сбытовой, производственно-диспетчерский, труда и заработной платы, кадров. Основные функции заводских лабораторий: химический и металлографический анализ материалов, ремонт и поверка средств измерений, сбор данных о надежности проданной техники и др.

Функции производственных участков, входящих в состав ремонтных предприятий приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

## Состав участков предприятия и их функции

Наименование участков	Выполняемые работы
<i>Основное производство</i>	
Разборочно-очистной	Диагностирование машин и агрегатов, наружная очистка, разборка на агрегаты, под разборка, очистка под разобранных агрегатов, разборка агрегатов на сборочные единицы, очистка сборочных единиц, разборка сборочных единиц, очистка, определение технического состояния и сортировка деталей
Восстановления деталей	Сварочные, наплавочные, нанесение электрохимических покрытий, переработка резины и пластмасс, механические, слесарные, кузнечные, термические, прессовые, восстановление отдельных деталей (корпусных, валов и др.) или их групп
Медницкий	Ремонт водяных и масляных радиаторов, топливных баков, масляных фильтров, трубопроводов, упорных шайб, втулок и др.
Термический	Термическая и химико-термическая обработка заготовок
Деревообрабатывающий	Изготовление деревянных заготовок, упаковочной тары, ремонт спинок и сидений
Шиноремонтный	Устранение местных повреждений шин, ремонт камер
Электроремонтный	Проверка и ремонт магнето пусковых двигателей, стартеров, генераторов и реле-регуляторов, ремонт фар, электропроводки, приборов (в т.ч. электронных), текущий ремонт и зарядка аккумуляторных батарей
Слесарно-механический	Подбор деталей и подгонка сопрягаемых поверхностей, работы на металлорежущем оборудовании, изготовление деталей
Ремонта агрегатов	Работы по ремонту отдельных агрегатов
Окрасочный	Подготовка поверхностей, нанесение и сушка лакокрасочных покрытий
Комплектовочно-сборочный	Накопление деталей, образование и хранение сборочных комплектов деталей, узловая и общая сборка агрегатов и машин
Обкаточно-испытательный	Заправка топливом и маслом, обкатка, испытания, послеремонтное диагностирование, устранение неисправностей, консервация и сдача машин
<i>Вспомогательное производство</i>	
Отдел главного механика	Планово-предупредительный ремонт технологического и подъемно-транспортного оборудования
Инструментальный участок	Изготовление оборудования, приспособлений и инструмента, ремонт приспособлений, содержание и заточка инструмента
Отдел главного энергетика	Ремонт и обслуживание силового, осветительного, теплотехнического и вентиляционного оборудования, содержание инженерных сетей, эксплуатация компрессорной и котельной
Лаборатории	Химический и металлографический анализ материалов, содержание, ремонт и поверка средств измерений

<i>Обслуживающее производство</i>	
Склад ремонтного фонда	Приемка и хранение ремонтного фонда
Склад материально-технического обеспечения	Расконсервация и входной контроль деталей, учет и хранение запасных частей, материалов, металла, химикатов, баллонов со сжатым и сжиженным газом, карбида кальция и др., выдача в цех
Склад готовой продукции	Хранение и выдача готовой продукции
Транспортный	Эксплуатация межцехового транспорта

Аналогичную структуру имеют машиностроительные заводы с той лишь разницей, что вместо разборочно-очистного участка имеется заготовительный участок, вместо участков восстановления и ремонта изделий – участки их изготовления, а вместо склада ремонтного фонда – склад заготовок.

### **1.1.2. Содержание проекта производственного участка**

*Проект* (от лат. *projectus* – брошенный вперед, взгляд в будущее) – это множество технических документов (чертежей, пояснительной записки, технико-экономического обоснования и др.), содержащих принципиальное или детальное представление об объекте и сведения, необходимые для его создания или совершенствования.

*Проектирование* – это разработка проекта. Проектирование представляет собой описание несуществующего объекта.

Проектирование производственного участка заключается в определении его структуры (состава, отношений и связей с другими участками, складами, инженерными сетями), размещении оборудования, исполнителей и предметов труда на площади участка и изображении путей технологического перемещения предметов труда и эвакуации работающих в чрезвычайных ситуациях с учетом установленных ограничений. Ограничениями при проектировании участка являются его производственная мощность, требования взрывопожарной и пожарной безопасности, нормы технологического проектирования, охраны труда и окружающей среды, санитарные требования. Качество проекта оценивают параметрами оптимизации, которыми являются технические и экономические величины, определяющие совершенство участка. Эти величины стремятся увеличить или уменьшить в зависимости от смысла.

*Цель* проектирования определяется стадией жизни предприятия. При строительстве нового предприятия – это создание проекта предприятия, которое по своему техническому уровню превосходит действующие предприятия отрасли. При развитии действующих производств – это разработка

производственных участков с более высокими техническими и экономическими показателями за счет использования в проектах прогрессивных технологических и организационных решений.

*Объекты* проектирования – это темплеты или объемные макеты оборудования и организационной оснастки, исполнителей и элементов зданий.

*Предмет* проектирования участков производства состоит в поиске наилучшего расположения оборудования, инженерных сетей и людей на территории участка наименьшей площади с кратчайшими путями перемещения изготавливаемых или ремонтируемых изделий в объеме здания.

*Планировка* производственного участка – это частичный горизонтальный разрез здания, охватывающий границы участка, на котором изображены элементы этого здания, исполнители, средства и предметы труда.

На планировке производственного участка приводят:

- элементы здания (колонны, стены, перегородки и тамбуры, окна, ворота, двери и лестницы, очертания фундаментов и оснований колонн, антресоли и подвалы) с координационными осями и их обозначением;
- технологическое оборудование (станки, станды, прессы, печи и др.) в виде темплетов с привязочными размерами;
- сантехническое оборудование, тепловые завесы, зонты и др.;
- ресиверы со сжатым воздухом, емкости под СОЖ, баки и насосы и др.;
- точки подвода производственных ресурсов к оборудованию и точки отвода отходов;
- подземные коллекторы для размещения инженерных сетей;
- места расположения рабочих у оборудования;
- рабочие места без оборудования;
- организационную оснастку (верстаки, подставки и др.) и производственную мебель (рабочие столы, инструментальные шкафы и др.);
- места у технологического оборудования для хранения материалов, заготовок и деталей;
- подъемно-транспортное оборудование участка;
- подъемно-транспортные устройства (гравитационные лотки, склизы, вибробункеры, краны-укосины и др.) и накопители, обслуживающие отдельные рабочие места;
- рабочие места контролеров и мастеров, места отдыха рабочих, сакураторы, умывальники, питьевые фонтанчики и др.;
- проезды и проходы;
- электрические щиты и средства пожаротушения;
- знак категории взрывопожарной и пожарной опасности участка;
- границы участка.

На планировке приводят также фрагменты смежных участков, а в необходимых случаях и схему грузопотоков.

Все технологическое, обслуживающее и подъемно-транспортное оборудование производственного участка обозначают порядковыми номерами в технологической последовательности и вносят в спецификацию его планировки.

Проектная документация включает:

- задание на проектирование;
- комплект технологической документации, в которой изложен технологический процесс, действующий на участке;
- графические документы (технологическую планировку, схемы инженерных сетей, чертежи фундаментов, схему грузопотоков);
- пояснительную записку.

Задание на проектирование содержит постановку задачи, исходные данные и сроки завершения работы.

Пояснительная записка в соответствии со СНБ 1.03.02-96 включает:

- обоснование видов обслуживаемых или ремонтируемых объектов, их краткую конструкторско-технологическую характеристику;
- расчет производственной мощности участка;
- краткую характеристику и обоснование принятых технологических решений;
- выбор организации технологического процесса (типового, группового, модульного или другого);
- данные о затратах труда на единицу продукции, годовом объеме работ, механизации и автоматизации технологических процессов;
- обоснование видов и количества применяемого оборудования, в том числе импортного;
- определение состава и численности работающих и рабочих мест;
- расчеты производственной площади;
- схемы грузопотоков и организацию транспортного хозяйства;
- обоснование выбора помещения;
- описание технологической планировки участка во взаимодействии его с другими производственными участками и складами;
- обоснование места участка внутри производственного здания;
- обоснование объемно-планировочных элементов здания и его техническое состояние;
- предложения по организации контроля качества продукции;
- потребность в основных видах производственных ресурсов для технологических нужд;
- обоснование организации производства (в том числе поточного) и организационной структуры участка;
- характеристику межцеховых и цеховых инженерных сетей;

- решение по применению малоотходных и безотходных технологических процессов, повторному использованию тепла и уловленных химреактивов;
- данные о количестве вредных выбросов в воздушное пространство, в водные источники и на землю;
- мероприятия по сокращению выбросов вредных веществ в окружающую среду;
- вид, состав и объем отходов производства, подлежащих утилизации и захоронению;
- организацию содержания средств технологического оснащения в исправном состоянии;
- организацию складского хозяйства;
- описание мероприятий по обеспечению санитарных требований, правил охраны труда, взрывопожарной и пожарной безопасности;
- оценку возможности возникновения аварийных ситуаций и решения по их предотвращению;
- технико-экономические показатели технологических решений и их соответствие нормативам;
- заключение, в котором определяется соответствие проектных технологических решений заданию на проектирование и их перспективность.

Часть указанных разделов студенты разрабатывают при выполнении курсовых и дипломных проектов.

### **1.1.3. Порядок проектирования производственного участка**

Создание, реконструкцию или техническое перевооружение производственного участка инициируют отделы маркетинга, технического контроля, главного технолога, бюро охраны труда или руководители цехов. Отдел маркетинга рекомендует освоение продукции нового вида или увеличение объема выпуска освоенной продукции, отделы технического контроля и главного технолога следят за качеством выпускаемой продукции и предлагают мероприятия по его повышению, предложения об улучшении условий труда исходят из бюро охраны труда или от руководителей цехов.

Решение о совершенствовании производства и, соответственно, о проектировании производственного участка готовит технический совет предприятия, принимает это решение директор завода. Предложение вносят в заводской план организационно-технических мероприятий.

При проектировании производственного участка одновременно решают множество взаимосвязанных технологических, организационных и экономических задач. Эти взаимосвязи обусловлены тем, что каждое технологическое решение должно быть экономически обосновано и подкреплено современной организацией.

Наибольший объем работ при проектировании производственного участка выполняют работники отдела главного технолога. Им помогают работники отделов планово-экономического, охраны труда, организации труда и заработной платы, главного механика и главного энергетика. Последовательность проектирования следующая:

- определяют назначение участка и принимают исходные данные для проектирования;
- определяют вид проектных работ (создание производственного участка, его реконструкция или техническое перевооружение);
- рассчитывают производственную мощность участка;
- разрабатывают или выбирают технологические процессы, протекающие на участке, учитывая, что они будут действовать в течение 5...15 лет;
- определяют затраты труда на единицу продукции (трудоемкость, станкоемкость или время выполнения работ различных видов);
- назначают годовые объемы изготовления или ремонта изделий в человеко-часах, станко-часах или часах;
- рассчитывают годовые фонды времени рабочих, рабочих мест и оборудования;
- выбирают необходимые виды основного и обслуживающего оборудования, рассчитывают его необходимое количество и составляют ведомость, при этом производительность оборудования должна соответствовать производственной мощности участка;
- определяют количество рабочих мест и составляют их список;
- определяют состав, рассчитывают численность работающих и составляют штатное расписание участка;
- определяют потребность в транспортных перемещениях и выбирают подъемно-транспортное оборудование, рассчитывают его количество и составляют ведомость;
- предварительно определяют площадь участка, а также складских, бытовых и административных помещений;
- выбирают место участка в производственном корпусе;
- выполняют планировку участка с обеспечением необходимых требований и уточняют его размеры и площадь;
- устанавливают потребность в производственных ресурсах (материалах, полуфабрикатах, запасных частях, топливе, энергии и энергоносителях и др.);
- рассчитывают количество отходов и составляют их ведомость;
- разрабатывают мероприятия по освещению, отоплению и вентиляции;
- определяют категорию взрывопожарной и пожарной опасности участка;

– разрабатывают мероприятия по охране труда и окружающей среды, взрывопожарной и пожарной безопасности, обеспечению санитарных норм;

– подтверждают технико-экономическим расчетом целесообразность создания, реконструкции или технического перевооружения производственного участка.

Проектирование участка протекает в две стадии. Первая стадия проектирования – это постановка задачи, предварительные расчеты и разработка укрупненной планировки. Вторая стадия содержит уточнение предварительных результатов, выполнение точных расчетов с уточнением планировки и принятием решения о реализации проекта.

Проект производственного участка, утвержденный главным инженером завода, согласуют с инспекцией труда, санитарной службой города или района, учреждениями МЧС и с комитетом охраны природы.

Графическое проектирование производственного участка включает:

- обоснование его места на площади цеха;
- разработку предварительной планировки участка с определением связей и отношений с элементами здания, цеховыми проходами и проездами, инженерными сетями, складами и смежными производственными участками;
- оптимизацию планировки участка.

#### **1.1.4. Критерии качества планировок**

В качестве критериев оптимизации при выборе планировочных решений принимают:

- производственную площадь участка;
- объем строительно-монтажных работ;
- трудоемкость прокладки инженерных сетей;
- потери энергии и напора в инженерных сетях;
- транспортную работу по перемещению предмета труда.

Обобщающим критерием оценки проекта служат затраты  $Z_{om}$ , отнесенные к году эксплуатации участка, т. е.

$$Z_{om} = Z_{nn} + Z_{cмр} + Z_{uc} + Z_p + Z_m, \text{ руб.}, \quad (1.1)$$

где  $Z_{nn}$  – затраты на производственную площадь, руб.;  $Z_{cмр}$  – стоимость строительно-монтажных работ, руб.;  $Z_{uc}$  – затраты на создание инженерных сетей, руб.;  $Z_p$  – затраты на подачу ресурсов, руб.;  $Z_m$  – затраты на транспортную работу по перемещению предмета труда, руб.

Значения производственной площади при заданном количестве технологического оборудования, требуемой последовательности технологических воздействий и ограничениях на расстояния между технологическими машинами и частями здания зависят от расстановки этих машин.

Объем строительно-монтажных работ при реконструкции и техническом перевооружении производственного участка определяется количеством и площадью разбираемых и строящихся стен, перегородок и других строительных элементов, количеством и объемом фундаментов, количеством и видами монтируемого оборудования и др.

Затраты на прокладку инженерных сетей зависят от расстояния между оборудованием участка и магистральными коммуникационными сетями.

Оценочным критерием для размещения пунктов ввода ресурсов и траекторий их перемещения служат диссипативные потери энергии. Трансформаторы и распределительные устройства электроэнергии, пункты ввода тепловой энергии и воды, котельные малой мощности ( $\approx 0,25 \dots 0,63$  МВт) должны быть расположены таким образом, чтобы потери энергии или напора были минимальными.

Наиболее критичным из единичных критериев служит транспортная работа по перемещению предмета труда, потому что она выполняется непрерывно в течение всего времени существования производства, в то время как производственное помещение и инженерные сети вводят в эксплуатацию только один раз.

## **1.2. Производственное здание, оборудование, инженерные сети**

*Производственное здание* – это здание, в котором размещены средства производства и люди, на рабочие места подведены производственные ресурсы и обеспечены безопасные и безвредные условия производительного труда.

Инженер-механик, разрабатывающий проект производственного участка, должен иметь представление об устройстве производственного здания. Форма, материалы и размеры элементов, методы и критерии расчета зданий регламентированы строительными нормами и правилами (СНиП).

### **1.2.1. Классификация зданий**

Промышленные здания классифицируют по различным признакам:

- функциональному назначению;
- количеству пролетов и этажей;
- долговечности;
- устройству несущих элементов;
- приспособленности к установке кранов;
- форме в плане;
- соответствию климатическим условиям;
- методу застройки;
- взрывопожарной и пожарной опасности;
- способу естественного освещения.

С учетом *функционального* назначения здания бывают:

- основные производственные (цехи, участки и другие подразделения, выпускающие товарную продукцию);
- вспомогательные производственные, в которых размещают подразделения отдела главного механика (заготовительное, слесарно-механическое, ремонта технологического и грузоподъемного оборудования), отдела главного энергетика (котельную, трансформаторные подстанции, компрессорную, насосные, электроремонтное отделение, газовую службу), инструментальный цех (отделения заготовительное, сварочное, слесарно-механическое, прецизионной обработки), экспериментальные лаборатории и др.;
- складские (склады открытого и закрытого типа для хранения ремонтного фонда, запчастей и материалов, топлива, годовой продукции и др.);
- транспортные (гаражи для тракторов и автомобилей, зоны технического обслуживания и ремонта и др.);
- административно-бытовые (заводоуправление, столовая, буфеты, медпункты, для бытовых помещений, учебных занятий и общественных организаций).

В ряде случаев отдельные производственные здания состоят из частей, каждая из которых выполняет одну или несколько из ранее приведенных функций.

По количеству пролетов здания бывают одно- и многопролетными.

По количеству *этажей* здания подразделяют на одноэтажные, многоэтажные и комбинированные. В последнем случае многоэтажные административно-бытовые помещения могут быть встроены в одноэтажные производственные здания.

Строительные нормы предусматривают три степени *долговечности* (капитальности) конструкций зданий: первая степень – не менее 100 лет, вторая степень – не менее 50 лет и третья степень – не менее 20 лет.

По устройству *несущих элементов* здания подразделяют на каркасные, бескаркасные и с частичным каркасом.

В каркасном здании несущие функции выполняет каркас, который представляет собой жесткую систему связанных между собой фундаментов, колонн, балок и ферм. Колонны и балки выполнены из железобетона или металла. В каркасных зданиях все нагрузки от собственного веса его частей, кранового оборудования с грузом, снега и ветра воспринимаются элементами каркаса, а стены из крупных железобетонных блоков и панелей только играют роль ограждающих элементов.

В бескаркасных зданиях наружные стены выполняют из кирпича или бетонных блоков, их несущие и ограждающие функции совмещены. Бес-

каркасные здания со стенами, усиленными пилястрами, бывают одноэтажными и имеют сравнительно небольшие размеры.

В каркасном здании стены монтируют на колонны (рис. 1.1, а), а в бескаркасном (рис. 1.1, б) подкрановые балки с рельсами – на пилястры.

Здания предприятий строят, как правило, одноэтажными каркасными.

По приспособленности к установке кранов здания бывают *крановые* и *бескрановые*. Опорные кран-балки перемещаются в крановых зданиях по рельсам на подкрановых балках прямоугольного сечения, которые, в свою очередь, установлены на консолях колонн. Здания оснащают мостовыми кранами только при необходимости перемещения грузов массой 10 и более тонн. Подвесные кран-балки перемещаются по двутавровым балкам, подвешенным на стропильных балках или фермах. Концы двутавровых балок жестко заделаны в стенах здания. В бескрановых зданиях можно использовать кран-балки на собственных опорах.

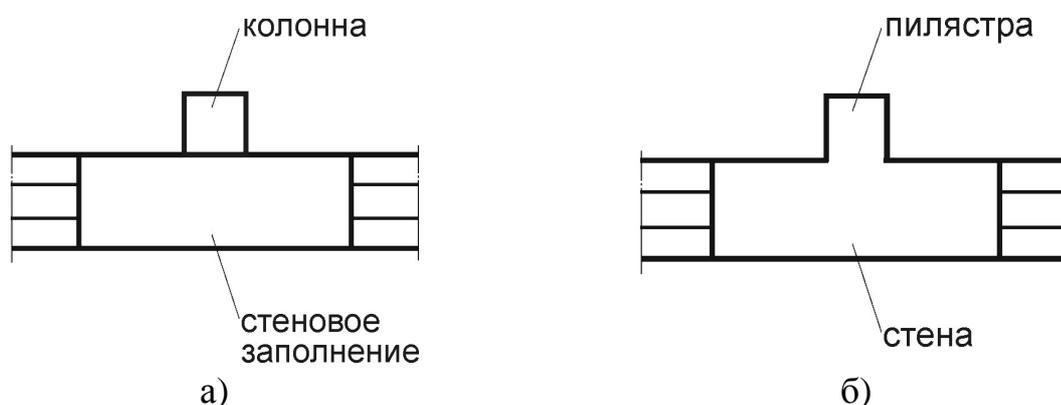


Рис. 1.1. Схемы расположения строительных элементов каркасного (а) и бескаркасного (б) зданий

*Форма* здания в плане может быть различной: прямоугольной, Т-, П- или Ш-образной. Раньше строили узкие и длинные прямоугольные здания для лучшего использования естественного освещения. Т-образную форму имеют здания с административно-бытовой пристройкой, П- и Ш-образную форму – здания предприятий, в которых направления перемещений обрабатываемых частей агрегатов или машин перпендикулярны перемещению агрегатов или машин при сборке. Строительные расходы и тепловые потери будут наименьшими в том случае, если производственное здание в плане – квадратное, поэтому в настоящее время строят здания с очертанием, приближающимся к квадрату.

По соответствию *климатическим условиям* здания разделяют на холодные и теплые. Холодные – это неотапливаемые здания с облегченными стенами и покрытиями. Они защищают людей и оборудование от атмосферных осадков, ветра и солнечной радиации. К ним относят, например,

навесы. Теплые здания оснащены термоизолирующими стенами и отопительными системами.

По *методу застройки* здания делят на рассредоточенные и сплошные. Последний метод более предпочтителен. В этом случае под одной крышей размещают все здания.

По *взрывопожарной и пожарной опасности* производственные помещения зданий относят к категориям А, Б, В, Г и Д. Устройство зданий или их частей в этом случае должно соответствовать требованиям СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания».

По *способу освещенности* естественным светом различают здания с боковым, верхним и комбинированным освещением. Производственные здания следует, как правило, проектировать с комбинированным естественным освещением. В покрытиях многопролетных зданий устраиваются световые фонари. Они могут быть прямоугольной (а), пятиугольной (б), треугольной (в), М-образной (г) и пилообразной (д) формы (рис. 1.2). Широкое применение нашли прямоугольные П-образные фонари с вертикальным остеклением.

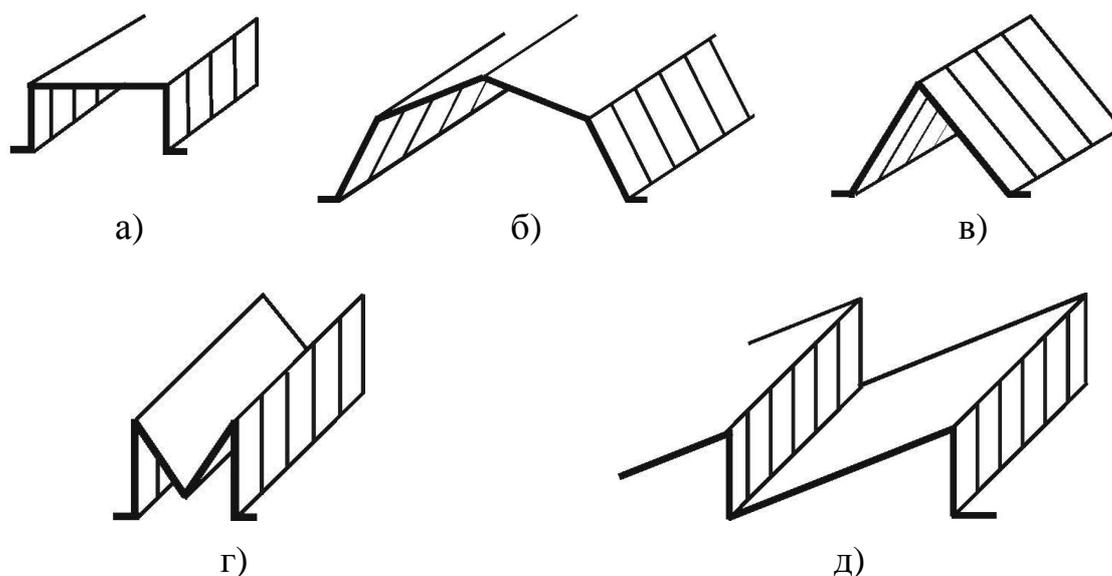


Рис. 1.2. Формы световых фонарей в покрытиях зданий

### 1.2.2. Конструкция промышленного здания

В начале строительства убирают и сохраняют плодородный слой почвы и образуют основание здания.

*Основание* здания – это массив грунта, находящийся в силовом взаимодействии с подземной частью здания. Основание рассчитывают на давление 0,20...0,25 МПа. При необходимости основание здания укрепляют цементным раствором или вибрационным способом.

Производственное здание (рис. 1.3) состоит из каркаса, стен и перегородок, кровли, фонарей и водостоков, полов и отмостки, ворот, дверей и окон.

Элементы железобетонного каркаса одноэтажного здания: фундаменты и фундаментные балки, колонны и связи, подкрановые и стропильные балки, подстропильные и стропильные фермы.

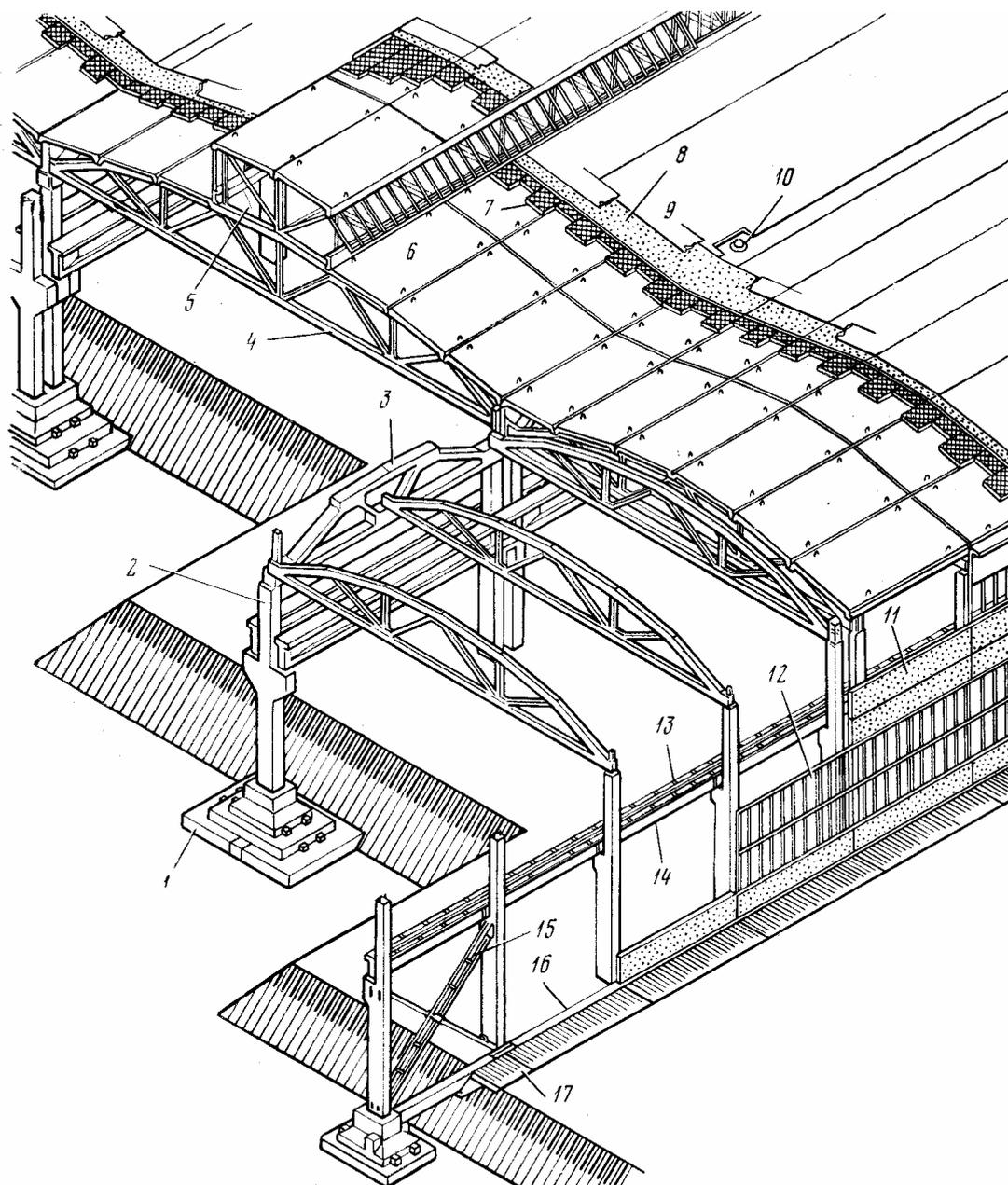


Рис. 1.3. Схема промышленного здания каркасного типа: 1 – фундаментный башмак; 2 – колонна; 3 – подстропильная ферма; 4 – стропильная ферма; 5 – светоаэрационный фонарь; 6 – плита покрытия; 7 – утеплитель; 8 – выравнивающий слой; 9 – кровельный ковер; 10 – воронка внутреннего водостока; 11 – стенная панель; 12 – ленточное остекление; 13 – крановая рельса; 14 – подкрановая балка; 15 – связи; 16 – фундаментная балка; 17 – отмостка

*Фундамент* – это конструктивный элемент здания, предназначенный для передачи нагрузки на основание. Он может быть из отдельных свай, башмаков или плит. Оголовки свай служат опорой башмаков или плит. Башмаки стаканного типа являются опорой колонн, плиты, образующие сплошной ленточный фундамент, – опорой для стен. Башмаки, расположенные по периметру здания, связаны фундаментными балками.

*Колонны* – это вертикальные элементы каркаса здания. Колонны воспринимают нагрузку от ферм, балок, покрытия и верхнего транспорта и опираются на фундаментные башмаки, в которых закреплены бетоном. Железобетонные колонны бывают сборными или монолитными. Первые колонны более экономичны. Сборные железобетонные колонны состоят из колонн наружных и внутренних рядов, отличающихся формой элементов для установки подкрановых балок. Сечения колонн пропорциональны их высоте. В многопролетных зданиях с шириной пролета от 12 до 24 м колонны, как правило, имеют сечение 400 × 400 мм. Для увеличения жесткости каркаса применяют металлические связи колонн.

*Подстропильные и стропильные фермы* – горизонтальные элементы здания, которые связывают верхние концы колонн и служат опорой кровельных панелей. Кроме того, они воспринимают нагрузку от фонарных устройств, кровельного настила с осадками и подвесного транспорта с грузом. В качестве материала ферм используют сборный железобетон или металл (для пролетов 24 м и более). Указанные функции также могут выполнять стропильные и подкрановые балки.

*Кровля* защищает здание от дождя, снега и ветра и замыкает горизонтальную конструкцию здания. Она включает плиты, паровую изоляцию, утеплительный настил, фонари, водоизоляционные покрытия, цементно-песочные стяжки и верхние защитные покрытия. В качестве материала для утеплителей применяют пенобетон, для паровой изоляции – рубероид, для верхних защитных покрытий – толь, гравий на мастике.

Кровля может быть горизонтальной или скатной. В конструкцию горизонтальной кровли входят устройства для внутреннего отвода воды. Со скатных крыш вода стекает по наружным отводам.

*Фонари* обеспечивают освещение рабочих мест и естественную регулирующую вентиляцию (аэрацию) помещений. Фонари бывают только световые (для зданий с избытками явного тепла до 23 Вт/м<sup>3</sup>), только аэрационные и светоаэрационные (для зданий с избытком явного тепла от 23 до 50 Вт/м<sup>3</sup>). Длина фонарей составляет не более 120 м. Расстояние между торцами фонарей и между торцом фонаря и наружной стеной здания должно быть не менее 6 м.

В прецизионных производствах предусматривают бесфонарные кровли с постоянными искусственными освещением и вентиляцией.

Стены, перегородки, окна, ворота, двери и лестницы составляют *вертикальное ограждение* здания.

*Стены* – это основная часть вертикальных ограждений. В каркасных зданиях применяют навесные или подвесные стены, выполненные из панелей длиной 6 или 12 м, высотой 1,2 и 1,8 м и толщиной 300...500 мм. Стены бескаркасных зданий выполняют из кирпича, мелких и крупных блоков. Толщина кирпичных стен составляет 510 мм (кладка в два кирпича).

*Перегородки* разделяют здание на отдельные помещения, в которых размещают производственные участки, кладовые, склады, места цеховых руководителей и др. Перегородки делают из кирпича, гипсовых панелей и металлопроката.

*Оконные проемы* необходимы для освещения и аэрации помещений. Оконные проемы выполняют глухими или в виде открывающихся створчатых переплетов. Остекление бывает одинарным или двойным.

*Ворота* замыкают магистральные проезды и служат для проезда транспортных средств. Для прохода людей в них могут быть калитки. Высота ворот не менее чем на 0,2 м превышает высоту проезжающих транспортных средств с грузом, а ширина, соответственно, на 0,6 м. Ширина ворот должна быть достаточной для перемещения технологического оборудования. Типовые ворота имеют следующие размеры (ширина×высота): 2,0×2,5; 3,0×3,0; 3,0×3,5; 4,0×3,0 и 4,0×4,2 м. Ворота для проезда пожарных автомобилей имеют высоту не менее 4,2 м.

Ворота бывают створчатыми (распашными), раздвижными (откатными), подъемно-складывающимися и шторными.

*Двери* делятся по назначению на эвакуационные, транспортные и запасные; по расположению – на наружные и внутренние. Ширина дверей – 1,0; 1,5 и 2,0 м, а высота – 2,4 м.

*Лестницы* размещают у капитальных стен с лестничными клетками шириной 2,5...3,0 м, а выходы из зданий – на расстоянии 50 м (максимум 100 м) от наиболее удаленного рабочего места.

*Полы* должны быть прочными, обладать малой истираемостью, нестараемостью, бесшумностью, масло- и кислотостойкостью и не образовывать пыль при движении напольного транспорта. Элементы пола:

– подстилочный слой толщиной 100...150 мм из шлака, гравия или щебня;

– гидроизоляция, которая защищает пол и помещение от грунтовых вод;

– стяжка – слой, образующий жесткую, плотную и ровную корку по нежестким или пористым элементам пола;

– прослойка – промежуточный слой между стяжкой и последующим слоем пола;

– покрытие – верхний слой, который взаимодействует с оборудованием, транспортом, изготавливаемыми или ремонтируемыми объектами и людьми. Покрытия бывают сплошными (бетонные, металлоцементные и др.) и из штучных материалов (металлических плит, керамической плитки, деревянных шашек и др.).

Общая толщина пола примерно 250 мм. На полу указанной толщины возможна работа некоторого оборудования без фундаментов.

При применении в производстве агрессивных и вредных веществ (кислот, щелочей, солей, нефтепродуктов и др.) предусматривают химстойкие полы, не допускающие сорбцию указанных веществ.

Если рабочие места организуют на бетонных (в т. ч. с металлической или керамической плиткой) или асфальтовых полах, то рабочих размещают на деревянных решетках.

Требования к полам и стенам помещения определяются характером технологического процесса и применяемыми материалами. При этом должна быть обеспечена возможность механической уборки помещения.

При устройстве полов руководствуются данными табл. 1.2.

Таблица 1.2

Виды покрытий полов различных производственных участков

Участки	Вид покрытия пола	Особые требования
Разборочно-очистной	Чугунные плиты, мозаичные плиты	Наличие сточных лотков с решетками
Определения технического состояния деталей, восстановления деталей, сборки агрегатов и машин, окрасочный, обкатки машин, слесарно-механический, сварочно-наплавочный, ОГМ, ИУ	Мозаичные плиты (тераццо)	Толщина бетонной подготовки и покрытия зависит от массы оборудования и грузоподъемности напольного транспорта
Гальванический, переработки резины и пластмасс, ремонта аккумуляторных батарей, топливной аппаратуры, гидросистем, медницкий, обкатки двигателей, химическая лаборатория, склад химикатов	Керамические кислотоустойчивые плиты	То же
Ремонта электрооборудования, лаборатории: метрологическая, металлографическая, испытательная	Керамические плиты	То же
Склады запасных частей, ремонтного фонда, готовой продукции, лесоматериалов, газовых баллонов, утиля	Асфальтобетонное	То же

### 1.2.3. Координационные оси, пролеты здания, сетка колонн

Здание в плане разделяют осями на ряд элементов. Эти оси определяют расположение основных конструкций (стен и колонн) и называются *координационными осями*. Различают продольные и поперечные координационные оси. Они делят здание на его пролеты и шаги колонн. Пересечения этих осей определяют места установки колонн каркасного здания. Координационные оси наносят на основание здания в начале строительных работ. Их обозначают на плане здания следующим образом (рис. 1.4). Вертикальные оси рядов колонн нумеруются слева направо по оси абсцисс последовательными арабскими цифрами, начиная с единицы (1, 2, 3 и т. д.). Горизонтальные оси рядов колонн обозначаются снизу вверх по оси ординат последовательными заглавными буквами русского алфавита (А, Б, В, Г и т. д., кроме З, Й, О, Х, Ц, Ч, Ш, Ъ, Ы, Ь).

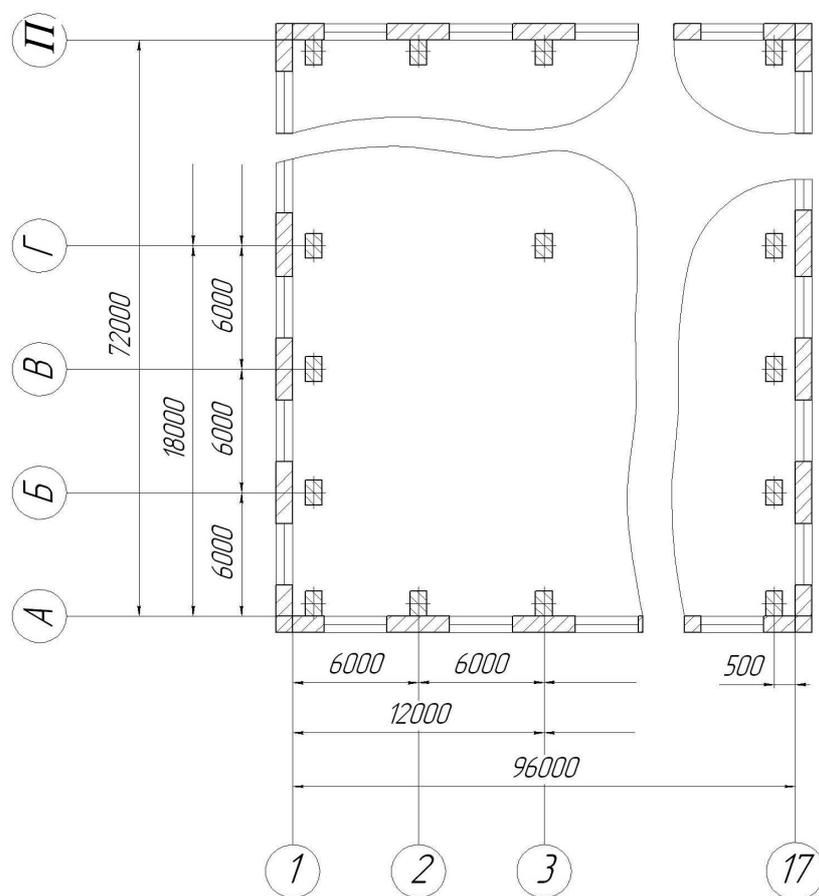


Рис. 1.4. Пример обозначение координационных осей на плане здания

*Привязка* конструктивных элементов здания – это указание их расположения относительно координационных осей.

При проектировании каркасных зданий геометрические центры сечений колонн средних рядов совмещают с точками пересечения координационных осей.

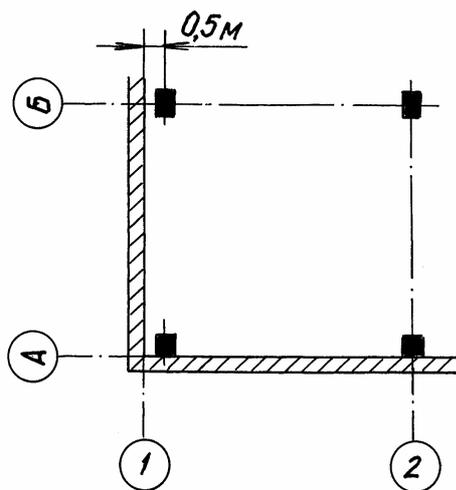


Рис. 1.5. Схема привязки крайних колонн здания каркасного типа к координационным осям

Привязка крайних колонн каркасного здания к его координационным осям приведена на рис. 1.5. Наружные грани колонн и внутренние поверхности стен совмещают с горизонтальной координационной осью (так называемая нулевая привязка). Оси колонн, примыкающих к торцевой стене, отступают внутрь здания на 500 мм от вертикальной координационной оси.

У бескаркасного здания внутренние грани наружных стен без пилястр привязывают, как показано на рис. 1.6, а стен с пилястрами – на рис. 1.7.

*Пролет* – это часть здания, ограниченная двумя смежными рядами колонн, перекрытых балками, фермами или другими конструкциями.

Пролеты здания размещаются, как правило, параллельно друг другу. Пролет характеризуется: шириной и длиной, шагом и сеткой колонн, высотой, объемно-планировочным и планировочным элементами.

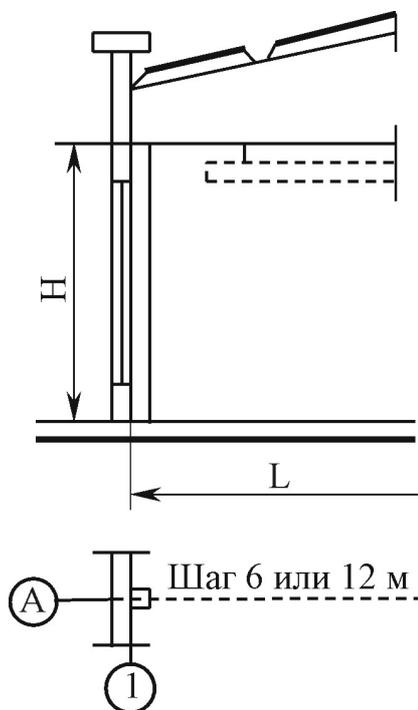


Рис. 1.6. Схема привязки колонн и стен каркасного здания с подвесными кран-балками к координационным осям

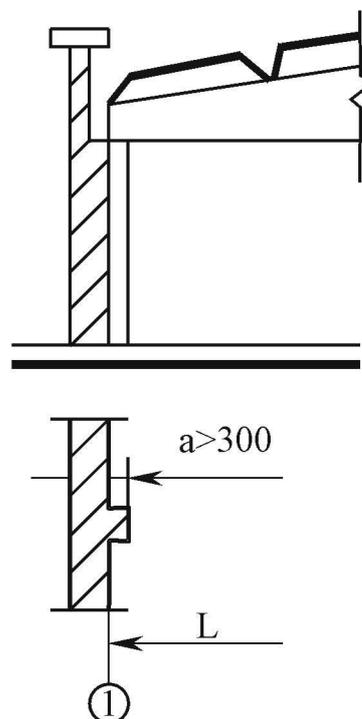


Рис. 1.7. Схема привязки стен с пилястрами бескаркасного здания к координационным осям

*Ширина* пролета – это расстояние  $L$  между смежными продольными координационными осями. Для предприятий наиболее распространены пролеты шириной 18 и 24 м.

*Длина* пролета – это расстояние между крайними поперечными координационными осями. Длина пролета равна произведению шага колонн на количество шагов.

*Шаг колонн* – расстояние  $t$  между смежными поперечными координационными осями. Шаг колонн должен быть кратным 6 м.

*Сетка колонн* определяется произведением ширины пролета на шаг колонн ( $L \times t$ ). Для предприятий наиболее часто применяют сетку колонн 18×12 или 18×6 м. Укрупненная сетка колонн позволяет более экономно использовать производственную площадь здания.

*Унифицированная типовая секция* представляет собой блок, состоящий из нескольких одинаковых пролетов одной высоты. Рекомендуются следующие типы секций зданий: размерами в плане 144×72 м (~10000 м<sup>2</sup>) и 72×72 м (~5000 м<sup>2</sup>) с сеткой колонн 24×12 м и 18×12 м.

*Высота* пролета – это расстояние  $H$  от пола до низа несущих конструкций. Кратность высоты пролета составляет 0,6 м или 1,2 м.

В зданиях с подвесными кран-балками принимают:

- для пролетов шириной 12 м  $H = 3,6; 4,2; 5,4$  или 6,0 м;
- для пролетов шириной 18 или 24 м  $H = 4,8; 5,4; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6$  или 10,8 м.

Высота пролетов бескрановых зданий или с подвесными таями грузоподъемностью до 5 т включительно составляет 6,0 или 7,2 м.

Строительство здания с одинаковыми направлением пролетов, сеткой колонн и высотой помещений в ряде случаев нецелесообразно. Высота здания в средних пролетах обычно превышает ее в крайних пролетах. Участки вспомогательного производства, складские, бытовые и административные помещения, а также участки основного производства – окрасочные и тепловые, выделяющие аэрозоли и отработавшие газы, – размещают в крайних низких пролетах.

*Объемно-планировочное решение* здания определяется количеством, шириной, длиной и высотой пролетов, их относительным направлением и шагом колонн. Это решение должно обеспечить реализацию принятых технологических процессов, возможность реконструкции и технического перевооружения производства, изменение технологического процесса и переход на новые виды продукции.

Условные обозначения элементов производственного здания приведены на рис. 1.8.

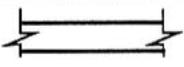
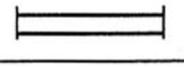
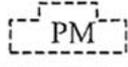
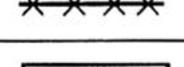
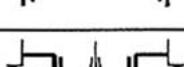
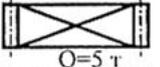
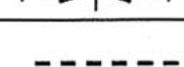
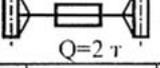
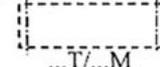
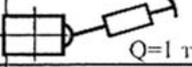
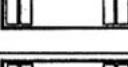
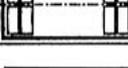
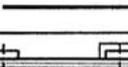
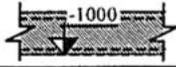
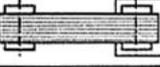
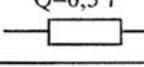
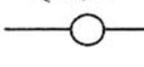
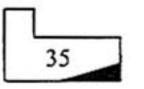
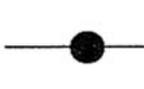
Объект	Условное обозначение	Объект	Условное обозначение
<b>Строительные элементы</b>		Контрольная плита	
Капитальная стена		Верстак	
Сплошная перегородка		Контрольный стол	
Остекленная перегородка		Резервное место под оборудование	
Перегородка с сеткой		<b>Подъемно-транспортное оборудование</b>	
Металлическая перегородка на каркасе		Электрический мостовой кран	 Q=5 т
Ворота. Дверь двупольная		Кран-балка опорная	 Q=2 т
Граница цеха, участка		Кран-балка подвесная	 ...Т...М
Проезд		Кран поворотный у колонны	 Q=1 т
Колонна металлическая		Рольганг одинарный	
Колонна железобетонная		Рольганг двойной	
Люк		Скат, склиз	
Тоннель, канал (с отметкой уровня)	 -1000	Пластинчатый транспортер	
<b>Технологическое оборудование</b>		Подвесной цепной конвейер	
Технологическое оборудование (станок № по плану)	 25	Подъем и спуск цепного подвесного конвейера	 +5,5    +2,2
Место рабочего		Монорельс с тельфером	 Q=0,5 т
Место рабочего при многостаночном обслуживании		Монорельс с пневматическим подъемником	 Q=0,2 т
Технологическое оборудование, существующее в цехе, не переставляемое	 35	Электроинструмент на монорельсе	
Разметочная плита		Тара	

Рис. 1.8. условные обозначения на планировках производственных участков элементов здания и оборудования

#### 1.2.4. Оборудование предприятия

*Средства технологического оснащения* – это совокупность орудий производства, необходимых для выполнения технологического процесса.

*Технологическое оборудование* – это средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, в том числе технологическую оснастку. К технологическому оборудованию относят, например, прессы, станки, печи, гальванические ванны.

В ремонтном производстве применяют технологическое оборудование таких видов: очистное, диагностическое, разборочное, для нанесения покрытий, обрабатывающее, контрольно-измерительное, балансировочное, комплектовочно-сборочное, окрасочное, обкаточно-испытательное, для переработки отходов.

*Подъемно-транспортное* оборудование необходимо для перемещения грузов в пределах предприятия.

Для горизонтального перемещения грузов на участке применяют авто- и электропогрузчики, электрокары, конвейеры и монорельсы (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Внутрицеховой транспорт и виды выполняемых им работ

Виды транспортных средств	Виды работ
Автопогрузчик, электропогрузчик	Перемещение объектов между цехами и производственными участками, демонтаж, перемещение и монтаж технологического оборудования
Электрокар	Перемещение объектов между рабочими местами, расположенными в цехе, внутрискладские перемещения
Кран мостовой	Перемещение объектов между рабочими, расположенными в пролете
Кран консольный	Обслуживание нескольких рабочих мест, загрузка или разгрузка подвешенного конвейера
Кран-штабелер	Обслуживание стеллажных складов
Путь монорельсовый	Перемещение объектов между пролетами, между рабочими местами, связанными технологически, но расположенными друг от друга на расстоянии 5...20 м
Подъемник	Обслуживание отдельных станков или стендов, позиций загрузки или разгрузки конвейеров
Конвейер тележечный	Межпозиционное перемещение агрегатов
Конвейер грузоведущий	Межпозиционное перемещение колесных машин
Конвейер цепенесущий	Перемещение межпозиционное тяжелых объектов
Конвейер пластинчатый	Перемещение объектов межпозиционное
Конвейер роликовый (рольганг) приводной или не приводной	Перемещение штучных грузов типа корпусных деталей между рабочими местами по горизонтали или под небольшим углом к ней
Конвейер подвесной	Перемещение объектов между производственными участками, перемещение межпозиционное, перемещение сквозь очистные машины, на постах нанесения ЛКМ, сквозь сушильные камеры

Для вертикального перемещения грузов предназначены подъемники (электрические, пневматические и гидравлические) и тали. Для комбинированного перемещения грузов используют краны различных видов (мостовые, консольные и др.). По признаку прерывности внутрицеховой транспорт подразделяют на циклический и непрерывный.

*Авто- и электропогрузчики* способны поднимать груз на вилах или на крюке и перевозить его на вилах. Грузоподъемность автопогрузчиков составляет 1...10 т, а электропогрузчиков – 0,35...5 т.

Электропогрузчики грузоподъемностью 350...630 кг широко применяются на складских работах. Однако их эксплуатация требует создания взрывоопасных участков для зарядки аккумуляторных батарей.

Автопогрузчики (прил. 1) в отличие от электропогрузчиков оснащены двигателями внутреннего сгорания. Привод механизмов подъема груза у обоих видов погрузчиков – гидравлический.

*Электрокары* (прил. 2) представляют собой самоходные управляемые тележки, приводимые в движение от электродвигателя постоянного тока, получающего энергию от аккумуляторной батареи. Наиболее распространены электрокары с неподвижной платформой грузоподъемностью 600...1000 кг.

Краны *мостовые опорные* и *подвесные* обслуживают цеховые пролеты. С помощью этих кранов могут обслуживаться все рабочие места, расположенные в пролете, и прибывающий туда транспорт.

Мостовой кран движется по опорному или подвесному крановому пути, а грузовая тележка или электротельфер – по его мосту. Опорные подкрановые пути устанавливаются на подкрановые балки, которые, в свою очередь, устанавливаются на консоли колонн здания или другие конструкции. Подвесные пути крепятся к несущим конструкциям перекрытия здания.

Мостовые подвесные краны имеют грузоподъемность до 5 тс.

Скорость перемещения мостовых подвесных кранов (прил. 3) составляет 30 м/мин, а опорных (прил. 4) – 26 или 40 м/мин.

Краны *консольно-поворотные* обслуживают круговую площадь, на которой может размещаться до четырех рабочих мест. Они эффективны при обслуживании рабочих мест, расположенных у конвейеров, когда предмет ремонта перемещается между конвейером и оборудованием. У кранов грузоподъемностью 0,25...0,50 т вылет стрелы бывает 3...6 м, грузоподъемностью 1...2 т – 3,0...4,5 м и грузоподъемностью 3...5 т – 3,0...3,5 м. В зависимости от конструкции и места расположения обслуживаемой зоны краны подразделяются на подвесные, колонные и настенные. Подвесные и колонные краны могут быть полно- и неполноповоротные. Последние имеют угол поворота стрелы 270...300 °. Настенные краны имеют угол поворота стрелы до 150 °. Поворотные устройства при грузо-

подъемности кранов до 1 т выполняются с ручным приводом. В качестве грузоподъемного механизма используют любой вид тали.

*Путь монорельсовый* представляет собой подвесной путь в виде двутавровой балки (№ 12...45 по ГОСТ 8239-56) с электротельфером или не приводной тележкой. Во втором случае тележка с грузом перемещается за счет мускульной энергии рабочего. Путь применяют для передачи ремонтируемых изделий между рабочими и складскими местами на узкой полосе обслуживания.

Форма пути повторяет траекторию перемещения груза и состоит из прямолинейных и криволинейных участков. Путь установлен на Г-образных колоннах. Энергия к электротельферу подается с помощью кабеля. Наличие кабеля ограничивает длину путей до 20 м, в ручном варианте длина перемещения грузов не ограничена.

Неприводные устройства с тележками, на которых устанавливают и закрепляют ремонтируемые изделия, называют эстакадами. Тележки по эстакаде перемещаются вручную.

*Подвесные грузонесущие конвейеры* ГН-80Р, ГН-100Р, ГН-160 (прил. 5) и ГН-200Д-50 выпускаются Львовским производственным объединением «Конвейер». Конвейеры могут оснащаться автоматическими погрузочно-разгрузочными устройствами АКП-125, АКП-320 грузоподъемностью, соответственно, 125 и 320 кг для передачи грузов в стандартной таре с одного грузонесущего конвейера на другой. Автоматическую загрузку и разгрузку многополочных подвесок конвейеров для транспортировки однотипных грузов в виде тел вращения массой до 50 кг выполняют манипуляторы типа МАК-1 с гидравлическим приводом.

*Подвесные толкающие конвейеры* КТ-80 и КТ-100 отличаются наличием сцепа и тяговой цепи, разветвительных (встречных) и собирательных (попутных) стрелок. Конвейеры позволяют перемещать грузы, их сортировать и комплектовать по заданной программе, останавливать грузы для выполнения различных операций, создавать системы конвейеров любой длины и полностью ликвидировать перегрузочные операции.

Грузоведущие конвейеры предназначены для перемещения и автоматического распределения штучных и тарных грузов по сложным горизонтальным трассам. Грузоподъемность тележек составляет 50, 125, 250, 500 и более кг. Скорость перемещения грузов – 0,3...47,5 м/с, а преодолеваемые подъемы и спуски – до 15°. Преимущества грузонесущих конвейеров заключаются в отсутствии загрузочных операций в полу и в простоте изменения трассы.

У конвейера ГВК-100 ходовой путь выполнен подвесным. Щелевой напольный тележечный конвейер ЩК-450 выполнен таким образом, что его тяговая цепь расположена ниже уровня пола, тем самым позволяет движение по полу любого транспорта. Грузоподъемность тележки конвейера 250 кг, скорость ее перемещения – 25 м/мин.

*Склизы* представляют собой транспортные пути из листового материала. Изделия массой до 50 кг перемещаются рабочим вручную по горизонтальным или наклонным (под углом до  $5^\circ$ ) поверхностям. Склизы применяют при перемещении изделий между рабочими местами на расстояние до 5 м.

*Роликовые конвейеры* (рольганги) бывают приводными и не приводными. У приводного конвейера опорные ролики вращаются принудительно. У не приводного конвейера мускульное усилие для перемещения груза прилагает рабочий. За счет небольшой силы трения в подшипниковых узлах по не приводному рольгангу перемещают грузы массой несколько сотен килограмм. Средства применяют для перемещения штучных грузов по горизонтали или под углом до  $3^\circ$ .

Шаг роликов определяется длиной и массой перемещаемого груза из расчета, чтобы груз опирался не менее чем на два ролика. Длина роликов (ширина конвейера) превышает ширину перемещаемого груза на 50...100 мм. Высота рольгангов составляет 0,6...0,8 м. В прил. 6 приведена характеристика роликовых конвейеров.

На поворотных криволинейных участках роликовых конвейеров оси роликов располагаются радиально. Радиусы поворота выбирают из ряда: 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 и 1600 мм. При передаче грузов с одного роликового конвейера на другой, расположенный перпендикулярно первому, применяют поворотные роликовые столы. Если поперек конвейера или склиза необходимо сделать проход, то в этом месте устанавливают откидную секцию.

*Транспортно-накопительные системы* обслуживают сборочные участки и поточно-механизированные линии. Распространены системы гравитационного типа, которые не требуют в дальнейшем энергии на перемещение к рабочим позициям изделий, установленных на гравитационные лотки.

Условные обозначения технологического и подъемно-транспортного оборудования приведены на рис. 1.8.

*Энергетическое* оборудование – это устройства для преобразования энергии (трансформаторы, турбины, компрессоры и др.)

### **1.2.5. Инженерные сети**

*Инженерные сети* (коммуникации) – это трубопроводы, кабели, электрические провода, газопроводы и коллекторы, по которым передают технологические среды (горючие и окислительные газы, жидкое топливо и масла, водные растворы и др.), энергоносители (сжатый воздух, горячую воду, пар, потоки заряженных частиц), воду (питьевую и производственную), воздух (чистый и загрязненный), отработавшие газы и отходы (газообразные и жидкие). Они бывают подземные, наземные и настенные.

*Кабели* силовые и связи передают электрическую энергию.

По *трубопроводам* перемещают носители тепловой энергии (пар и горячую воду), питьевую, охлаждающую и сточную воду, СОЖ, бензин, масла, конденсат и газы. Отдельно друг от друга прокладывают трубопроводы для питьевой и производственной воды и воды для пожаротушения. В газовых трубопроводах движутся сжатый воздух (носитель потенциальной энергии давления), горючие газы (природный газ, ацетилен и др.), кислород, защитные газы (углекислый газ, аргон и др.).

Скорость движения сжатого газа в трубопроводах должна быть 15...25 м/с, однако с целью уменьшения потерь напора эта скорость может быть снижена до 8...12 м/с. Для трубопроводов применяют трубы диаметром 14...70 мм, соединенные сваркой. Фланцевые соединения применяют только в местах присоединения арматуры. Предусматривают кольцевую прокладку трубопроводов с установкой задвижек или вентилях, позволяющих отключать участки трубопроводов в случае их неисправности. Перед потребителями газа устанавливают отстойники, фильтры, редукторы и счетчики.

Трубопроводы горючих газов бывают низкого (до 0,05 МПа), среднего (0,05...0,30 МПа) и высокого (0,3...1,2 МПа) давления.

Для удаления конденсата из трубопроводов предусматриваются их уклоны около 0,0025...0,0040 в сторону движения газа, а в наиболее низких точках – водосборники с продувными кранами.

Трубопроводы устанавливают на стенах, колоннах или фермах без провисания и с возможностью свободного удлинения за счет деформирования компенсаторов. Трубопроводы с горючими газами располагают на 300 мм выше трубопроводов с кислородом или электрических кабелей. Концы продувочных труб с горючими газами выводят из помещения.

После испытания трубопроводы окрашивают в цвет баллонов: с ацетиленом – в белый; с кислородом – в голубой; с природным газом – в желтый; с углекислым газом – в черный. В остальных случаях придерживаются рекомендаций прил. 7.

По *канализационным коллекторам* (ливневым, хозяйственно-фекальным) перемещают производственные стоки. Канализация бывает напорной и самотечной. Самотечную канализацию выполняют в виде водостоков и дренажей.

*Газоходы* служат для притока свежего воздуха в помещения и отвода загрязненного воздуха и отработавших газов от рабочих мест.

Условные изображения потребителей пара, электроэнергии, холодной и горячей воды, сжатого воздуха приведены в прил. 8.

### 1.3. Компоновка производственного здания

#### 1.3.1. Выбор здания и определение его компоновки

Тип и конструкцию здания или его пролетов для размещения производственных участков выбирают с учетом:

- назначения здания;
- видов, размеров и массы изготавливаемых или ремонтируемых объектов, объема производства, видов технологических процессов и применяемого оборудования;
- типов, размеров и грузоподъемности транспортных средств;
- требований, предъявляемых к освещению, отоплению и вентиляции;
- сбора и отвода атмосферных осадков;
- учета возможности дальнейшего расширения здания;
- видов применяемых строительных материалов.

При выборе здания для размещения производственных участков и обслуживающих отделений вначале определяют его необходимую площадь. Эта площадь равна расчетной площади всех помещений с учетом необходимых проездов и проходов. Затем выбирают высоту пролетов.

Высота пролета определяется массой и габаритными размерами перемещаемых изделий, высотой установленного технологического оборудования, типом грузоподъемного оборудования и требованиями унификации строительных конструкций. Схема к расчету высоты пролета здания представлена на рис. 1.9.

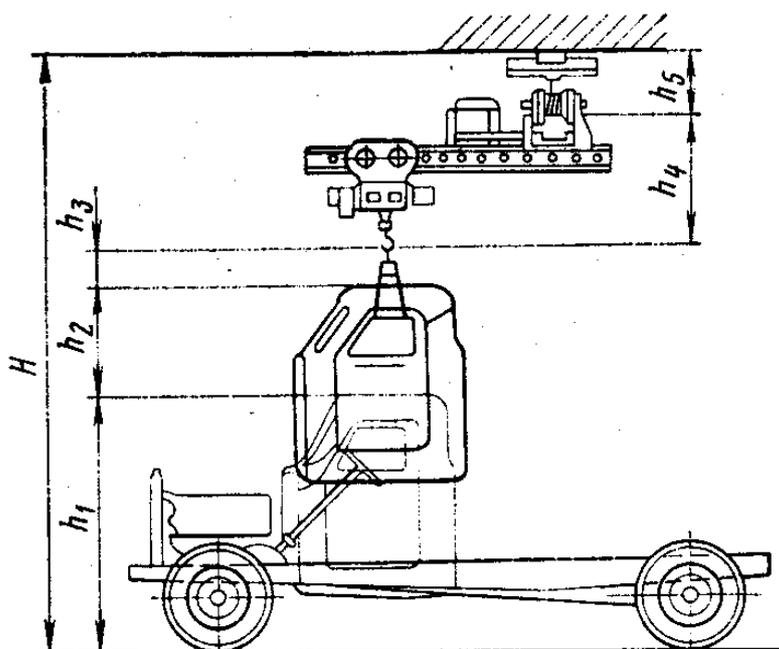


Рис. 1.9. Схема определения необходимой высоты здания:  $h_1$  – высота ремонтируемого объекта;  $h_2$  – высота подъема;  $h_3$  – высота чалочного устройства;  $h_4$  – строительная высота кран-балки;  $h_5$  – размер, зависящий от конструкции узла крепления подвесных путей;  $H$  – высота здания до низа несущих конструкций

При расчете этой высоты последовательно складывают габаритную высоту изготавливаемого или ремонтируемого объекта, высоту его предварительного подъема, высоту траверсного (чалочного) устройства, длину крюковой подвески, высоту крановой тележки и зазор от крановой тележки до низа несущих конструкций перекрытия. Полученное значение высоты округляют до ближайшего большего значения высоты пролета.

Грузоподъемность верхнего цехового транспорта для технологического перемещения соответствует массе груза. Верхний транспорт не предназначен для перемещения технологического оборудования при его монтаже или ремонте. В этих случаях оборудование перемещают лебедками, погрузчиками или другими видами заводского транспорта.

Здание должно быть приспособлено к местным климатическим условиям.

*Компоновка* производственного здания – это полный горизонтальный разрез этого здания с указанием его основных элементов, размеров, координационных осей и сетки колонн, структурных производственных подразделений, цехового транспорта, магистральных проходов и проездов.

Если планировка производственного участка представляет собой детальное расположение в нем рабочих мест, то компоновка производственного здания – это расположение в нем производственных участков и цеховых помещений. На компоновке здания указывают:

- элементы здания, координационные оси и необходимые размеры;
- границы производственных участков;
- поточные линии, конвейеры, лифты, опорные и подвесные краны;
- цеховое подъемно-транспортное оборудование;
- вентиляционные камеры, пункты ввода тепла и воды, газораспределительные пункты, трансформаторные подстанции и др.;
- складские помещения;
- административные и санитарно-бытовые помещения;
- подвалы и антресоли с отметкой их пола;
- цеховые проходы и проезды.

На компоновке производственного здания приводят наименования производственных подразделений, а также фрагменты смежных элементов генерального плана предприятия (трубы, очистные сооружения, гидранты, эстакады, проезды, газоны, площадки и др.).

Поточные линии и цеховое подъемно-транспортное оборудование обозначают порядковыми номерами и вносят в спецификацию.

### **1.3.2. Расположение производственных участков в здании**

Виды и количество производственных участков предприятия устанавливаются в зависимости от типа и структуры предприятия, а размещают их в производственном корпусе в технологической последовательности с

учетом рекомендаций и ограничений. Наименьшие значения площади производственного корпуса, транспортной работы по перемещению предмета труда и потерь энергии будут обеспечены при учете следующих положений (применительно к ремонтному производству):

- перемещения изделий при их общей разборке и сборке назначают параллельно и навстречу друг другу;

- разборочно-очистной участок имеет один канал входа предмета ремонта и несколько каналов выхода, сборочный участок, наоборот, имеет несколько каналов входа и один канал выхода, а участки восстановления деталей – по одному каналу входа и по одному каналу выхода;

- базовая корпусная деталь или сборочная единица ремонтируемого агрегата выходит с разборочно-очистного участка последней, а поступает на сборочный участок первой;

- участки восстановления деталей располагают между каналами выхода соответствующих деталей с разборочно-очистного участка и входа участка сборки, а перемещения деталей назначают перпендикулярно перемещению собираемых и разбираемых агрегатов;

- длины участков восстановления деталей должны быть равными расстоянию между сортировочно-накопительными и комплектовочно-сборочными рабочими местами или нечетно кратны этим расстояниям. Последнее требование относится к участкам восстановления деталей с большим числом рабочих мест (например, блоков цилиндров, коленчатых валов).

- обслуживающие участки располагают на минимальном расстоянии от обслуживаемых участков (склад ремонтного фонда – разборка; растворный пункт – очистка; приготовление СОЖ, затачивание инструмента – механическая обработка заготовок; фильтрация масла, подогрев воды – обкатка; приготовление лакокрасочных материалов – окрашивание и др.).

Перечисленным принципам удовлетворяет компоновка здания, в котором пролеты с участками разборки и сборки агрегатов и машин расположены параллельно друг другу, но перпендикулярно остальным пролетам здания. При этом исключается пересечение потоков движущихся предметов ремонта.

Схема расположения производственных участков в производственном здании агрегаторемонтного завода показана на рис. 1.10. Стрелками показаны основные перемещения ремонтируемых изделий. Склады ремонтного фонда и товарной продукции примыкают, соответственно, к разборочно-очистному и обкаточно-испытательному участкам.



Рис. 1.10. Схема расположения производственных участков в производственном корпусе агрегатно-ремонтного завода

Производственные участки стремятся расположить в одном здании. Если на участках имеет место избыточное тепловыделение или излучение, высокий уровень шума, применение вредных или взрыво- и пожароопасных веществ, то такие участки отделяют стенами или перегородками с возможностью выхода рабочих на улицу. Выделяют участки: кузнечный, сварочный, термический, гальванический, медницкий, переработки полимеров и резины, ремонта аккумуляторных батарей, обкатки и испытания

двигателей, приготовления краски, окрашивания, деревообрабатывающий, зарядки электрокаров и электропогрузчиков, склады сгораемых материалов и несгораемых материалов в сгораемой упаковке, склады баллонов. В одном помещении можно размещать кузнечный, термический, сварочный и медницкий участки.

Пожароопасные производственные участки располагают вдоль наветренной по розе ветров стороны здания, а «горячие» (кузнечный, термический и др.) – вдоль его подветренной стороны.

На комплекточном участке, в инструментально-раздаточной кладовой и складе деталей, ожидающих восстановления, хранят значительные материальные ценности. Эти участки выделяют кирпичными или стальными перегородками высотой не менее 3 м с потолками.

### **1.3.3. Заполнение объема здания**

Производственное здание заполняют оборудованием, предметами труда и цеховыми коммуникациями в трех уровнях его пространства: технологическом потолке, на уровне пола и в технологическом подвале.

Объем *технологического потолка*, в свою очередь, можно разделить на две части по высоте здания: от кровли до подкрановых путей и от этих путей до высоты над уровнем пола 2,0...2,5 м. Объем выше подкрановых путей занимают воздушные, водяные, паровые и кабельные коммуникации. В некоторых производствах здесь размещают вентиляторы и силовые трансформаторы. На меньшей высоте размещают антресоли под вентиляционные камеры, гардеробы и комнаты отдыха. В этой части объема технологического потолка перспективно размещение предборочных складов агрегатов (в машиностроении такая организация накопления, хранения и комплектования изделий на подвесных конвейерах с автоматическим адресованием груза применяется более двадцати лет). Здесь действуют грузоподъемные средства.

На технологическом потолке *в зоне досягаемости рук рабочего* размещают подвесные инструменты (гайковерты, съемники и др.).

В объеме здания, *непосредственно примыкающем к полу*, размещают технологическое оборудование и организуют основное перемещение обрабатываемых изделий. Наибольший объем организационно-технологических работ приходится на оптимизацию решений в этой части производственного здания. Минимальная площадь производственных участков и минимальная транспортная работа по перемещению предмета труда и отходов будут при плотной расстановке технологического оборудования и прямолинейном (прямоточном) перемещении изделий.

Расстановка оборудования определяется содержанием технологического процесса и последовательностью технологических операций, расчетным количеством оборудования, выбранными средствами перемещения изготавливаемых или ремонтируемых изделий и нормами технологического проектирования.

Технологическое оборудование участков располагают по одному из принципов: по типам оборудования, в порядке технологических операций.

По *типам оборудования* располагают группы однородного оборудования в единичном, мелко- и среднесерийном производстве. Например, для обработки резанием создают группы металлорежущих станков: токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных и др. Расположение таких групп станков на площади участка определяется последовательностью выполнения технологических операций большинства типовых деталей.

В *порядке следования технологических операций* на участках крупносерийного и массового производства оборудование располагают последовательно в соответствии с технологическими операциями для обработки одноименных или схожих объектов. На участках централизованного восстановления деталей, например, такая группа (линия) оборудования выполняет восстановление одной детали (блока цилиндров, коленчатого вала и др.). В мелко- и среднесерийном производстве каждая группа станков выполняет обработку нескольких деталей, имеющих аналогичный порядок операций, потому что загрузить полностью все станки операциями по восстановлению одной детали не всегда возможно.

Производственный участок желательно разместить в одном пролете здания.

Технологический *подвал* занимают холостые ветви напольных конвейеров, технологическое оборудование обслуживающего назначения (насосные станции, фильтры, баки для сбора СОЖ, масла и оборотной воды), инженерные сети (кабели, трубопроводы, канализационные коллекторы и вентиляционные газоходы). В ряде случаев технологический подвал используют для сбора и перемещения отходов (стружки, загрязненного масла, отработавшей воды и др.). Создание канализационных коммуникаций требует строительных работ большой трудоемкости, а перенос этих коммуникаций в построенном здании почти невозможен. Так, например, разбороочно-очистной участок, оснащенный развитой сетью канализационных каналов и вентиляционных воздуховодов, должен тщательно прорабатываться на стадии подготовки производства, потому что дальнейшая его реконструкция сопряжена с огромными переделками.

## **1.4. Нормы технологического проектирования**

Нормы технологического проектирования касаются расстановки оборудования, ширины проездов и проходов.

### **1.4.1. Требования к расстановке оборудования**

Расстановка технологического оборудования и организационной оснастки должна обеспечить:

- выполнение технологического процесса;

- кратчайшее (чаще прямолинейное) перемещение изготавливаемых, ремонтируемых или восстанавливаемых объектов;
- требуемые расстояния между отдельными единицами оборудования и их рядами;
- нормативные расстояния от оборудования до элементов здания (стен, колонн), теплотехнических и сантехнических сооружений;

Кратчайшее перемещение предметов труда сокращает соответствующий объем транспортной работы. Это условие не относится к перемещению грузов с помощью подвесных конвейеров.

Нормативные расстояния между оборудованием, а также между оборудованием и элементами здания гарантируют безопасность рабочих, возможность обслуживания, ремонта и демонтажа оборудования. Соблюдение нормативных расстояний от оборудования до колонн здания позволяет избежать размещения оборудования на основаниях колонн, имеющих большую площадь, чем площадь сечений колонн, а также подавать изделия на технологическое оборудование цеховыми кран-балками, крюки которых не доходят до оси колонн ближе определенного расстояния с учетом вертикального расположения грузовых канатов при подъеме груза.

Требуемые расстояния между отдельными рядами оборудования позволяют организовать свободные и безопасные проходы для рабочих и проезды напольного и подвесного транспорта с предметами труда.

#### **1.4.2. Правила изображения оборудования на планировке участка**

Для разработки различных вариантов планировок производственного участка готовят графическое изображение в масштабе необходимой части производственного здания и макеты технологического оборудования – *темплеты* (по ГОСТ 2.428-84). Каждый темплет оборудования представляет собой изображение сверху оборудования, вырезанное из плотной бумаги. На темплете приводят (рис. 1.11):

- габаритный контур оборудования в положении покоя;
- контуры подвижных частей оборудования, если при перемещении они выходят за пределы габаритного контура в положении покоя;
- высоту оборудования и высоту подъема его частей, если они превышают 3000 мм от уровня пола;
- контур опорной поверхности оборудования;
- ответственные функциональные части (планшайбы, патроны, борштанги и др.) внутри габаритных контуров оборудования в положении покоя;
- осевые линии шпинделей, столов и др.;
- места обслуживающего персонала;
- точки подвода электроэнергии, газообразных и жидких сред и выпуска отходов с направлениями их движения;

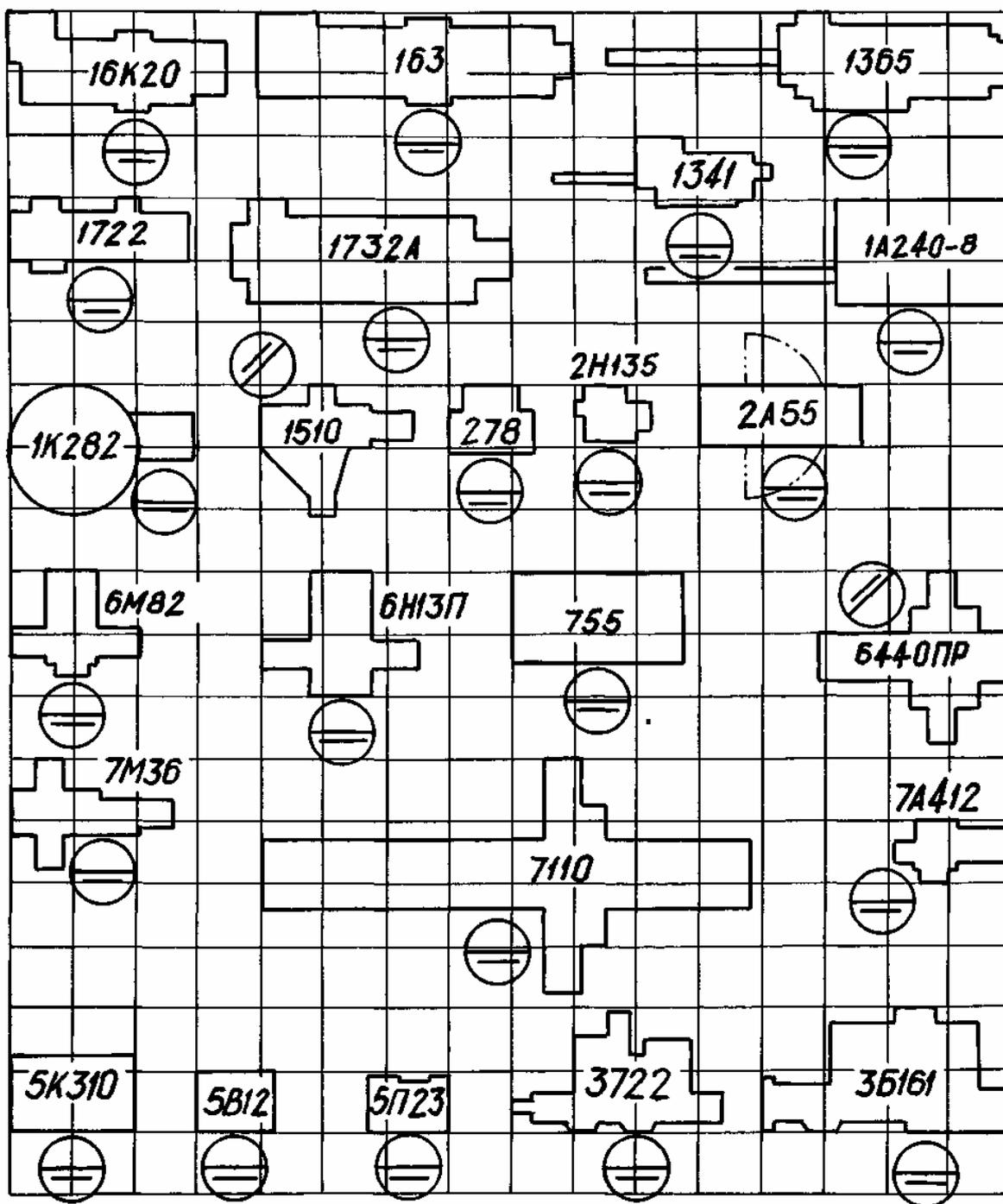


Рис. 1.11. Контуры распространенного оборудования в плане (размер стороны ячейки вспомогательной сетки равен 500 мм)

- длину, ширину и направление демонтажа частей оборудования в горизонтальном направлении;
- обозначение технологического оборудования шрифтом типа Б без наклона.

В случае необходимости на темплате дополнительно изображают контуры фундаментов и каналов, а также точки для отсчета размеров. Пример-

няемые виды линий и их назначение приведены в табл. 1.4. Размеры оборудования в плане выбирают из паспортов или каталогов. Габаритные контуры наиболее распространенного оборудования приведены на рис. 1.11.

Таблица 1.4

Виды и назначение линий, применяемых для выполнения темплетов оборудования

Вид линии	Назначение линии
Сплошная толстая линия	Габаритные контуры оборудования в положении покоя
Сплошная тонкая линия	Контуры ответственных функциональных частей оборудования (например, планшайб), находящихся внутри габаритных контуров оборудования в положении покоя. Условные графические обозначения
Штриховая линия толстая	Контуры опорной поверхности оборудования. Контуры фундаментов и каналов
Штрихпунктирная тонкая линия	Осевые линии
Штрихпунктирная линия с двумя точками, тонкая	Контуры подвижных частей, перемещающихся с целью управления или технического обслуживания, если они во время перемещения выходят за пределы габаритных контуров в положении покоя. Длина и ширина демонтируемых частей. Места подвода и отвода материалов за пределами габаритных контуров оборудования в положении покоя
Штрихпунктирная линия с двумя точками, толстая	Контуры подвижных частей оборудования, непрерывно движущихся в процессе работы, если они во время перемещения выходят за пределы габаритных контуров в положении покоя

Если технологическое оборудование состоит из основной и обслуживающих (электрошкафов, гидростанций, пылеотсосов и др.) частей, размещаемых отдельно, то их изображают на одном темплете. Тонкие линии обрезки темплетов определяют расстояния между единицами оборудования и между оборудованием и элементами здания.

Темплеты оборудования при составлении планировки перемещают вручную по плану здания. Когда положение оборудования относительно элементов здания окончательно определено, его изображение переносят на планировку участка.

### 1.4.3. Нормы расстановки оборудования

Нормы расстановки оборудования определяют расстояния между отдельными единицами оборудования в продольном и поперечном направлениях и расстояния от оборудования до элементов здания.

Станочное оборудования, например, в зависимости от размеров в плане делится на мелкое, среднее, крупное и особо крупное. Длина экземп-

ляров мелкого оборудования не превышает 1800 мм, среднего – находится в пределах 1800...4000 мм, крупного – 4000...8000 мм и особо крупного – свыше 8000 мм. Минимальные расстояния между станками, станками и элементами здания приведены в табл. 1.5. Нормы расстановки оборудования других видов приведены, например, в источниках [9 – 11]. Если стоящие в непосредственной близости экземпляры оборудования имеют разные размеры, то расстояние между ними принимают по сведениям о большей технологической машине.

Таблица 1.5

Минимальные расстояния между станками и станками и элементами зданий

Расстояния, мм	Станки			
	мелкие	средние	крупные	особо крупные
Между боковыми сторонами станков	700	900	1500	2000
Между задними (тыльными) сторонами	700	800	1200	1500
Между задней (тыльной) стороной станка и стеной или колонной	700	800	900	1000
Между боковой стороной станка и стеной или колонной	700	800	900	1000
Между передней (фронтальной) стороной станка и стеной или колонной (рабочий находится в рассматриваемом промежутке)	1300	1500	2000	–
Между боковой стороной станка и колонной	700	800	900	1000
Между одношпindelными токарными прутковыми автоматами, размещенными в затылок	1300	1500	2000	–
Между станками, расположенными в ряд в затылок друг другу при поперечном расположении к проезду	1300	1500	2000	–
Между станками, расположенными передними (фронтальными) сторонами друг к другу при поперечном расположении к проезду:				
	– при обслуживании каждого станка одним рабочим	2000	2500	3000
– при обслуживании одним рабочим двух станков	1300	1500	–	–

Расстояния между единицами оборудования и между ними и элементами здания указаны от крайних положений движущихся частей оборудования, а также от постоянных ограждений. Они не учитывают площадки

для хранения деталей у станков, а также устройства для перемещения деталей между станками.

Место рабочего у оборудования во время работы обозначают на планировке кружком диаметром 500 мм. Ширина рабочей зоны перед оборудованием составляет не менее 800 мм.

Расстояние между верстаками, расположенными фронтом друг к другу, составляет 2000 мм, а в затылок – 1000 мм. Расстояние между рядами верстаков, расположенных в затылок, составляет 2500 мм при ширине проезда 2000 мм.

#### 1.4.4. Привязка оборудования

Оборудование на производственном участке устанавливают на полу или фундаментах и монтируют по рабочим чертежам технологической части проекта. Поэтому на планировке участка приводят размеры в направлении двух сторон здания между осью ближайшей колонны здания и осью или боковой стороной оборудования. Этим достигается возможность точного определения места каждого экземпляра оборудования независимо от положения соседних технологических машин. Выносные линии на чертежах совпадают с осями колонн, продольными осями оборудования, точками от пересечения осей вертикальных шпинделей оборудования с полом помещения или линиями, ограничивающими наружный контур оборудования (чаще его боковую сторону слева от рабочего). Например, для токарного станка одна выносная линия совпадает с осью шпинделя, вторая – с контуром станка со стороны шпиндельной бабки (рис. 1.12). Для ковочного молота обе линии проходят через ось шабота или бойка.

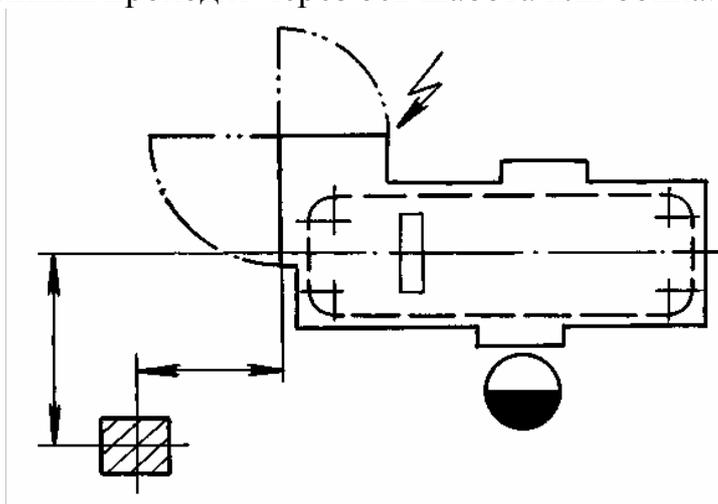


Рис. 1.12. Привязка токарного станка 16K20 к элементам здания

Взаимосвязанное оборудование (нагревательная печь – молот; выпрямитель – гальваническая ванна; источник питания – стенд для наплавки и др.) ориентируют таким образом: основное оборудование привязывается к колоннам здания, а обслуживающее – к основному. Организационная оснастка, передвигаемая по полу, на чертежах не ориентируется.

### 1.4.5. Проезды и проходы

Проезды для транспорта, в зависимости от назначения, бывают цеховыми (магистральными) и участковыми. Первые обслуживают весь производственный корпус, вторые – только участок.

Количество и расположение магистральных проездов определяются размерами и компоновкой производственного корпуса, а также технологическими связями с другими производственными корпусами. Магистральные проезды упираются в ворота, они, как правило, должны быть прямыми и сквозными. В отдельных случаях допускаются Г- или Т-образные проезды, копирующие форму здания или границы участков. Зоны ворот и проездов не занимают технологическим оборудованием, перегрузочными площадками, местами складирования изделий, тележками на рельсовом пути и др. Радиусы закруглений на поворотах должны быть не менее 5 м.

Магистральными проездами пользуются в чрезвычайных ситуациях, поэтому их располагают таким образом, чтобы длина пути от любой точки пола здания до ближайшего магистрального проезда была не более 50 м.

Проезды, обслуживающие участки, располагают по границам этих участков или внутри них между рядами оборудования.

Если проездом пользуются до пяти единиц транспорта, то организуют одну полосу движения. В другом случае организуют его двустороннее движение. Минимальная ширина проездов приведена в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Размеры проездов

Вид транспорта	Грузоподъемность, тс	Норма расстояния, мм	
		Ширина проезда	Между рядами оборудования
Электрокары	до 1	3000	3500
	1...3	3500	4000
	3...5	4000	4500
Электропогрузчики с вилами	До 1	3500	4000
	1...3	4000	4500
Грузовые автомобили	До 2	3500	4000
	2...5	4000	4500

Проезды для напольного транспорта (электрокаров) при одностороннем перемещении по территории участков должны быть не менее 2000 мм.

Проходы на участках рассчитаны на двустороннее движение рабочих с ручными тележками, их ширина должна быть не менее 2000 мм. Предусматривают необозначенные проходы на рабочих местах, обеспечивающие возможность работающим покинуть рабочее место не менее чем в двух направлениях при возникновении чрезвычайной ситуации.

## **1.5. Требования к планировке производственного участка**

### **1.5.1. Строительные нормы и правила**

На территории Республики Беларусь действует Перечень нормативно-технических документов по строительству, включающих множество положений.

*Положение* – это логическая единица содержания научно-технического документа.

Положения подразделяют:

– по форме представления – на нормы (требования), правила и сообщения;

– по степени обязательности – на обязательные, рекомендуемые и справочные;

– по содержанию – на эксплуатационные, описательные и методические.

*Норма* – положение, устанавливающее количественные или качественные критерии, которые должны быть удовлетворены (выполнены).

*Правило* – положение, описывающее действия, предназначенные для выполнения.

*Сообщение* – положение, содержащее информацию.

Классификатор строительных норм и правил содержит 5 частей, каждая из которых делится на группы. Он предназначен для установления состава и обозначения (шифра) строительных норм и правил. Шифр состоит из букв «СНиП» (для Беларуси – СНБ), номера части (одна цифра), номера группы (две цифры) и номера документа (две цифры), отделенных друг от друга точками; две последние цифры, присоединяемые через тире, обозначают две последние цифры года утверждения документа. Документам присваивают сквозные номера в порядке регистрации в пределах каждой группы или в соответствии с разработанным перечнем документов данной группы.

При проектировании производственных участков в основном руководствуются следующими нормами:

1. Организация, управление, экономика:

01. Система нормативных документов в строительстве.

2. Нормы проектирования:

01. Общие нормы проектирования.

02. Основания и фундаменты.

03. Строительные конструкции.

04. Инженерное оборудование зданий и сооружений.

05. Сооружения транспорта.

06. Гидротехнические и энергетические сооружения, мелиоративные системы и сооружения.

- 07. Планировка и застройка населенных пунктов.
- 08. Жилые и общественные здания.
- 09. Промышленные предприятия, производственные здания и сооружения, вспомогательные здания. Инвентарные здания.
- 10. Сельскохозяйственные предприятия, здания и сооружения.
- 11. Склады.
- 12. Нормы отвода земель.

### 1.5.2. Противопожарные требования

Противопожарные мероприятия на проектируемом участке назначают в зависимости от его категории *взрывопожарной и пожарной опасности*, которую обозначают символами: А, Б, В1, В2, В3, В4, Г1, Г2 и Д (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Категории производств по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория	Характеристика материалов и процессов, применяемых в производстве
А (взрывопожаро-опасная)	Горючие газы (ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) с температурой вспышки паров не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовые смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом в таком количестве, что избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б (взрывопожаро-опасная)	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (ГЖ) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1...В4 (пожароопасные)	ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что производства, в которых они имеются или обращаются, не относятся к категориям А и Б.
Г1	Процессы, связанные со сжиганием в качестве топлива ГГ и ЛВЖ.
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. Процессы, связанные со сжиганием в качестве топлива ГЖ, а также твердых горючих материалов.
Д	Негорючие материалы в холодном состоянии.

Категорию опасности выбирают по наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в отношении возможности взрыва или пожара исходя из видов используемых горючих материалов, их количества и свойств, а также особенностей технологического процесса.

Категории В1...В4 отличаются друг от друга удельной пожарной нагрузкой на участке. Для категории В1 эта нагрузка ( $\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ ) составляет более 2200, для категории В2 – 1401...2200, В3 – 181...1400 и для В4 – 1...180.

Производство относят к одной из категорий взрывопожарной и пожарной опасности по нормам пожарной безопасности НПБ 5-2000 «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Согласно этим нормам учитывают поступление опасных веществ в помещение, рассчитывают время достижения взрывоопасного их содержания в воздухе, избыточное давление взрыва или удельную пожарную нагрузку и определяют категорию пожарной и взрывной опасности. Избыточное давление взрыва рассчитывают:

- для горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей;
- для горючих пылей;
- для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом;
- для взрывоопасных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли.

Удельную пожарную нагрузку  $g$  определяют из соотношения

$$g = \frac{Q}{S}, \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}, \quad (1.2)$$

где  $Q$  – пожарная нагрузка, МДж;  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки,  $\text{м}^2$  (но не менее  $10 \text{ м}^2$ ).

Пожарную нагрузку определяют по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}, \text{ МДж}, \quad (1.3)$$

где  $G_i$  – количество  $i$ -того материала пожарной нагрузки, кг;  $Q_{ni}$  – низшая теплота сгорания  $i$ -того материала пожарной нагрузки,  $\text{МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ ;  $i = 1 \dots n$  – виды материала.

Характеристики пожароопасных веществ, необходимые для определения категории взрывопожарной и пожарной опасности производства по нормам НПБ 5-2000, выбирают из табл. 1.8.

Таблица 1.8

## Характеристики пожароопасных веществ

Вещество	Молекулярная масса	Константы уравнения Антуана			Температура, °С		Нижний предел воспламенения, %
		A	B	C <sub>a</sub>	вспышки	самовоспламенение	
Бензины:							
– А-76	97,9	5,07020	682,876	222,066	–36	255...370	1,08
– А-93	98,2	4,99831	664,976	221,695	–36	255...370	1,06
Растворители:							
– Р-4	81,7	7,17192	1373,667	242,828	7	550	1,60
– Р-5	86,8	7,178501	1378,851	245,039	–1	497	1,57
– Р-12	99,6	7,048040	1403,079	221,483	9	490	1,26
Толуол	92,14	6,95508	1345,087	219,516	4	536	1,25
Ксилол	106,0	7,05479	1478,16	220,535	24	560	1,00
Сероуглерод	76,1	7,00048	1202,471	245,616	–43	90	1,33
Ацетон	58,8	7,25058	1281,721	237,088	–18	547	2,91
Бензол	78,1	6,98426	1252,776	225,178	–11	534	1,43
Дихлорэтан	99,0	7,66135	1640,179	259,715	12	413	4,60
Спирт этиловый	46,1	8,68666	1918,508	252,125	13	404	3,61
Дизельное топливо:							
– летнее	203,6	5,97629	1314,040	192,473	40	310	0,52
– зимнее	172,3	5,95338	1255,730	199,523	35	240	0,61
Керосин технический	191,7				33	250	1,40
Кислота уксусная	111,1	7,79846	1789,752	245,908	38	250	3,33
Уайт-спирит	147,3	8,01130	2218,300	273,150	33	270	0,70
Скипидар	126,0				34	300	0,80
Бутилацетат	116,2	7,00641	1340,743	198,757	29	450	1,43
Спирт бутиловый	74,1	9,59730	2664,684	279,638	38	345	1,81
Лак электроизоляционный пропиточный	215,8				44	483	2,53
Этилендиамин	78,1	9,35390	2468,110	275,163	34	299	2,61
Эпихлоргидрин	92,5				40	420	2,80
Формальдегид	30,0	6,26480	607,399	197,626	54	490	7,00

*Пример.* Определить категорию взрывопожарной и пожарной опасности отделения очистки корпусных деталей, в котором имеется машина для очистки масляных каналов.

Исходные данные: в качестве очистного средства применяется керосин в ванне емкостью 100 л; площадь помещения – 144 м<sup>2</sup>, его высота – 6,2 м; в результате расчетной аварии вся масса легковоспламеняющейся жидкости оказалась на полу помещения.

Избыточное давление взрыва  $\Delta P$  определяют по формуле

$$\Delta P = 33(P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{св} \rho_{zn} c_{cm}}, \text{ кПа}, \quad (1.4)$$

где  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической паровоздушной смеси в замкнутом объеме, 900 кПа;  $P_0$  – начальное давление, 101 кПа;  $m$  – масса паров легко воспламеняющейся жидкости, выделившихся в результате расчетной аварии в помещении, 80 кг;  $Z$  – коэффициент участия горючего материала во взрыве, 0,3;  $V_{св}$  – свободный объем помещения, 890 м<sup>3</sup>;  $\rho_{zn}$  – плотность пара (при расчетной температуре  $t_p = 61$  °С), 7,07 кг/м<sup>3</sup>;  $c_{cm}$  – стехиометрическая концентрация паров легко воспламеняющейся жидкости, 18,5 %.

Подставляя полученные данные, получаем  $\Delta P = 5,44$  кПа. С учетом свойств используемых веществ и рассчитанного избыточного давления взрыва согласно табл. 1.7 производство относим к категории А.

Категорию производства по взрывопожарной и пожарной опасности и средства пожаротушения указывают на планировке участка. Соответствующий знак устанавливают на воротах производственного участка (рис. 1.13). В обозначении приводят также класс взрывопожароопасной зоны по ПУЭ:

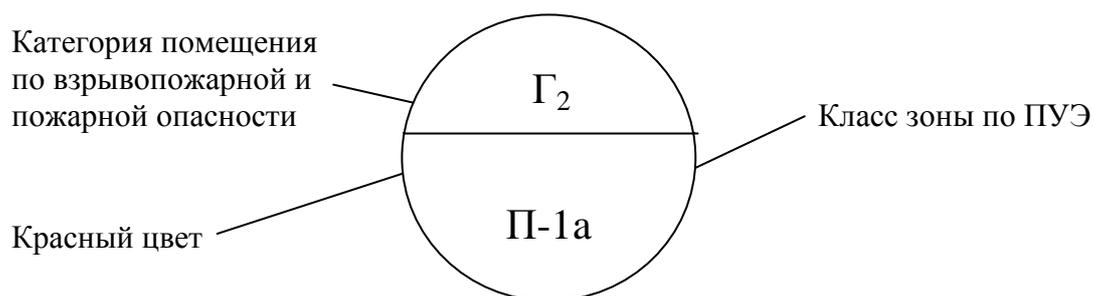


Рис. 1.13. Содержание и форма знака категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности. Диаметр знака – 200, 250 или 300 мм

П-I – зоны помещения с горючими жидкостями, температура вспышки которых превышает 61 °С;

П-II – зоны помещения с горючими пылями или волокнами с нижним концентрационным пределом взрываемости более 65 г/м<sup>3</sup>;

П-IIа – зоны помещения с горючими твердыми веществами;

П-III – зоны вне помещений с горючими жидкостями, температура вспышки которых превышает 61 °С или с горючими твердыми веществами.

Взрывоопасные зоны по ПУЭ обозначают классами:

В-I – взрывобезопасные;

В-Iа – повышенной надежностью против взрыва;

В-Iб – без средств взрывозащиты;

В-II – взрывобезопасные для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом;

В-Па – без средств взрывозащиты.

Классы взрывопожароопасности производственных участков по ПУЭ приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Классы взрывопожароопасной зоны по ПУЭ различных производственных участков

Участки, рабочие места	Классы взрывопожароопасной зоны по ПУЭ
Окрашивания	В-Іа, П-Іа
Приготовления ЛКМ	В-Іа, П-Іа
Склады хранения легковоспламеняющихся жидкостей: лакокрасочных материалов, жидкого топлива, спиртов и др.	В-Іа
Склады для хранения карбида кальция, баллонов с горючими газами	В-Іа
Раскупорки барабанов с карбидом кальция	В-Іа
Газогенераторный	В-Іа
Насосные станции для перекачки ЛВЖ	В-Іа
Ремонта топливной аппаратуры с использованием топлива	В-Іа, П-Іа
Ремонта гидроагрегатов и маслосистем с применением: – масел – топлива	П-І П-І
Ремонта электрооборудования с пропиткой и сушкой обмоток	П-І
Сборки машин	Нормальная
Переработки резины и пластмасс	П-Па
Деревообрабатывающий	П-Па
Очистки машин	Особо сырая
Разборочно-очистной	Влажная
Комплектовочно-сборочный, механический, штамповочный, ОГМ, ИУ, метрологическая лаборатория	Нормальная
Гальванический	Химически активная
Медницкий	Влажная
Сварочно-наплавочный	Пыльная
Обкатки и испытания двигателей, кузнечный, термический	Жаркая
Диагностирования, обкатки и регулировки машин	Нормальная
Склады: – запасных частей и материалов – ремонтного фонда, готовой продукции – склады лесоматериалов и твердого топлива – инструмента – деталей, ожидающих восстановления – газовых баллонов – металла или утиля	П-Па П-Па П-Па Нормальная Нормальная Нормальная Нормальная

Категория взрывопожарной и пожарной опасности производственного участка определяет соответствующие требования, касающиеся:

– возможности подъезда пожарных машин снаружи и изнутри здания к участку;

– материалов и устройств строительных конструкций помещения;

– допустимой площади между противопожарными преградами;

– места размещения участка в здании;

– наличия комплекта средств пожаротушения;

– количества и размеров эвакуационных выходов.

К зданию должен быть обеспечен подъезд пожарных автомобилей: с одной стороны – при его ширине до 18 м, с двух сторон – свыше 18 м до 100 м и со всех сторон – при ширине здания более 100 м. Внутри здания пожарные автомобили перемещаются по его магистральным проездам.

Строительные конструкции здания по критериям огнестойкости (табл. 1.10) должны соответствовать категориям взрывопожарной и пожарной опасности производств.

Таблица 1.10

Требования к этажности зданий и площади между противопожарными преградами (стенами, перекрытиями)

Категория производства	Допустимое число этажей	Требуемая степень огнестойкости	Допустимая площадь между противопожарными преградами, м <sup>2</sup>		
			одноэтажные	двухэтажные	трехэтажные и более
А и Б	б	I и II	Не ограничивается		
В	Не ограничивается	I и II	Не ограничивается		
	3	III	5200	3500	2600
	2	IV	2600	2000	–
	1	V	1200	–	–
Г	Не ограничивается	I и II	Не ограничивается		
	3	III	6500	5200	3500
	2	IV	3500	2600	–
	1	V	1500	–	–
Д	Не ограничивается	I и II	Не ограничивается		
	3	III	7800	6500	3500
	2	IV	3500	2600	–
	1	V	2600	1500	–

*Огнестойкость* строительной конструкции – это ее свойство сопротивляться воздействию пожара при сохранении эксплуатационных функций. Огнестойкость конструкции определяется временем в часах от начала

ее испытания по стандартному температурному режиму до возникновения одного из следующих признаков: образования в конструкции трещин или отверстий, сквозь которые проникают продукты горения или пламя; повышения температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на 140 °С; потери конструкции своей несущей способности; переход горения в смежные конструкции или помещения; разрушения узлов крепления конструкции. Степень огнестойкости конструкций здания нормируется от I до V. Например, огнестойкость конструкций зданий I степени характеризуется такими значениями: несущие стены и колонны имеют предел огнестойкости 2,5 ч, лестничные площадки – 1 ч, а наружные стены из подвесных панелей, перегородки и покрытия – 0,5 ч. Пределы огнестойкости конструкций зданий V степени не нормируются.

Деревянные и тканевые элементы здания пропитывают огнестойкими составами.

Технологические процессы с различной взрывопожарной и пожарной опасностью следует размещать в отдельных помещениях, при этом помещения категорий А, Б и В следует отделять одно от другого, а также от помещений категорий Г и Д и коридоров противопожарными перегородками и перекрытиями. В местах проемов в противопожарных перегородках, отделяющих помещения категорий А и Б от других помещений, применяют тамбур-шлюзы длиной не менее 4 м и установки автоматического пожаротушения с объемным расходом воды 1 л/с на 1 м<sup>2</sup> пола и постоянным подпором воздуха в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-86.

В помещениях категорий А и Б применяют наружные легкобрасываемые конструкции, в качестве которых используют остекление окон и фонарей. Площадь их составляет не менее 0,05 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема помещения категории А и не менее 0,03 м<sup>2</sup> – помещения категории Б. При недостаточной площади остекления в качестве легкобрасываемых конструкций используют покрытия из стальных, алюминиевых и асбестовых листов.

В помещениях и коридорах предусматривают дымоудаление на случай пожара в соответствии со СНиП 2.04.05-86.

В зависимости от пожарной опасности технологических процессов на производственных участках предусматривают:

- первичные средства пожаротушения;
- внутренний пожарный водопровод;
- автоматическую пожарную сигнализацию;
- автоматические средства пожаротушения.

Первичные средства пожаротушения назначают согласно общим правилам пожарной безопасности (табл. 1.11). Бочки с водой необязательны при наличии внутреннего водопровода.

Таблица 1.11

## Нормы обеспечения первичными средствами пожаротушения

Наименование помещений, сооружений, устройств	Категория помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Класс пожара	Наименование первичных средств пожаротушения					
				Огнетушители ручные, вместимость, л			Ящик с песком	Войлок, кошма	Бочка с водой
				Пенные, 10 л	Порошковые, 10 л или 2x5 л	Углекислотные, 5(8) л			
Производственные и складские здания, сооружения	А, Б, В	200	А	2	1	–	1	1	1
	А, Б, В	200	Б	2	1	–	1	1	–
	А, Б, В	200	С	–	1	2	–	–	–
	В	400	А	2	2	1	–	1	1
	Г	800	В	1	1	–	1	1	–
	Г	800	С	–	1	1	1	1	–
	Г, Д	1200	А	2	1	–	1	–	–
Открытые склады	Г, Д	200	А, В, С	2	2	–	1	1	1

Внутренний пожарный водопровод назначается для участков с производствами категорий А, Б, В, Г и Д в соответствии с главой СНиП «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Автоматическая пожарная сигнализация необходима для производств категорий А и Б. Эта сигнализация назначается также для производств категории В:

- на участках площадью 100 м<sup>2</sup> и более сборки машин на резиновом ходу и с деревянными кузовами;
- в химико-технологических лабораториях площадью 100 м<sup>2</sup> и более.

Пожарную сигнализацию и автоматические средства пожаротушения назначают в соответствии с перечнем ВСН-1361-77 зданий и сооружений, подлежащих оборудованию этими средствами. В дополнение к нему такие средства назначаются независимо от площади помещений на участках:

- бескамерного окрашивания изделий на решетках;
- окрашивания изделий методами окунания и струйного облива.

Для снижения пожарной опасности на сборочных участках техники снижают норму их заправки топливом из расчета только возможности выезда машин из корпуса. Дальнейшую дозаправку топливом предусматривают на заправочных пунктах, расположенных на территории предприятия.

При проектировании производственных участков должно быть предусмотрено, как правило, не менее двух эвакуационных выходов для возможности работающими покинуть помещение в экстремальной ситуации. Выходы считаются эвакуационными, если они ведут из помещений:

- первого этажа непосредственно наружу или через коридор, вестибюль, лестничную клетку;
- любого этажа, кроме первого, в коридор или проход, ведущий к лестничной клетке или на лестничную клетку, имеющую выход непосредственно наружу или через вестибюль, отделенный от коридоров перегородками с дверями;
- в соседние помещения на том же этаже, не содержащие производств категорий А и Б, обеспеченные выходами в соответствии с вышеуказанными требованиями.

Непосредственный выход наружу должны иметь производственные участки и складские помещения: сварочный, кузнечный, обкаточный, окрасочный, переработки резины при их площади более 100 м<sup>2</sup>, ремонта аккумуляторных батарей при площади помещения более 25 м<sup>2</sup>, склады масел и обтирочных материалов при площади помещения более 50 м<sup>2</sup>, склад легковоспламеняющихся материалов.

Ширина путей эвакуации должна быть более 1 м, дверей – 0,8 м, высота прохода – 2 м. Ширина маршей и площадок лестниц должна быть более 1,2 м, коридоров и проходов между зданиями – 1,4 м. Ширина наружных дверей лестничных клеток должна быть не менее ширины марша лестницы. Пороги должны иметь высоту не более 100 мм.

При числе работающих в помещении не менее 10 чел разрабатывают план эвакуации из этого помещения. На пути эвакуации устанавливают указательные знаки. На этом пути не допускается установка зеркал.

### **1.5.3. Санитарные нормы и требования**

Организация труда на проектируемом участке должна обеспечить его условия, которые регламентированы санитарными нормами. Эти нормы относятся к охране здоровья как работающих на проектируемом предприятии, так и находящихся вне его.

Санитарные требования относятся к обеспечению метеорологических условий на рабочих местах и выделению тепла, освещенности рабочих мест, содержанию в воздухе вредных и неприятно пахнущих веществ, уровню шума, вибраций, ультразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества и ионизирующих излучений.

В зависимости от вида и опасности производственных вредностей устанавливают пять классов предприятий по СН-245-71 и соответственно ширину санитарно-защитной зоны для этих предприятий: класс I – 1000 м; II – 500 м; III – 300 м; IV – 100 м; V – 50 м. Большинство машиностроительных и ремонтных предприятий по этим показателям относятся к IV и V классам.

В санитарно-защитной зоне сохраняют существующие зеленые насаждения. Со стороны селитебной территории для предприятий I – III классов предусматривают полосу древесно-кустарниковых насаждений шириной не менее 50 м, а для предприятий других классов – не менее 20 м.

Предприятия или их отдельные участки, являющиеся источниками выделения вредных и неприятно пахнущих веществ и шума, располагают с подветренной стороны для ветров преобладающего направления по отношению к жилой застройке.

Не допускается прокладывать транзитные трубопроводы, предназначенные для перемещения вредных жидкостей и газов, в пешеходных тоннелях и помещениях пультов управления.

На одного работающего должно приходиться не менее 15 м<sup>3</sup> объема помещения и 4,5 м<sup>2</sup> производственной площади. Высота помещений должна быть не менее 3,2 м.

Метеорологические условия в рабочей зоне закрытых помещений характеризуются температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также интенсивностью теплового излучения. Рабочей зоной считают пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся рабочие места. Постоянным рабочим местом считается то место, на котором работающий находится более 50 % времени или более 2 ч непрерывно. Допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочих зонах производственных помещений приведены в табл. 1.12, а их оптимальные значения – в табл. 1.13.

Таблица 1.12

Допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на рабочих местах

Период года	Категория тяжести работ	Температура воздуха на рабочих местах, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
		Постоянных	Непостоянных		
Холодный	Легкая, I а	21...25	18...26	75	0,1
	Легкая, I б	20...24	17...25		0,2
	Средней тяжести, II а	17...23	15...24		0,3
	Средней тяжести, II б	15...21	13...23		0,4
	Тяжелая, III	13...19	12...20		0,5
Теплый	Легкая, I а	22...28	20...30	45...55	0,1...0,2
	Легкая, I б	21...28	19...30	60	0,1...0,3
	Средней тяжести, I а	18...27	17...29	65	0,3...0,4
	Средней тяжести, II б	16...27	15...29	70	0,2...0,5
	Тяжелая, III	15...26	13...28	75	0,2...0,6

Работы по тяжести подразделяют на три категории: легкие с затратами энергии человеком до 600 кДж/ч, средние – 600...1000 кДж/ч и тяжелые – более 1000 кДж/ч.

Таблица 1.13

Оптимальные значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на рабочем месте

Период года	Категория тяжести работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая, I а	22...24	40...60	0,1
	Легкая, I б	21...23		0,1
	Средней тяжести, II а	18...20		0,2
	Средней тяжести, II б	17...19		0,2
	Тяжелая, III	16...18		0,3
Теплый	Легкая, I а	23...25		0,1
	Легкая, I б	22...24		0,2
	Средней тяжести, II а	21...23		0,3
	Средней тяжести, II б	20...22		0,3
	Тяжелая, III	18...20		0,4

В кабинетах, на постах управления технологическими процессами температура воздуха должна быть 20...24 °С, его относительная влажность – 40...60 %, а скорость до 0,1 м/с. Нормируемая температура воздуха в помещениях предприятия в холодное время года приведена в табл. 1.14. Разница температур воздуха в отапливаемом переходе и в смежных с ним помещениях должна быть не более 6 °С.

Таблица 1.14

Температура воздуха в помещениях предприятия в холодный период

Помещения	Температура, °С
Вестибюль	16
Гардероб уличной одежды	16
Гардероб для совместного хранения всех видов одежды с неполным переодеванием работающих	18
Гардероб при душевых, а также с полным переодеванием работающих	23
Душевые	25
Туалеты, умывальники при туалетах	16
Курительные	16
Помещения для отдыха, обогрева или охлаждения	22
Помещение для личной гигиены женщин	23
Помещение для ремонта спецодежды	16
Помещение для сушки спецодежды	16...33
Помещение для обеспыливания спецодежды	16
Помещения конструкторских бюро, общественных организаций	18

Приведенные требования обеспечиваются устройствами для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Количество воздуха, необходимого для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне, рассчитывают с учетом содержания в нем вредных веществ, тепла и влаги по данным технологической части проекта.

Подача наружного воздуха в помещение нормируется. Например, в производственных помещениях с объемом на одного работающего менее  $20 \text{ м}^3$  предусматривают подачу наружного воздуха в количестве  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  на каждого работающего, а в помещениях с объемом на одного работающего более  $20 \text{ м}^3$  – не менее  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В окнах предусматривают створки переплетов или другие открывающиеся устройства площадью не менее 20 % общей площади световых проемов для проветривания. Воздушный поток при этом направляют на высоту не более 1,8 м в холодный период года вверх, а в теплый период – вниз.

При проектировании общеобменной приточно-вытяжной вентиляции помещений без естественного проветривания предусматривают не менее двух приточных и двух вытяжных установок производительностью каждой не менее 50 % требуемого воздухообмена. В ряде случаев допускается рециркуляция воздуха в холодный период года.

Воздушные или воздушно-тепловые завесы предусматривают у ворот, которые открываются не менее чем на 40 мин в смену. Их проектируют таким образом, чтобы на время открывания ворот температура воздуха на постоянных рабочих местах была не ниже:

- $14 \text{ }^\circ\text{C}$  при легкой физической работе;
- $12 \text{ }^\circ\text{C}$  при работе средней тяжести;
- $8 \text{ }^\circ\text{C}$  при тяжелой работе.

В ряде случаев по требованиям ведомственных нормативных документов предусматривают аварийную (как правило, вытяжную) вентиляцию. Местные отсосы, удаляющие вредные вещества 1 и 2 классов опасности от технологического оборудования, блокируют с этим оборудованием, чтобы оно не могло работать при бездействии местной вытяжной вентиляции.

*Освещенность* рабочего места должна составлять 200...300 лк, нижний предельно допустимый уровень – 150...200 лк. Для освещения рабочих мест применяют естественное и искусственное освещение.

Нормируемой величиной естественной освещенности на производственных участках является *коэффициент естественной освещенности*. Этот коэффициент представляет собой отношение освещенности в данной точке помещения к освещенности точки, находящейся в это время на горизонтальной поверхности вне помещения и освещаемой рассеянным светом небосвода. Значения коэффициента приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Значения коэффициента естественной освещенности  
на различных производственных участках

Участок	Коэффициент естественной освещенности	Отношение световой поверхности окон к площади пола
Определения технического состояния деталей, ремонта электрооборудования и топливной аппаратуры	1,0	1:5
Комплектовочный, сборочный, механический	0,5	1:6
Остальные	0,25	1:8

Производственные участки в помещениях без естественного освещения или с недостаточным по биологическому действию естественным освещением (коэффициент естественной освещенности менее 0,1) площадью менее 200 м<sup>2</sup> создают при наличии достаточного обоснования. В таких случаях применяют установки искусственного ультрафиолетового излучения с эритемными лампами.

При назначении искусственной освещенности помещений следует учитывать характер выполняемой работы, нормативы освещенности и удельной мощности на 1 м<sup>2</sup> освещаемой площади (табл. 1.16).

Таблица 1.16

Нормативы освещенности и удельные мощности  
на освещение помещений

Участок, помещения	Минимальная освещенность, лк		Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>
	Лампами накаливания	Люминесцентными лампами	
Разборочно-очистной	40	80	12...14
Кузнечный, сварочный, медницкий, испытательный, деревообрабатывающий, инструментальный	50	100	14...16
Комплектовочный, сборочный, механический	75	150	13...20
Ремонта электрооборудования и топливной аппаратуры	100	150	12...14
Определения технического состояния деталей	150	300	13...20
Административные помещения	75	200	15...16
Склады, кладовые	–	–	8...10

Температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений на рабочих местах не должна превышать 45 °С. Интенсивность интегрального потока теплового облучения в диапазоне длины волн 0,76...10 мкм от нагретых поверхностей технологического оборудования и осветительных приборов при суммарном времени воздействия на людей, превышающем

половину продолжительности рабочей смены, не должна превышать  $35 \text{ Вт/м}^2$  – при облучении 50 % поверхности тела и более,  $70 \text{ Вт/м}^2$  – при облучении 25...50 % поверхности тела и  $100 \text{ Вт/м}^2$  – при облучении не более 25 % поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работников от нагретого металла, стекла, открытого пламени и других источников не должна превышать  $140 \text{ Вт/м}^2$  при облучении 25 % поверхности тела. При этом используют средства индивидуальной защиты, в том числе средства защиты лица и глаз. Предусматривают воздушное душирование на постоянных рабочих местах при воздействии на рабочих лучистого тепла интенсивностью до  $1200 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч}$ .

Материал покрытий полов в отапливаемых помещениях на постоянных рабочих местах, связанных с работой стоя, должен обладать коэффициентом теплоусвоения не более  $25 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$ . В другом случае предусматривают использование деревянных напольных решеток.

Помещения и участки с избытками явного тепла (более  $80 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч}$ ), а также со значительным выделением вредных газов, паров и пыли размещают у наружных стен здания. Наибольшая сторона этих помещений должна примыкать к наружной стене здания.

Интенсивность инфракрасного излучения на рабочем месте должна быть не более  $200 \text{ Вт/м}^2$ . Применение лучистого тепла от инфракрасных газовых излучателей подразумевает полное удаление продуктов горения из помещения в атмосферу.

Напряженность электростатического поля  $E$  в рабочей зоне не должна превышать  $60 \text{ В/м}$  при нахождении рабочего в этой зоне до 1 ч. При более длительной работе значение  $E$  определяют по формуле

$$E = \frac{60}{\sqrt{T}}, \text{ В/м}, \quad (1.5)$$

где  $T$  – время пребывания рабочего в электростатическом поле, ч.

Допустимый уровень шума на рабочих местах зависит от видов деятельности и изменяется от 50 до 80 дБ. Звукоизолирующие кабины снижают шум в два раза, кожухи и экраны – на 8...10 дБ, амортизаторы под шумными станками – на 20...30 дБ, озеленение шумных участков – на 8...10 дБ. Вибрация (амплитуда) частей оборудования не может превышать 0,2 мм.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ограничена. Например, содержание некоторых веществ в воздухе не должно превышать ( $\text{мг/м}^3$ ): композиции полимерной ЭППП-1 – 5, аэрозолей щелочи – 0,5, окрасочных аэрозолей – 200, оксида углерода – 20, оксида железа с примесью оксида марганца – 0,3, пыли – 10.

Участки с одинаковыми производственными вредностями группируют в блоки, которые отделяют стенами или перегородками от других участков.

#### 1.5.4. Требования к охране окружающей среды

В результате производственной деятельности предприятия образуются опасные для окружающей среды *отходы*, которые в зависимости от их агрегатного состояния делят на газообразные, жидкие и твердые. Работа предприятия должна исключить или свести к минимуму загрязнение почвы, водного и воздушного бассейнов своими отходами. При выпуске продукции одного вида и объема в ремонтном производстве образуется примерно в 20 раз меньше отходов, чем в машиностроении.

Комитет по охране природы устанавливает лимит отходов, выбрасываемых в окружающую среду. За это количество отходов предприятие платит экологический налог. Лимит отходов каждый год уменьшается.

Водяные стоки предприятия могут быть сброшены в водоемы если ПДК вредных веществ и водородный показатель не превышают значений, приведенных в табл. 1.17.

Таблица 1.17

ПДК вредных факторов в сточных водах предприятия

Вредные факторы	ПДК, мг/л
Эквивалент биологического потребления кислорода БПК <sub>5</sub>	4,5
Взвешенные вещества (приращение к естественному содержанию)	+ 0,75
Нефтепродукты	0,3
Сухой остаток	1000
Хлориды	350
Сульфаты	5000
ПАВ	0,5
pH	6,5...8,5

Высота дымовых труб предприятия нормируется таким образом, чтобы содержание выбросов в воздухе не превышало допустимого значения.

Загрязнение почвы даже на территории предприятия приводит к взысканию штрафа.

При разработке планировки производственного участка выбирают и размещают сооружения и оборудование для обезвреживания отходов.

### 1.6. Технологические и экономические расчеты при проектировании производственного участка

#### 1.6.1. Производственная мощность предприятия и его участков

*Производственная мощность* основного производства предприятия выражается объемом выпуска в течение года товарной продукции нужной номенклатуры и установленного качества при полном использовании технологического оборудования и производственной площади.

Расчеты производственной мощности предприятия необходимы для объективного планирования его загрузки, определения уровня использования производственных площадей и основного оборудования, выявления резервов производства и его «узких мест» с последующей разработкой организационно-технических мероприятий с целью устранения выявленных недостатков.

Производственную мощность предприятия выражают физическим, приведенным, условным или стоимостным показателями. Первый показатель используют при проектировании участков и предприятий, выпускающих однотипную продукцию, а остальные – для оценки производственной мощности участков и предприятий, выпускающих разнообразную продукцию.

*Физический показатель*  $N_{\phi}$  определяется конкретными изделиями (например, двигателями Д-245, станками ЗВ423).

*Приведенный показатель* определяют типовым изделием-представителем, характеризующим предметную специализацию предприятия. Затраты труда на изготовление или ремонт машины-представителя (например, автомобиля ГАЗ-3307 или двигателя ЗМЗ-53) принимают за единицу. Преобразование количества различных физических ремонтов в число приведенных ремонтов  $N_{np}$  машин одного вида выполняют по формуле

$$N_{np} = k_n N_{\phi}, \quad (1.6)$$

где  $k_n$  – коэффициент приведения.

Коэффициент приведения соответствует отношению затрат труда на изготовление или ремонт рассматриваемой машины к одноименному показателю машины-представителя.

За единицу *условного* ремонта принят объем ремонтных работ в 300 чел.-ч для условий мастерской общего назначения с производственной мощностью, равной 300 условных ремонтов в год, или среднегодовым объемом работ, составляющим 90 тыс. чел.-ч.

Пересчет физических ремонтов в условные ремонты  $N_{yp}$  производится умножением количества физических ремонтов на коэффициент приведения  $k_y$

$$N_{yp} = k_y N_{\phi}. \quad (1.7)$$

Коэффициент приведения  $k_y$  определяется путем деления трудоемкости физического ремонта  $T_{\phi}$ , сложившейся на рассматриваемом предприятии, на 300 чел.-ч, т. е.

$$k_y = T_{\phi}/300. \quad (1.8)$$

Производственная мощность производства по восстановлению деталей может определяться *количеством деталей и отпускной ценой*. Пред-

приятия по изготовлению технологического оборудования отчитываются количеством этого оборудования или его отпускной ценой.

Отношение фактического объема выпуска продукции к производственной мощности предприятия является *коэффициентом использования* производственной мощности.

Производственную мощность участков ремонтного предприятия рассчитывают по их производственной площади и производительности основного оборудования. Например, при расчете производственной мощности предприятия по ремонту двигателей учитывают следующее оборудование: моечные машины разборочно-очистного участка; станки круглошлифовальные для обработки шеек коленчатого вала, алмазно-расточные и хонинговальные – для обработки цилиндров, горизонтально-расточные – для обработки коренных опор блока цилиндров и балансировочные – для динамической балансировки коленчатого вала; конвейер для сборки двигателей сборочного участка; обкаточно-тормозные стенды на участке обкатки и испытания; комплект окрасочно-сушильного оборудования на участке окрашивания.

Производственная мощность участка по основному оборудованию – это произведение количества однотипного оборудования на его сменную производительность, число смен и число рабочих дней в году.

Производственную мощность участка по площади определяют как частное от деления его производственной площади на соответствующий показатель удельной площади. В качестве примера в прил. 9 приведены удельные площади участков и отделений предприятия по ремонту двигателей.

Если производственная мощность рабочего места или участка будет численно выше производственной мощности предприятия, то излишек этой мощности не будет востребован, а капитальные и текущие затраты будут больше необходимых. Мероприятия по уравниванию производственной мощности отдельных рабочих мест между собой включают передачу части работ с одного рабочего места на другое, параллельное выполнение работ, перестановку рабочих или дополнительное оснащение рабочих мест оборудованием и оснасткой. Трудоемкость работ, выполняемых на рабочих местах, должна быть пропорциональна численности рабочих на них

$$\frac{60t_1}{m_1} = \frac{60t_2}{m_2} = \dots = \frac{60t_i}{m_i} = \dots = \frac{60t_k}{m_k} = \tau, \text{ мин}, \quad (1.9)$$

где  $t_i$  и  $m_i$  – трудоемкость работ (чел.-ч) и численность рабочих на  $i$ -том рабочем месте;  $i = 1 \dots k$  – рабочие места;  $\tau$  – такт производства, мин.

Обеспечение условия (1.9) приводит к повышению производственной мощности предприятия в целом, улучшению использования производственных фондов и снижению себестоимости продукции.

### 1.6.2. Затраты труда на изготовление или ремонт машины

Для определения численности рабочих и количества оборудования необходимы сведения о затратах труда на единицу продукции. Затраты ручного и машинно-ручного труда измеряют трудоемкостью, а машинного – станкочасами. В ряде случаев рабочие наблюдают и регулируют химические и электрохимические реакции, процессы испарения, полимеризации и поликонденсации и др. В таких случаях затраты их труда оценивают длительностью технологических операций. На затраты труда влияют его условия, технический уровень средств технологического оснащения и качество нормирования.

*Трудоемкость* изготовления или ремонта машины, ее агрегата или сборочной единицы – это фактически необходимые затраты живого труда, которые определяются временем выполнения рабочими технологических операций в данных производственных условиях с учетом действующей организации производства.

Трудоемкость работ  $T_p$  укрупненно определяют по формуле

$$T_p = k_1 k_2 k_3 t_n, \text{ чел.-ч,} \quad (1.10)$$

где  $k_1$  – коэффициент приведения, учитывающий конструктивно-технологические особенности продукции;  $k_2$  – коэффициент приведения, учитывающий объем производства;  $k_3$  – коэффициент прогрессивности;  $t_n$  – нормативная трудоемкость изготовления или ремонта аналогичной машины (агрегата), чел.-ч.

При проектировании предприятия по производству или ремонту машин новых моделей или их составных частей, еще не освоенных производством, значения коэффициента  $k_1$  определяют по формуле

$$k_1 = \mu \sqrt[3]{\frac{M_m^2}{M_a^2}}, \quad (1.11)$$

где  $M_m$ ,  $M_a$  – сухая масса машины или агрегата новых моделей, принятых за аналог, соответственно;  $\mu$  – поправочный коэффициент, который определяется отношением  $M_m/M_a$  (табл. 1.18).

Таблица 1.18

Значения поправочного коэффициента  $\mu$

$M_m/M_a$	более 1,15	1,15...1,06	1,05...0,95	0,94...0,85	менее 0,85
$\mu$	0,95	0,98	1,00	1,02	1,05

Значения коэффициента  $k_2$  для различных годовых объемов ремонта приведены в табл. 1.19.

Коэффициенты приведения трудоемкости ремонта  
для различных его годовых объемов

Годовые объемы ремонта	Значения коэффициента $k_2$	Годовые объемы ремонта	Значения коэффициента $k_2$
1000	1,140	20000	0,714
2000	1,000	30000	0,684
4000	0,880	40000	0,660
6000	0,825	50000	0,640
8000	0,800	60000	0,625
10000	0,770	80000	0,604
12000	0,755	100000	0,600

В ходе расчетов при несовпадении значений расчетных объемов выпуска с табличными данными применяют линейную интерполяцию.

Значение коэффициента  $k_3$  равно отношению наименьшей трудоемкости, достигнутой в одном из кварталов текущего года, к средней трудоемкости, рассчитанной по всем кварталам года.

Общую трудоемкость изготовления или ремонта агрегата распределяют по производственным участкам в соответствии со сложившимися пропорциями. Примерное распределение трудоемкости работ по производственным участкам агрегаторемонтного завода приведено в прил. 10.

Точное значение трудоемкости работ получают аналитически-исследовательским методом, с помощью которого устанавливают нормы времени по переходам непосредственными наблюдениями за операцией на рабочем месте или в технологической лаборатории путем фотографии рабочего времени и хронометража. При этом анализируют организацию труда на рабочем месте и уточняют технологические режимы.

Детальные расчеты *станкостроемкости* изделия основаны на использовании аналитически-расчетного метода, который состоит в том, что нормы времени рассчитывают на основе заранее разработанных и технически обоснованных нормативов по режимам обработки в лабораториях и хронометражным исследованиям типового подготовительно-заключительного и вспомогательного времени.

*Длительность* технологических операций (нанесения электрохимических покрытий, нагрева и охлаждения изделий, сушки лакокрасочных покрытий и др.) определяют по существующим зависимостям и нормативам.

### 1.6.3. Годовой объем работ

Под *годовым объемом работ* предприятия, цеха или участка понимают величину затрат труда производственных рабочих, необходимого для выполнения годового производственного задания.

Годовой объем работ  $T_z$  специализированного предприятия по ремонту машин и агрегатов определяют по формуле

$$T_z = T_p N_\phi, \text{ чел.-ч/год.} \quad (1.12)$$

Годовую потребность в капитальном ремонте машин или их агрегатов, выраженную физическими показателями, определяют по формуле

$$N_\phi = N_m k_p, \text{ ремонты/год,} \quad (1.13)$$

где  $N_m$  – списочное количество обслуживаемых машин или их агрегатов;  $k_p$  – годовой коэффициент охвата парка машин капитальными ремонтами.

Коэффициент охвата капитальными ремонтами машин или их агрегатов показывает долю изделий, которые проходят эти ремонты в течение года. Значение коэффициента определяют по формуле

$$k_p = \frac{l_{ам} - 1}{T_c}, \quad (1.14)$$

где  $l_{ам}$  – нормативная наработка за амортизационный срок службы;  $l_c$  – средняя межремонтная наработка;  $T_c$  – амортизационный срок службы машины (агрегата), лет.

*Пример.* Определить потребность в капитальных ремонтах двигателей ЗМЗ-24 в экономическом регионе, если количество автомобилей с такими двигателями в этом регионе составляет  $N_m = 4500$ , средний межремонтный пробег агрегатов  $l_c = 108000$  км, их нормативная наработка  $l_{ам} = 224000$  км, а амортизационный срок службы  $T_c = 5$  лет.

*Решение*

Коэффициент охвата парка агрегатов капитальными ремонтами

$$k_p = (l_{ам}/l_c - 1) : T_c = (224000/108000 - 1) : 5 = 0,215.$$

Годовое количество капитальных ремонтов

$$N_{кр} = N_m k_p = 4500 \cdot 0,215 = 967 \text{ год}^{-1}.$$

Для специализированных ремонтных предприятий по восстановлению деталей годовой объем работ рассчитывают по следующей формуле

$$T_z = \sum_{i=1}^{i=p} \sum_{j=1}^{j=r} \sum_{k=1}^{k=s} t_{ijk} n_{ijk}, \text{ чел.-ч,} \quad (1.15)$$

$n_{ijk}$  – количество  $i$ -тых технологических операций при устранении  $j$ -того повреждения для деталей  $k$ -того наименования (принимается по операционным картам технологического процесса восстановления детали);  $t_{ijk}$  – норма времени на выполнение  $i$ -той операции по устранению  $j$ -того повреждения при восстановлении детали  $k$ -того наименования.

Для предприятий с приведенной производственной программой годовой объем работ равен

$$T_z = T_p N_{np}, \text{ чел.-ч.} \quad (1.16)$$

Для предприятий с условной производственной программой годовой объем работ определяют по формуле

$$T_z = 300 N_{yp}, \text{ чел.-ч.} \quad (1.17)$$

#### 1.6.4. Режим работы предприятия и годовые фонды времени

*Режим работы* предприятия определяется количеством рабочих дней в году, продолжительностью рабочей недели и смены, количеством смен. Все составляющие режима работы, кроме количества смен, регламентирует Трудовой кодекс. При проектировании производственного участка, как правило, принимают двухсменную работу.

Годовые фонды времени устанавливают для рабочего, рабочего места и технологического оборудования. Эти фонды подразделяют на номинальные и действительные.

*Номинальный годовой фонд времени рабочего*  $\Phi_{np}$  определяется количеством рабочих дней в году, их продолжительностью (табл. 1.20) и временем сокращения рабочих смен

$$\Phi_{np} = (365 - N_e - N_n) t_{cm} - t_{ck} N_{ck}, \text{ ч/год,} \quad (1.18)$$

где  $N_e$  и  $N_n$  – соответственно, количество выходных и праздничных дней в году;  $t_{cm}$  – длительность рабочей смены, ч;  $t_{ck}$  – время, на которое сокращается рабочая смена в предпраздничные дни, ч;  $N_{ck}$  – число дней с сокращенной рабочей сменой.

Таблица 1.20

Номинальный годовой фонд времени рабочего

Показатели	Производство с условиями труда	
	нормальными	вредными
Продолжительность рабочей недели, ч	40	36
Продолжительность смены, ч	8	7,2
Количество календарных дней в году	365	365
Количество рабочих дней в году	252	252
Количество праздничных дней в году	15	15
Количество дней отдыха	113	113
Количество сокращенных дней в году	8	8
Номинальный годовой фонд времени, ч	2008	1814,4

*Действительный годовой фонд времени рабочего*  $\Phi_{dp}$  определяется разностью номинального годового фонда времени рабочего и неизбежных потерь рабочего времени, т. е.

$$\Phi_{dp} = [(365 - N_e - N_n - N_o) t_{cm} - t_{ck} N_{ck}] \gamma_1, \text{ ч/год,} \quad (1.19)$$

где  $N_o$  – число дней в трудовом отпуске;  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени по уважительным причинам,  $\gamma_1 \sim 0,96$ .

Уважительные причины – это пребывание работника в учебных отпусках, болезнь, выполнение им государственных обязанностей и др.

Действительные годовые фонды времени рабочего с учетом пребывания его только в трудовых отпусках составляют:

– при продолжительности рабочей недели 36 ч, трудового отпуска 24 или 27 дней  $\Phi_{др}$  соответственно составляют 1641,6 или 1620 ч;

– при продолжительности рабочей недели 40 ч, трудового отпуска 24 или 27 дней значения  $\Phi_{др}$  соответственно равны 1816 или 1792 ч.

*Номинальный годовой фонд времени рабочего места  $\Phi_{нрм}$  определяют по формуле*

$$\Phi_{нрм} = \Phi_{нр} n_p \eta_{3с} n_c, \text{ ч/ГОД}, \quad (1.20)$$

где  $n_p$  – количество рабочих, одновременно работающих на рабочем месте, чел;  $\eta_{3с}$  – коэффициент потерь времени в третью смену;  $n_c$  – число смен работы в сутки.

Коэффициент  $\eta_{3с}$  учитывает тот факт, что третья смена протекает ночью в оставшееся время суток между второй и первой сменами без обеденного перерыва и без сокращений смены в предвыходные и предпраздничные дни.

*Действительный годовой фонд времени рабочего места  $\Phi_{дрм}$  рассчитывают по формуле*

$$\Phi_{дрм} = \Phi_{нрм} \gamma_2, \text{ ч/ГОД}, \quad (1.21)$$

где  $\gamma_2$  – коэффициент, учитывающий уменьшения фонда времени по организационным причинам.

*Номинальный годовой фонд времени оборудования  $\Phi_{но}$  находится аналогично номинальному годовому фонду рабочего, но с учетом сменности работы*

$$\Phi_{но} = \Phi_{нр} \eta_{3с} n_c, \text{ ч/ГОД}. \quad (1.22)$$

При односменной работе  $\Phi_{но} = \Phi_{нр}$ .

*Действительный годовой фонд времени оборудования  $\Phi_{до}$  определяют с учетом его пребывания в планово-предупредительном ремонте в рабочее время.*

$$\Phi_{до} = \Phi_{но} (1 - k_{ро}), \text{ ч/ГОД}, \quad (1.23)$$

где  $k_{ро}$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на ремонт оборудования (табл. 1.21).

Значения коэффициента  $k_{po}$ , учитывающего затраты времени на ремонт оборудования

Тип оборудования	Значения $k_{po}$ при работе	
	в одну смену	в две смены
Металлорежущие и деревообрабатывающие станки	0,02	0,03
Кузнечно прессовое оборудование для участков единичного, мелкосерийного и серийного производства	0,02	0,04
То же для крупносерийного производства	–	0,06
Печи термические электрические с тактом работы до 1 ч:		
– механизированные	–	0,06
– немеханизированные	0,02	0,04
Печи термические электрические с тактом работы свыше 1 ч	0,03	0,05
Высокочастотные установки	–	0,10
Оборудование для нанесения металлических и лакокрасочных покрытий:		
– автоматическое	–	0,03
– неавтоматическое	0,02	0,04
Печи сушильные камерные	0,03	0,04
Сварочное оборудование	0,03	0,04
Разборочное, сборочное, контрольно-испытательное оборудование	0,02	0,03
Очистное оборудование	0,03	0,04
Установки для консервации изделий	0,02	0,03

### 1.6.5. Количество технологического оборудования и рабочих мест

Технологическое оборудование выбирают с учетом технологической функции, размеров обрабатываемых, собираемых, окрашиваемых и испытываемых изделий, точности и производительности обработки. Сведения о технологических функциях выбирают из технологических карт, о характеристике ремонтируемых или изготавливаемых объектов – из их чертежей, а об оборудовании – из справочников, каталогов или паспортов.

Например, металлорежущий станок выбирают в зависимости от вида и шероховатости обрабатываемых поверхностей, размеров вращающихся заготовок (диаметра и длины), размеров неподвижных заготовок, устанавливаемых на столе станка, или размеров приспособлений с заготовками, точности и производительности обработки. Допуски линейных размеров обрабатываемых элементов заготовки согласуют с ценой деления лимба станка. Разряд последней значащей цифры допуска на размер должен быть не меньше цены деления лимба.

Количество оборудования определяют по одному из показателей:

- трудоемкости работ;
- станкоемкости изготавливаемых или ремонтируемых объектов;
- продолжительности технологических операций;
- физическим параметрам предметов труда.

По *трудоемкости* работ определяют количество оборудования  $n_o$ , связанного с ручным или машинно-ручным трудом (например, разборочного, сборочного, паяльного), по формуле

$$n_o = \frac{T_{zo}}{\Phi_{до} \eta_u}, \quad (1.24)$$

где  $T_{zo}$  – годовая трудоемкость работ, выполняемых на оборудовании данного вида, чел.-ч;  $\eta_u$  – коэффициент использования оборудования во времени.

По *станкоемкости* изготавливаемых или ремонтируемых объектов рассчитывают оборудование с машинными способами обработки (например, металлорежущие станки, прессы) с той разницей, что величину годового объема работ выражают в станко-часах. Часто небольшие партии обрабатываемых заготовок различных видов обуславливают многочисленные наладки. Поэтому при расчетах потребности в оборудовании учитывают затраты времени на наладочные работы

$$n_o = \frac{C_{zp} + C_{zn}}{\Phi_{до} \eta_u}, \quad (1.25)$$

где  $C_{zp}$  – годовая станкоемкость работ, выполняемых на оборудовании данного вида, станко-ч;  $C_{zn}$  – годовой объем наладок оборудования, станко-ч.

*Пример.* Определить количество расточных станков 2Н78ПН для чернового растачивания гильз цилиндров двигателя ЗМЗ-53 при их восстановлении.

Исходные данные: объем ремонта – 16000 двигателей (128000 гильз) в год; материал ремонтной заготовки – СЧ18; диаметр  $d$ , длина  $l$  и глубина  $t$  растачивания – 92,5, 155 и 0,15 мм; подача – 0,10 мм/об; материал режущей части инструмента – ВК6. Режим работы участка – двухсменный.

*Решение*

Скорость резания  $v$  при растачивании

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \text{ м/мин,}$$

где  $C_v$  – коэффициент, зависящий от условий обработки, твердости и прочности материала, 243 [11, с. 270];  $T$  – стойкость резца, 60 мин;  $m$ ,  $x$  и  $y$  – показатели степени, 0,20, 0,15 и 0,40 [11, с. 270];  $K_v$  – поправочный коэффициент, при растачивании равен 0,9.

$$v = \frac{243}{60^{0,20} 0,15^{0,15} 0,10^{0,40}} 0,9 = 204,8 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя  $n$  равна

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 204,8}{3,14 \cdot 92,5} = 705,1 \text{ об/мин,}$$

из двух ближайших значений частоты вращения шпинделя 600 и 850 об/мин выбираем меньшее – 600 об/мин.

Машинное время  $t_o$  обработки

$$t_o = \frac{l + y_1 + y_2 + y_3}{nS},$$

где  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$  – врезание резца, перебеги резца и длина взятия пробной стружки, 0,1, 2,0 и 3,0 мм.

$$t_o = \frac{155,0 + 0,1 + 2,0 + 3,0}{600 \cdot 0,10} = 2,67 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени  $t_{шк}$  с учетом вспомогательного и дополнительного времени равна 2,90 мин.

Необходимое количество станков без учета их наладки, поскольку на них выполняют только одну технологическую операцию, равно

$$n_o = \frac{t_{шк} N}{60 \Phi_{до} \eta_u} = \frac{2,90 \cdot 128000}{60 \cdot 3805 \cdot 0,80} = 2,03.$$

По *продолжительности* технологических операций определяют количество оборудования, работа на котором связана с загрузкой (установкой) изготавливаемых или ремонтируемых изделий, основными технологическими воздействиями и периодическим наблюдением за ними и их снятием. К такому оборудованию относят очистные погружные машины, сушильные камеры, обкаточно-тормозные стенды, гальванические ванны и др. Их количество определяют по одной из формул:

$$n_o = \frac{n_3 t_{mo}}{\Phi_{до} \eta_u}, \quad (1.26)$$

$$n_o = k_n k_n \frac{t_{mo} N}{a \Phi_{до}}, \quad (1.27)$$

где  $n_3$  – количество загрузок оборудования в течение года;  $t_{mo}$  – продолжительность технологической операции с учетом времени на загрузку и выгрузку объектов, ч;  $k_n$  – коэффициент неравномерности подачи объектов, равен 1,1...1,2;  $k_n$  – коэффициент, учитывающий повторность обкатки или испытания агрегатов (машин), у которых обнаружены и устранены дефекты, равен 1,10...1,15;  $N$  – количество изделий в годовом объеме выпуска, ед./год;  $a$  – количество одновременно устанавливаемых изделий, ед.

Коэффициент  $k_n$  учитывает возможные отклонения хода работ от расчетного такта производства, возникающие по организационным причинам. Его значение больше единицы и равно отношению действительного такта производства к расчетному.

*Пример.* Определить необходимое количество обкаточно-тормозных стендов КИ-2139 для обкатки двигателей ЗМЗ-53.

Исходные данные: основное время обкатки – 115 мин; время на установку и снятие двигателя и комплектующих частей, подключение и отключение проводов и шлангов, установку режимов обкатки – 40 мин; дополнительное время – 3 мин; объем ремонта – 16000 двигателей в год.

*Решение*

Необходимое число станков

$$n_o = k_n k_H \frac{t_{mo} N}{a \Phi_{до} \eta_u} = 1,15 \cdot 1,10 \frac{(115 + 40 + 3) \cdot 16000}{1 \cdot 60 \cdot 3805 \cdot 0,85} = 16,48.$$

По *физическим* параметрам обрабатываемых изделий рассчитывают оборудование, производительность которого определяется массой обрабатываемых заготовок в единицу времени (термические и нагревательные печи, кузнечные молоты, отдельные типы очистных машин и др.), а также оборудование участков нанесения покрытий, производительность которого выражается площадью поверхности обрабатываемых изделий в единицу времени (гальванические ванны, окрасочные камеры и др.). Количество такого оборудования определяют по одной из формул:

$$n_o = \frac{M_2}{m_ч \Phi_{до} \eta_3 \eta_u}, \quad (1.28)$$

$$n_o = \frac{S_2}{s_ч \Phi_{до} \eta_u}, \quad (1.29)$$

где  $M_2$  и  $S_2$  – годовые объемы работ, выраженные соответственно массой (кг/год) и площадью поверхностей ( $m^2$ /год) обрабатываемых изделий;  $m_ч$  и  $s_ч$  – часовая производительность оборудования, соответственно, кг/ч и  $m^2$ /ч;  $\eta_3$  – коэффициент, учитывающий полноту загрузки оборудования по массе, ( $\eta_3 = 0,7 \dots 0,8$ ).

*Рабочее место* – это часть производственной площади с технологическим оборудованием (частями конвейера) и обрабатываемыми изделиями.

В зависимости от разнообразия выполняемых работ на рабочих местах они бывают *универсальными* или *специальными*, а от возможности их перемещения по территории предприятия или вне него – *стационарными* или *передвижными*.

Рабочее место – это первичная структурная составляющая производственного участка. На нем выполняется одна операция технологического процесса, работают один или несколько рабочих. Основная доля работ по организации производства приходится на рабочие места. Нормы расхода энергии, материалов, запасных частей, инструмента и рабочего времени приводят для отдельных рабочих мест. Рабочие места подлежат учету, аттестации и непрерывному совершенствованию в направлениях обеспече-

ния комфортных условий труда, улучшения его организации, повышения производительности труда и качества продукции.

Количество рабочих мест  $n_{pm}$  определяют по годовому объему работ или явочной численности рабочих

$$n_{pm} = \frac{T_z^{pm}}{\Phi_{op} n_p n_{cm}}, \quad (1.30)$$

$$n_{pm} = \frac{n_{яв}}{n_p n_{cm}}, \quad (1.31)$$

где  $T_z^{pm}$  – трудоемкость работ, выполняемых на рабочих местах, чел.-ч;  $n_p$  – численность рабочих на рабочем месте;  $n_{cm}$  – число смен;  $n_{яв}$  – явочная численность рабочих.

### 1.6.6. Количество грузоподъемного транспорта

Производительность безрельсовых подъемно-транспортных средств  $q$  определяют по формуле

$$q = \frac{60Pk_z k_g}{t_{on}}, \text{ т/ч}, \quad (1.32)$$

где  $P$  – номинальная грузоподъемность, т;  $k_z$  – коэффициент использования грузоподъемности, 0,8...0,9;  $k_g$  – коэффициент использования машины по времени, 0,75...0,90;  $t_{on}$  – время транспортной операции, мин.

Для погрузчиков время транспортной операции определяют по формуле

$$t_{on} = \frac{2,1h}{v_{zp}} + \frac{2l}{v_{cp}} + 4t_1 + t_2, \text{ мин}, \quad (1.33)$$

где  $h$  – средняя высота подъема груза, м;  $v_{zp}$  – скорость подъема груза, м/мин;  $l$  – длина горизонтального перемещения погрузчика, м;  $v_{cp}$  – средняя скорость движения погрузчика, м/мин;  $t_1$  – время наклона рамы в транспортное или загрузочно-разгрузочное положение, 0,25 мин;  $t_2$  – время на установку и снятие груза, 0,8...1,2 мин для погрузчиков, оборудованных вилами.

Средняя продолжительность одной операции для мостового крана (кран-балки) равна

$$t_{kp} = 2 \left[ \frac{l_n}{v_n} + k_c \left( \frac{l_m}{v_m} + \frac{h}{v_g} \right) \right] + t_{cmp}, \text{ мин}, \quad (1.34)$$

где  $l_n$  – средняя длина перемещения груза вдоль пролета, м;  $v_n$  – скорость перемещения крана, м/мин;  $k_c$  – коэффициент совмещения перемещений, 0,7;  $l_m$  – средняя длина пути перемещения тележки мостового и однобалоч-

ного крана, равная половине длины крана, м;  $v_m$  – скорость передвижения тележки мостового крана, м/мин;  $h$  – средняя высота подъема груза, м;  $v_g$  – скорость вертикального перемещения груза, м/мин;  $t_{cmp}$  – среднее время строповки груза, мин.

Необходимое число погрузчиков  $n$  определяют отдельно по каждому грузопотоку по формуле

$$n = \frac{Gk_n}{\Phi_{дог}}, \quad (1.35)$$

где  $G$  – масса перемещаемых грузов за год, т;  $k_n$  – коэффициент неравномерности: 1,1...1,2 – для массовых однородных грузов, 1,4...1,5 – для прочих грузов.

Необходимое количество мостовых кранов (кран-балок)  $n_{кр}$  в пролете здания рассчитывают по формуле

$$n_{кр} = \frac{n_{он}t_{кр}}{60k_p}, \quad (1.36)$$

где  $n_{он}$  – число крановых операций в час;  $k_p$  – коэффициент, учитывающий простои в ремонте, 0,95...0,97.

Один мостовой кран может обслужить:

- участки разборочно-очистной, сборки машин, отделения ремонта кабин и кузовов;
- участок ремонта и сборки агрегатов, имеющий длину 25...30 м;
- отделение регулировки машин и устранения дефектов, имеющее длину 40...50 м;
- слесарно-механический участок длиной 45...55 м;
- сварочный, кузнечно-рессорный и термический участки длиной по 20...30 м;
- склады ремонтного фонда и готовой продукции (агрегатов) длиной 50...60 м.

При выборе конвейера в составе поточного производства определяют количество и массу изделий на нем, по усилию в тяговом органе выбирают его размеры, по производительности участка рассчитывают скорость перемещения тягового органа, а затем мощность привода.

### **1.6.7. Расчет поточных линий**

*Поточная* линия – это система технологического и транспортного оборудования, обеспечивающая выполнение операций технологического процесса в заданной последовательности с перемещением предмета труда между позициями.

Изделия передают с позиции на позицию конвейером, транспортером или вручную с остановками или без них. Например, на окрасочных

участках это перемещение, как правило, непрерывное, а в остальных случаях – прерывное.

При организации поточной линии определяют трудоемкость работ на рабочих местах и распределяют по ним рабочих.

Отрезок времени, спустя которого выходит продукция с поточного производства, называют *тактом*. Такт поточного производства  $\tau$ , исходя из необходимой производительности предприятия, равен

$$\tau = \frac{60\Phi_{до}}{N}, \text{ мин,} \quad (1.37)$$

где  $\Phi_{до}$  – действительный годовой фонд времени поточной линии, ч/год.

Число позиций (рабочих мест)  $n_n$  поточного производства равно

$$n_n = k_p \frac{60T_u}{n_{cp}(\tau - t_n)}, \quad (1.38)$$

где  $k_p$  – коэффициент, учитывающий количество резервных позиций ( $k_p = 1,05 \dots 1,15$ );  $T_u$  – штучное время, отнесенное к одному изделию, чел.-ч;  $n_{cp}$  – средняя численность рабочих на позиции;  $t_n$  – время транспортного перемещения изделия между позициями, мин.

Время  $t_n$  определяют по формуле

$$t_n = \frac{l_u + a}{v_{mp}}, \text{ мин,} \quad (1.39)$$

где  $l_u$  – длина изделия в направлении транспортного перемещения, м;  $a$  – расстояние между изделиями на конвейере, м;  $v_{mp}$  – скорость транспортного перемещения конвейера, м/мин.

Скорость транспортного перемещения агрегатов принимают 15...20 м/мин, а машин – 7...10 м/мин.

Скорость технологического перемещения конвейера  $v_{mx}$  в производстве с непрерывным перемещением объектов равна

$$v_{mx} = \frac{l_u + a}{\tau}, \text{ м/мин.} \quad (1.40)$$

При расчете числа позиций в поточном производстве с непрерывным перемещением изделий из формулы (1.38) исключают время  $t_n$ .

Длина поточной линии  $L_n$  равна (рис. 1.14)

$$L_n = n_n(l_u + a) + l_1 + l_2, \quad (1.41)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния от границ крайних рабочих мест до начала и конца конвейера.

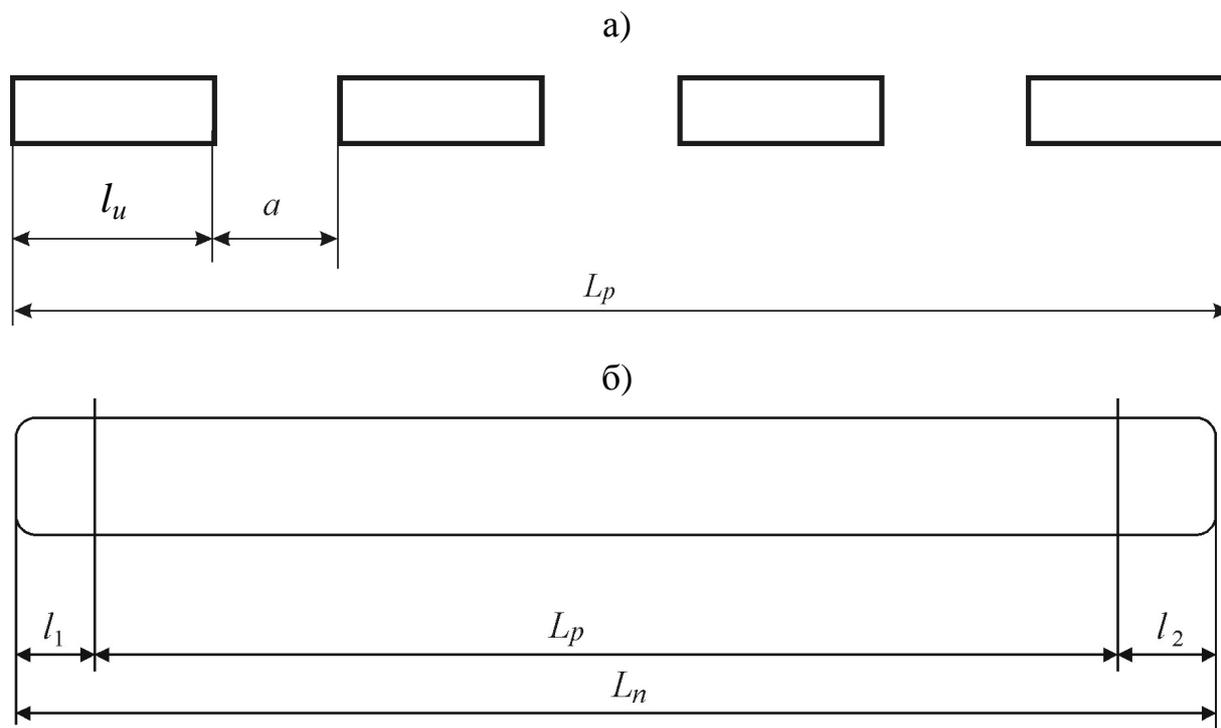


Рис. 1.14. Схема определения общей длины поточной линии: а) – расположение позиций в линии; б) – участки линии, определяющие ее длину

*Область эффективного применения* разборочных и сборочных поточных линий в производстве с прерывным перемещением объектов обусловлена тактом производства менее 10 мин.

Эффективность поточной линии обусловлена следующими факторами. Рабочие специализируются на выполнении отдельных операций, при этом лучше используется их квалификация, уменьшается время выполнения каждой операции, процесс при этом становится дешевле, а качество продукции повышается. Оснащение участка увеличивает его производительность и качество изделий, а выпуск продукции становится более ритмичным. На участках крупносерийного и массового производства с поточной организацией труда отпадает необходимость в промежуточных складах, сокращается длительность производственного цикла, исключаются затраты на перегрузочные работы. Следует отметить, что задержка выполнения работ даже на одной технологической позиции из-за плохого обеспечения производственными ресурсами, неисправности оборудования или недостаточной сноровки исполнителя приводит к остановке всей поточной линии. Однако для исключения влияния неудовлетворительной организации производства на само производство между некоторыми позициями создают промежуточные накопители изделий.

Работы закрепляют за технологическими позициями и определяют их такты

$$\tau_n = \frac{t_{шк}}{n_{pn}}, \text{ мин,} \quad (1.42)$$

где  $n_{pn}$  – численность рабочих на технологической позиции.

Поточная линия идеально организована в том случае, если фактический такт  $\tau_n$  каждой позиции равен такту  $\tau_n$  линии. Допускается отклонение их друг от друга не более чем на 5 %. Равенство тактов или приближение к нему при синхронизации поточной линии достигается перераспределением работ между смежными позициями, изменением числа позиций или изменением численности рабочих на позициях.

Эффективность синхронизации оценивается коэффициентом использования рабочего времени на поточной линии

$$\eta = \frac{60T_u}{n_{сб}\tau}, \quad (1.43)$$

где  $n_{сб}$  – численность сборщиков.

Чем ближе значение  $\eta$  к единице, тем лучше организован процесс.

Выше приведены однономенклатурные поточные линии для обработки одной детали или сборки изделий одного типоразмера. Стремление к использованию преимуществ поточной организации труда в серийном производстве привело к созданию переналаживаемых многономенклатурных поточных линий. В основе их создания лежат конструктивная унификация и технологическая общность деталей, допускающие разработку для них типовых технологических процессов механической обработки.

Различают две формы организации многономенклатурных линий – переналаживаемые переменнo-поточные линии и непеналаживаемые групповые поточные линии.

Поточная организация производства обеспечивает наивысшую производительность труда, не требует высококвалифицированных рабочих и, следовательно, снижает себестоимость изготовления или ремонта машин.

### 1.6.8. Численность работающих

Численность работающих подразделяют на явочную и списочную. *Явочный* состав работающих фактически находится на работе, а *списочный* – это полный состав, включающий явочную численность работающих, а также работников, находящихся в отпусках и отсутствующих по прочим уважительным причинам. Явочная и списочная численности работающих связаны зависимостью

$$n_{яв} = \eta_{ш} n_{сн}, \quad (1.44)$$

где  $\eta_{ш}$  – коэффициент штатности, равный отношению  $\Phi_{др} / \Phi_{нр}$ .

Работники производственного участка – это производственные основные и вспомогательные рабочие, инженерно-технические работники и руководители.

*Производственные основные рабочие* заняты выпуском товарной продукции для продажи или обмена. Их численность определяют различными методами в зависимости от того, какая принята организация труда и в каких единицах выражены его затраты. Организация труда может быть непоточной или поточной, а его затраты выражают трудоемкостью, станкоемкостью или длительностью технологических операций.

Численность рабочих, занятых в поточном производстве, определяют по формуле

$$n_{яв} = \frac{60T_u}{\tau - t_n}. \quad (1.45)$$

Приведенные далее методы расчета численности рабочих используют в непоточном производстве.

Списочную  $n_{сн}$  и явочную  $n_{яв}$  численность производственных основных рабочих при наличии данных о трудоемкости работ определяют по формулам

$$n_{сн} = \frac{T_z}{\Phi_{ор}}, \quad (1.46)$$

$$n_{яв} = \frac{T_z}{\Phi_{нр}}, \quad (1.47)$$

где  $T_z$  – годовая нормативная трудоемкость работ, чел.-ч/год.

Если годовой объем работ выражен в станко-ч, то явочную численность рабочих-станочников определяют с учетом нормы обслуживания оборудования

$$n_{яв} = \frac{n_o \Phi_{об} \eta_u}{k_{об} \Phi_{ор}}, \quad (1.48)$$

где  $n_o$  – количество единиц обслуживаемого оборудования;  $k_{об}$  – норма обслуживания, равная количеству единиц оборудования, закрепленного за рабочим (табл. 1.22).

Численность рабочих на участках, годовой объем работ которых определяется длительностью технологических операций (например, термических), равна

$$n_{яв} = k_o \frac{n_z t_{нр}}{\Phi_{нр}}, \quad (1.49)$$

$$n_{cn} = k_o \frac{n_3 t_{np}}{\Phi_{op}}, \quad (1.50)$$

где  $n_3$  – количество запусков оборудования на протяжении года;  $t_{np}$  – продолжительность технологического процесса, ч;  $k_o$  – коэффициент участия рабочего в технологическом процессе, 0,1...1,0.

Таблица 1.22

Значения нормы обслуживания  $k_{об}$

Оборудование	Значения $k_{об}$
Универсальные токарные, токарно-револьверные и расточные станки	1
Специализированные расточные станки	2...4
Фрезерные, строгальные и шлифовальные станки	1,0...1,2
Токарные и токарно-револьверные автоматы и полуавтоматы	2...3
Зубообрабатывающие станки	3...4
Станки общего назначения с программным управлением	2...3
Фрезерно-отрезные и отрезные ножовочные станки	2
Пневматические молоты с массой падающих частей до 0,4 т	2...3
Камерные и шахтные термические печи	2...3
Прессы	0,5...1,0

При нормировании гальванических работ, например, учитывают, что нанесение покрытий характеризуется длительным основным временем, большим объемом вспомогательных работ и возможностью совмещения их во времени с основными работами. Так, во время осаждения покрытия участие рабочего заключается в эпизодическом наблюдении процесса, а рабочий в это время может очищать заготовки, изолировать их поверхности, устанавливая заготовки на подвески, обезжиривать и промывать.

Время вспомогательное и дополнительное (организационное и технического обслуживания), протекающее вместе с основным временем нанесения покрытия, называют *перекрываемым*. Время, в течение которого рабочий занят только выполнением основной операции нанесения покрытия, является *неперекрываемым*.

Как правило, все технологические операции на гальваническом участке выполняют один или несколько рабочих, поэтому норму времени устанавливают на весь технологический процесс, а не на каждую операцию. Подготовительные и заключительные операции условно считают вспомогательными, а затрачиваемое на них время – вспомогательным (перекрываемым и неперекрываемым).

Численность явочных производственных рабочих  $n_{яв}$  гальванического участка находят по формуле

$$n_{яв} = n_8 \frac{(t_{en} + t_{en})}{(t_{en} + t_o)}, \quad (1.51)$$

где  $n_e$  – число гальванических ванн;  $t_{en}$  и  $t_{\text{ен}}$  – вспомогательное, соответственно, перекрываемое и неперекрываемое время, мин;  $t_o$  – основное время нанесения покрытия, мин.

Если оборудование (крупные кузнечные молоты, очистные установки и др.) обслуживают бригады, то их число  $n_b$  определяют по формуле

$$n_b = \frac{T_z}{\Phi_{\text{др}} n_{pб}}, \quad (1.52)$$

где  $n_{pб}$  – численность рабочих в бригаде.

*Производственные вспомогательные рабочие* обслуживают основных рабочих. Это электрики, машинисты котельной, сантехники, кладовщики, грузчики, уборщики, водители и др. Их численность укрупненно принимают в процентном отношении от общей численности производственных основных рабочих. На предприятиях по ремонту полнокомплектных машин численность вспомогательных рабочих составляет 25...35 %, а на предприятиях по ремонту агрегатов – 35...40 % от численности основных рабочих.

Для ряда вспомогательных рабочих сложились такие нормы обслуживания оборудования, основных производственных рабочих и производственной площади. Один наладчик, например, обслуживает 12...16 станков общего пользования, 7...10 токарных полуавтоматов или автоматов, 8...12 зубообрабатывающих станков. Численность распределителей работ составляет 2 %, а контролеров – 4...5 % от численности производственных рабочих. За одним кладовщиком промежуточного склада закрепляют 55...80 станочников. Один уборщик обеспечивает производственную чистоту 2500 м<sup>2</sup> площади.

Численность *инженерно-технических работников* определяют по нормам численности, а *руководителей* – по нормам управляемости. При предварительных расчетах принимают численность инженерно-технических работников и руководителей 7...8 % от общей численности производственных рабочих.

### **1.6.9. Производственная площадь участка**

Производственные помещения делятся на *основные* (с технологическим, подъемно-транспортным и обслуживающим оборудованием, места размещения баллонов со сжатыми и сжиженными газами, тамбурами, тепловыми завесами и др.) и *вспомогательные* (с венткамерами, ацетиленовыми генераторами, компрессорами, трансформаторными подстанциями, распределительными пунктами тепла и воды, оборудованием для приготовления и раздачи СОЖ, баками и насосами, ресиверами со сжатым воздухом и др.).

*Производственная площадь участка* – это его площадь, занятая технологическим и транспортным оборудованием, оргоснасткой, рабочими, изготавливаемыми или ремонтируемыми изделиями, проходами и проездами между рабочими местами (кроме магистральных проездов).

Использование площади здания, выделенной под производственный участок, характеризуется коэффициентом *использования производственной площади*, т. е. отношением площади, непосредственно занятой оборудованием, к площади участка. В ряде случаев эта величина нормируется.

Производственную площадь участка определяют укрупненным, уточненным и точным методами.

Для *укрупненного* расчета производственной площади  $S$  используют удельные показатели на один капитальный ремонт  $f_{кр}$ , на одного рабочего  $f_p$ , на единицу оборудования  $f_o$  и на одно рабочее место  $f_{рм}$ :

$$S = f_{кр} k_1 k_2 k_3 N, \text{ м}^2; \quad (1.53)$$

$$S = f_p n_{яв}, \text{ м}^2; \quad (1.54)$$

$$S = f_o n_o, \text{ м}^2; \quad (1.55)$$

$$S = f_{рм} n_{рм}, \text{ м}^2, \quad (1.56)$$

где  $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$  – см. обозначения формулы (1.10).

По удельной площади на *единицу продукции* (например, на один капитальный ремонт) определяют площади участков (например, разборочно-очистных или окрасочных), оснащенных оборудованием различного назначения с относительно малой численностью рабочих.

В нормативно-методической литературе имеются сведения об удельных площадях различных предприятий. Например, удельные площади участков и отделений предприятия по ремонту карбюраторных двигателей мощностью 115 л.с приведены в прил. 9.

По удельной площади на *одного рабочего* в наиболее многочисленной смене определяют площади участков, имеющих малую насыщенность оборудованием с преобладанием ручных работ (например, участки сборки агрегатов, медницкий, ремонта электрооборудования и приборов питания).

По удельной площади на *единицу оборудования* находят площади участков, насыщенных однотипным оборудованием с равными габаритными размерами (участки механической обработки или обкатки).

*Удельная площадь*, приходящаяся на единицу оборудования (вместе с проходами), определяется отношением площади участка к количеству оборудования на нем. Чем крупнее оборудование, тем больше величина этого показателя. Средняя величина его для оборудования малых размеров – 10...12, средних – 15...25 и крупных – 30...40 м<sup>2</sup>.

По удельной площади на *одно рабочее место* рассчитывают участки, значительная часть площади которых занята рабочими местами с изделиями больших размеров (например, участки ремонта рам или устранения дефектов).

Площади участков вспомогательного производства (ремонтно-строительного, отделов главного механика и главного энергетика), в том числе газогенераторной, компрессорной, котельной и трансформаторной, а также цеховых складов и кладовых, приготовления и раздачи СОЖ, магистральных проездов составляют в ремонтном производстве около 20 % от площадей основного производства.

Площади бытовых помещений по сравнению производственными площадями составляют 10...15 %, складских – 6...8 % и административных – 2...4 %.

Более точно производственную площадь участка определяют по площади, непосредственно занятой оборудованием,

$$S = k_n \sum_{i=1}^{i=m} f_i n_i, \quad (1.57)$$

где  $k_n$  – коэффициент плотности расстановки оборудования, учитывающий зоны безопасности и обслуживания, проходы и проезды (табл. 1.23);  $m$  – количество типов оборудования;  $f_i$  – площадь в плане единицы оборудования  $i$ -того типа,  $m^2$ ;  $n_i$  – количество единиц оборудования  $i$ -того типа.

Таблица 1.23

Значения коэффициента плотности расстановки оборудования

Наименование участка	$k_n$
Наружной очистки	3,5...4,0
Разборочно-очистной	3,5...5,0
Определения технического состояния деталей	3,5...4,0
Слесарно-механический	3,0...3,5
Кузнечно-термический	5,0...5,5
Медницкий	5,0...6,0
Жестяницкий	3,5...4,5
Ремонта агрегатов	4,5...5,0
Ремонта шин	4,0...4,5
Ремонта рам	4,5...5,0
Ремонта электрооборудования	3,5...4,5
Ремонта топливной аппаратуры	4,5...6,5
Деревообрабатывающий	3,5...4,5
Сборки двигателей	4,0...4,5
Сборки машин	4,5...5,0
Обкатки и испытания двигателей	4,0...4,5
Сварочно-наплавочный	5,5...6,5
Нанесения гальванических покрытий	4,5...5,5
Окрашивания машин (агрегатов)	3,5...4,0

Наиболее точно площадь производственного участка определяется путем *расстановки темплетов* технологического оборудования на планировке участка в технологической последовательности с учетом норматив-

ных расстояний между оборудованием и элементами зданий и необходимой ширины проходов и проездов и измерения полученной площади. Расстановку оборудования согласуют и с имеющимися инженерными сетями, в первую очередь с канализационными отводами.

Размещение оборудования на производственном участке может быть представлено множеством различных вариантов. Оптимальный вариант размещения оборудования будет тот, который обеспечивает:

- выполнение всех операций технологического процесса в установленной последовательности на оборудовании участка;
- размещение стеллажей, подставок и тары для хранения заготовок и изделий;
- возможность обслуживания рабочих мест грузоподъемными и транспортными средствами;
- возможность демонтажа и перемещения оборудования для его ремонта;
- минимальную производственную площадь с учетом ограничений на размещение оборудования.

Очень плотное размещение оборудования создает неблагоприятные условия труда (затрудняется перемещение рабочих, заготовок и изделий, содержание в чистоте рабочих мест, уменьшается безопасность работ и др.). С другой стороны, свободная планировка с большими промежутками между оборудованием приводит к нерациональному использованию производственной площади.

Содержание оптимизации производственной площади участка заключается в составлении множества планировочных решений, удовлетворяющих приведенным ограничениям, и выбора из них лучшего.

Множество отличающихся друг от друга планировок производственного участка получают путем изменения:

- числа рядов оборудования;
- расположения единиц оборудования друг относительно друга;
- угла между осями оборудования и пролета;
- числа и направления проходов и проездов;
- вида применяемого транспорта;
- траектории перемещения предмета труда по территории участка;
- соотношения длин сторон участка.

Технологическое оборудование располагают группами по видам в пролете или в технологической последовательности в один, два или более рядов в зависимости от размеров оборудования и ширины пролета. Друг относительно друга оборудование располагают «лицом в затылок», «лицом к лицу» или «бок к боку».

Технологическое оборудование своей длинной стороной может быть установлено вдоль или поперек пролета, или под острым углом к нему. Наименьшей производственной площади требует расположение оборудования поперек пролета. Расположением оборудования регулируют длину производственного участка. Расположение оборудования «лицом в затылок», когда его оси составляют угол  $15...30^\circ$  к оси пролета, применяют для автоматов и токарно-револьверных станков, работающих с прутковым материалом, и длинных станков (продольно-фрезерных, шлифовальных и строгальных). Расположение токарных станков «лицом в затылок», но под острым углом к оси пролета, обеспечивает безопасность работ: вырвавшаяся заготовка из патрона во время работы не может травмировать людей, работающих на соседних станках.

В условиях многостаночной работы один рабочий обслуживает несколько станков. Эти станки размещают так, чтобы их органы управления были расположены удобно для рабочего, а его переходы от станка к станку были минимальными. Для обеспечения последнего условия станки могут быть расположены по сторонам прямоугольника.

Слесарные верстаки можно устанавливать вплотную одной стороной к колонне или стене здания при отсутствии отопительных приборов.

При расположении оборудования рядами между ними оставляют проезд для транспорта. При трех рядах оборудования продольных проездов может быть два. Возле одного прохода или проезда может быть двоярный ряд оборудования.

В поточных линиях оборудование ставят параллельно или перпендикулярно рольгангу или подвесному конвейеру. Применение стационарных средств для перемещения изделий уменьшает или исключает число проходов или проездов.

Траектория перемещения предмета труда по территории участка может быть прямолинейной или в виде ломаной линии при передаче изделий через проход.

Форма производственного участка в плане должна быть прямоугольной. Соотношение длин сторон участка зависит от ширины пролета, количества оборудования на участке и размеров смежных участков.

Оптимизацию завершают тогда, когда дальнейшее изменение положений объектов на планировке не приводит к ее улучшению. Результаты оптимизации оценивают транспортной работой на перемещение предметов труда в пределах производственного участка и коэффициентом использования производственной площади.

Границы производственного участка на его планировке и на территории цеха должны быть четко обозначены. Границами участка могут быть стены и перегородки помещений, проезды и проходы, разделительные ли-

нии. Участки ремонта приборов и агрегатов систем питания и смазки и гидросистем отделяют от других участком перегородками из стеклопрофилита или стеклоблоков высотой не менее 2,5 м.

### 1.6.10. Расход производственных ресурсов

Производственные ресурсы необходимы для текущего обеспечения производства. К ним относят электрическую и тепловую энергию, сжатый воздух, технологический холод, производственную воду, горючие, инертные и окислительные газы и др. Обоснованные их материальные нормы, учет и контроль потребления служат предпосылкой эффективности ремонтного производства.

Расчеты выполняют после разработки технологических планировок участков. Определяют расход электроэнергии, пара, сжатого воздуха, горючих и окислительных газов, производственной и питьевой воды, топлива.

Расход *электроэнергии* определяют расчетом составляющих, обусловленных силовой и осветительной нагрузками.

Годовое количество электроэнергии  $W_{сил}$ , потребляемое технологическим оборудованием на шинах низкого напряжения, определяют по формуле

$$W_{сил} = \sum_1^n N_{yi} \Phi_{до} k_{gi} k_{mi}, \text{ кВт-ч}, \quad (1.58)$$

где  $N_{yi}$  – установленная мощность токоприемников  $i$ -того вида оборудования, кВт;  $i = 1 \dots n$  – виды оборудования;  $k_{gi}$  и  $k_{mi}$  – коэффициенты использования токоприемников  $i$ -того вида оборудования соответственно по времени (табл. 1.24) и мощности (принимают равным 0,75...0,80).

Таблица 1.24

Значения коэффициента использования токоприемников оборудования по времени

Виды оборудования	$k_g$
Разборочное, сборочное, испытательное, обкаточное	0,45...0,55
Очистное	0,60...0,75
Металлорежущие станки, молоты, прессы	0,15...0,20
Электросварочное	0,30...0,35
Выпрямители, высокочастотные генераторы	0,60...0,80
Термическое оборудование, сушильные печи, окрасочные камеры, сантехническое оборудование, компрессоры, вентиляторы	0,70...0,75
Подъемно-транспортное оборудование	0,15...0,20

Для того чтобы определить осветительную нагрузку, необходимо знать площади производственных, складских и административно-бытовых помещений и удельные нормы расхода электроэнергии в соответствии с условиями работы. Годовой расход электроэнергии  $W_{осв}$  для нужд освеще-

ния помещений и уличной территории определяют по удельному расходу электроэнергии в час на 1 м<sup>2</sup> освещаемой площади по формуле

$$W_{осв} = 10^{-3} \sum_1^n R_i t_{oci} F_{oci}, \text{ кВт-ч}, \quad (1.59)$$

где  $R_i$  – норма электрической мощности осветительных приборов  $i$ -того вида, приведенная к одному квадратному метру освещаемой площади, Вт/м<sup>2</sup> (табл. 1.25);  $i = 1 \dots n$  – виды осветительных приборов;  $t_{oci}$  – средняя продолжительность работы осветительного прибора  $i$ -того вида в течение года, ч;  $F_{oci}$  – площадь территории, освещаемая осветительными приборами  $i$ -того вида, м<sup>2</sup>.

Таблица 1.25

Удельный расход электроэнергии на освещение  
производственных участков

Производственные участки	Удельный расход энергии, Вт/м <sup>2</sup>
Разборочно-очистной, ремонта рам и кузовов, медницкий, гальванический, деревообрабатывающий, комплекточный, сборки машин, обкаточно-испытательный, компрессорная	15...18
Определения технического состояния деталей, слесарно-механический	25...35
Сборки агрегатов, ремонта электрооборудования и приборов питания, окрашивания, переработки пластмасс	20...25
Кузнечно-термический, сварочно-наплавочный	14...16
Лаборатории и административные помещения	20...25
Склады	7...10
Административно-бытовые помещения	15...20
Площадки для стоянки электропогрузчиков и электрокаров	6...10
Площадки под открытым небом	3...5

Среднее время электрического освещения при двухсменной работе составляет 2100...2200 ч в год.

Годовой расход электроэнергии  $W_{\Sigma}$  на шинах высокого напряжения определяется суммой расхода энергии на шинах низкого напряжения и потерь в трансформаторах

$$W_{\Sigma} = W_{сил} + W_{осв} + W_{пот}, \text{ кВт-ч}, \quad (1.60)$$

где  $W_{пот}$  – годовое количество энергии потерь в трансформаторах, кВт-ч.

*Производственный пар* под давлением 15...30 кПа расходуют на разогрев растворов в очистных машинах и масел для обкатки агрегатов, на приготовление СОЖ, на сушку деталей после их очистки, отопление и вентиляцию и другие потребности.

Средний расход пара на текущий подогрев растворов и воды при укрупненных расчетах принимают равным 160...200 кг/ч на 1 т среды. Расход пара на начальный разогрев сред ориентировочно составляет 200...250 % к

среднечасовому расходу пара на текущий подогрев. Расход пара под давлением 0,25 МПа на приготовление СОЖ составляет 0,15...0,20 кг/ч на 1 л расходуемой жидкости.

Часовой расход тепла  $q_{чов}$  на отопление и вентиляцию помещений определяют по формуле

$$q_{чов} = V_з(q_o + q_в)(t_в - t_n), \text{ кДж/ч}, \quad (1.61)$$

где  $V_з$  – объем отапливаемых помещений, м<sup>3</sup>;  $q_o = (1,4...2,3)$  кДж·ч<sup>-1</sup>·м<sup>-3</sup>·К<sup>-1</sup> и  $q_в = (0,5...1,0)$  кДж·ч<sup>-1</sup>·м<sup>-3</sup>·К<sup>-1</sup> – удельные расходы тепла на отопление и вентиляцию при разнице внутренней и наружной температур в 1 К;  $t_в$  – температура воздуха внутри помещения, К;  $t_n$  – минимальная температура снаружи помещения во время отопительного периода, К.

Ориентировочный расход пара на отопление и вентиляцию помещений выбирают из расчета обеспечения расхода тепла 105...145 кДж/ч на 1 м<sup>3</sup> здания.

Годовой расход пара  $P_{ов}$  для отопления и вентиляции равен

$$P_{ов} = \frac{q_{чов}t}{1000i}, \text{ т}, \quad (1.62)$$

где  $t$  – продолжительность отопительного сезона, ч;  $i$  – теплоотдача пара, кДж/кг.

Мощность паровых или водяных котлов должна превышать мощность энергоприемников. Наибольшая эффективность применения котлов достигается при полном использовании их мощности.

Расход *сжатого воздуха* под давлением 0,5...0,7 МПа для производственных нужд определяют исходя из его расхода отдельными потребителями. Потенциальную энергию давления сжатого воздуха потребляют гайковерты, клепальные машины, пневмоцилиндры приспособлений, установки для окрашивания, нанесения металлов и пластмасс, дробеструйные машины, установки для очистки деталей косточковой крошкой и др. Сжатый воздух применяют также для испытания радиаторов и топливных баков, накачивания шин и перемешивания растворов.

Производительность компрессоров определяют исходя из минутного расхода сжатого воздуха, по которому также находят и его годовой расход. Минутный расход сжатого воздуха  $Q_{вм}$  находят как сумму его расходов отдельными потребителями

$$Q_{вм} = (1,3...1,4) \sum_1^n q_{vi} k_{cni} k_{opi}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (1.63)$$

где числовой коэффициент (1,3...1,4) учитывает утечки воздуха из сети;  $q_{vi}$  – минутный расход сжатого воздуха потребителем  $i$ -того вида при его непрерывной работе, м<sup>3</sup>/мин (табл. 1.26);  $i = 1...n$  – виды потребителей;  $k_{cni}$  – коэффициент спроса, определяющий долю времени фактической ра-

боты потребителей  $i$ -того вида (табл. 1.27);  $k_{opi}$  – коэффициент одновременной работы потребителей (табл. 1.28).

Таблица 1.26

Минутный расход сжатого воздуха (под давлением 0,5...0,7 МПа)  
потребителями

Потребители	Диаметры, мм	Расход, м <sup>3</sup> /мин
Гайковерты пневматические	Резьбы до 12	0,4...0,5
	12...16	0,5...0,7
	20...24	0,8...1,5
	30...32	2,0...2,5
Пневматические шпильковерты	Резьбы до 12	0,9...1,5
	12...16	1,5...2,5
Пневматические клепальные молотки	Заклепки 3...6	0,3...0,5
	5...10	0,5...0,7
Сверлильные машины	Сверления 5...10	0,4...0,5
	10...18	0,5...1,2
Шлифовальные машины	Шлифовального круга до 60	0,7...0,8
	60...150	1,6...2,0
Металлизаторы электродуговые	Проволоки 1...2	1,0...1,5
	1,5...2,5	1,2...2,5
Газопламенные аппараты для напыления	Проволоки 1,5...3,5	0,10...0,15
	4,0...6,0	0,15...0,20
Зажимные устройства к станкам и приспособлениям	Пневмоцилиндра	
	75	0,05...0,07
	90	0,07...0,09
	120	0,10...0,15
Установка для очистки деталей косточковой крошкой	более 120	0,25...0,45
	Стола 500	0,8...1,0
Краскораспылители	1000...1200	1,6...2,5
	Сопла до 2	0,15...0,20
	более 2	0,20...0,35

Таблица 1.27

Коэффициенты спроса отдельных потребителей сжатого воздуха

Потребители сжатого воздуха	$k_{cn}$
Ручной пневматический инструмент	0,20...0,25
Пневматические подъемники	0,15...0,20
Контрольно-испытательные стенды	0,10...0,15
Разборочные и сборочные стенды и приспособления	0,33...0,45
Установки для напыления	0,65...0,80
Установки для дробеструйной обработки	0,65...0,85
Краскораспылители	0,75...0,85
Сопла для обдува деталей	0,12...0,20

Коэффициенты одновременной работы потребителей сжатого воздуха

Число потребителей одного вида	$k_{op}$
2...4	0,90...0,95
5...9	0,80...0,85
10...14	0,75...0,80
15...29	0,60...0,65
30...40	0,45...0,55

Тип компрессоров выбирают в зависимости от давления сжатого воздуха и производительности, а их количество равно

$$n_k = \frac{Q_{вм}}{q_k}, \quad (1.64)$$

где  $q_k$  – производительность одного компрессора, м<sup>3</sup>/мин.

Компрессоры взаимодействуют с градирнями для охлаждения воды.

Годовой расход сжатого воздуха  $Q_{вз}$  равен

$$Q_{вз} = 60 Q_{вм} \Phi_{до}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (1.65)$$

Воду расходуют на производственные, бытовые и противопожарные нужды.

*Производственную воду* расходуют для очистки машин, агрегатов и деталей, охлаждения работающих двигателей, гидравлического испытания корпусных деталей, радиаторов и топливных баков, охлаждения деталей при термической обработке, заполнения систем охлаждения собранных двигателей и др.

По признаку прерывности использования потребители воды делят на три группы.

Первую группу потребителей составляют очистные машины, ванны и баки с периодической доливкой и сменой воды. Годовой расход воды  $Q_{вс1}$  в них равен

$$Q_{вс1} = 1,25 q_n n_{см}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.66)$$

где  $q_n$  – емкость потребителя с учетом ежедневной доливки воды, м<sup>3</sup>;  $n_{см}$  – количество смен воды в баках за год.

Вторая группа потребителей с нормированным расходом воды на одно изделие – это установки для гидравлических испытаний, системы охлаждения собранных двигателей и др. Годовой расход воды  $Q_{вс2}$  для них равен

$$Q_{вс2} = q_u N, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.67)$$

где  $q_u$  – норма расхода воды на одно изделие, м<sup>3</sup>.

Третью группу потребителей составляют ванны для промывки заготовок в проточной воде. Годовой расход воды для них составляет

$$Q_{звз} = \frac{q_в \Phi_{до} k_{сн}}{1000}, \text{ м}^3, \quad (1.68)$$

где  $q_в$  – непрерывный расход воды, л/ч;  $k_{сн}$  – коэффициент спроса.

Годовой расход воды для хозяйственно-питьевых нужд

$$Q_{хп} = q_{хп} N, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.69)$$

где  $q_{хп}$  – удельный расход воды для хозяйственно-питьевых нужд, отнесенный на единицу товарной продукции, м<sup>3</sup>/изделие.

В удельном расходе воды на бытовые нужды учтены потребность в воде в размере 40 л на одного работающего в смену на тепловых участках и по 25 л – на остальных работающих. Потребность воды на душевые принимают из расчета 400...500 л на одну душевую сетку в смену, а на умывальники – 180...200 л на кран в смену.

Потребность в воде для противопожарных нужд определяют в зависимости от категории производства и степени огнестойкости зданий.

*Ацетилен и кислород* применяют при сварочно-наплавочных работах. Исходные данные для определения расхода этих газов выбирают из технической характеристики газовых горелок, годового объема работ и коэффициента спроса.

Годовой расход  $Q_{гац}$  ацетилена

$$Q_{гац} = q_{гац} T_г k_{сн}, \text{ м}^3, \quad (1.70)$$

где  $q_{гац}$  – часовой расход ацетилена одной горелкой, м<sup>3</sup>/ч;  $T_г$  – годовой объем работ, ч;  $k_{сн}$  – коэффициент спроса, который ориентировочно равен 0,5.

Расход кислорода принимают на 15 % больше, чем расход ацетилена.

*Природный газ* расходуют в качестве топлива в нагревательных печах и для обкатки двигателей. Расход газа в нагревательных печах зависит от их производительности и времени работы. Расход газа на стендовую обкатку двигателей принимают из расчета 0,7...0,8 м<sup>3</sup>/кВт-ч исходя из теплотворной способности газа 26400...27200 кДж/м<sup>3</sup>.

Расход жидкого топлива на горячую обкатку двигателя определяют по формуле

$$q_{об} = \frac{q_{уд}}{60} \sum_i^n P_i t_i, \text{ кг}, \quad (1.71)$$

где  $q_{уд}$  – удельный расход топлива на 1 кВт-ч;  $i = 1 \dots n$  – переходы обкатки;  $P_i$  – мощность двигателя на  $i$ -том переходе обкатки, кВт;  $t_i$  – длительность  $i$ -того перехода обкатки, мин.

### 1.6.11. Экономические расчеты

К основным *экономическим* задачам проекта относят:

- технико-экономическое обоснование целесообразности проектирования нового участка или развития действующего;
- расчет капитальных вложений;
- расчет и анализ себестоимости и цены продукции;
- определение уровня рентабельности, срока окупаемости и фондоотдачи основных производственных фондов и оборотных средств, расчет других относительных и удельных экономических показателей.

Решение экономических задач направлено на снижение себестоимости продукции, обеспечение высокой ее рентабельности и окупаемости капитальных вложений. Затраты на развитие производства рассчитывают после определения объема строительной, технологической и энергетической частей.

Капитальные вложения  $K$  в производство при его развитии включают стоимость зданий и сооружений  $K_1$ , производственного основного и вспомогательного оборудования  $K_2$ , приспособлений и инструмента  $K_3$

$$K=K_1+K_2+K_3, \text{ руб.}, \quad (1.72)$$

Стоимость зданий и сооружений определяют на основании смет, составленных по нормам и расценкам на строительные работы или по укрупненным показателям. Затраты по укрупненным показателям относят к  $1 \text{ м}^2$  производственной площади или к  $1 \text{ м}^3$  производственного здания. Так, стоимость строительства  $K_1$  может быть определена с помощью выражения

$$K_1=K_{смп}F, \text{ руб.}, \quad (1.73)$$

где  $K_{смп}$  – средняя стоимость строительно-монтажных работ, отнесенная к  $1 \text{ м}^2$  производственной площади производственного участка, руб./ $\text{м}^2$ ;  $F$  – производственная площадь участка,  $\text{м}^2$ .

В стоимость технологического, подъемно-транспортного и энергетического оборудования включают как его собственную стоимость, так и затраты на монтаж. При этом составляют сводную ведомость этого оборудования.

Аналогично определяется и стоимость приспособлений и инструмента.

В проектах реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий определяют размер капитальных дополнительных вложений, которые должны быть учтены в основных фондах предприятия.

Эффективность работы производственного участка определяется абсолютными и относительными показателями.

К абсолютным показателям относят: производственную мощность, стоимость основных фондов и оборотных средств, состав работающих, ре-

жим работы участка, мощность токоприемников, расход производственных ресурсов и строительно-планировочные показатели (производственную площадь, объем помещения).

Относительные показатели: себестоимость продукции; удельный годовой выпуск продукции на одного работающего, на 1 руб. основных фондов, на 1 м<sup>2</sup> производственной площади, на 1 руб. заработной платы работающих; энерговооруженность производственных рабочих; фондоемкость единицы продукции; фондоемкость одного рабочего; прибыль; рентабельность производства; срок окупаемости капитальных вложений.

Направление развития ремонтного предприятия или его участков определяют в результате анализа баланса производственной мощности предприятия (участка), которую устанавливают по наличной производственной площади и действующему оборудованию.

Возможны такие ситуации и варианты решения:

– если недостаточная производственная мощность участка объясняется недостатком площади участка, то назначают его расширение за счет площадей действующих участков или за счет строительства и введения в эксплуатацию дополнительной производственной площади;

– если производственная мощность участка недостаточна по действующему оборудованию, то назначают техническое перевооружение этого участка;

– если «узкими местами» предприятия являются выпуск устаревшей продукции и недостаточная производственная мощность участка, как по площади, так и по оборудованию, то назначают реконструкцию этого участка.

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 2.1. Потребность в изготовлении и ремонте техники и производственная мощность предприятия

*Цель* занятия – приобретение навыков по определению потребности в ремонте техники и расчете производственной мощности предприятия и его участков.

*Задание* – определить потребность экономического региона в ремонте двигателей грузовых автомобилей ГАЗ-3307 согласно данным табл. 2.1 и необходимую производственную мощность предприятия. Принять средний межремонтный пробег ремонтируемых агрегатов 108000 км, их нормативную наработку 224000 км.

Таблица 2.1

Исходные данные для расчета потребности в ремонте техники и производственной мощности предприятия

№ варианта	Количество автомобилей в регионе, тыс. ед.	Амортизационный срок службы, лет
1	20	3
2	25	4
3	30	5
4	40	6

*Порядок* выполнения задания:

- изучить материал разделов 1.6.1 и 1.6.3;
- определить коэффициент охвата техники капитальным ремонтом;
- рассчитать необходимую производственную мощность предприятия в физических ремонтах;
- привести производственную мощность предприятия к ремонту грузовых автомобилей указанной марки, учитывая, что трудоемкость ремонта автомобиля превышает трудоемкость ремонта двигателя в 3,49 раза.

*Содержание отчета:* описание метода расчета потребности в ремонте техники; технологические расчеты, выводы.

### 2.2. Затраты труда на единицу продукции

*Цель* занятия – приобретение навыков по расчету затрат труда на единицу продукции для предварительных расчетов численности рабочих и количества оборудования.

При проектировании производственного участка определяют укрупненные значения затрат труда, потому что точные расчеты требуют значительного времени технологов и нормировщиков. Точные расчеты будут выполнены позже аналитически-исследовательским и аналитически-расчетным методами при организационной и технологической подготовке производства.

*Задание* – определить трудоемкость ремонта агрегатов и распределить ее по видам работ (производственным участкам) (табл. 2.2). В качестве агрегата-аналога выбрать двигатель ЗМЗ-53 массой 287 кг, нормативная трудоемкость ремонта которого равна 35,2 чел.-ч при производственной мощности участка 10 тыс. в год. Вариант задания определяет преподаватель.

Таблица 2.2

Исходные данные для расчета трудоемкости ремонта агрегата

№ варианта	Агрегат		Объемы ремонта, тыс. в год
	наименование	масса, кг	
1	двигатель ЗМЗ-24	185	6,3
2	двигатель ЗМЗ-53-11	315	6,3
3	двигатель УМЗ-451М	190	10
4	двигатель ЗИЛ-130	458	4,5

*Порядок* выполнения задания:

- изучить материал раздела 1.6.2;
- выбрать расчетную формулу, определить значения величин и рассчитать трудоемкость;
- распределить трудоемкость ремонта агрегата по производственным участкам согласно данным прил. 10.

*Содержание отчета:* описание методов расчета затрат труда на единицу продукции; расчеты и выводы.

### 2.3. Численность рабочих

*Цель* занятия – приобретение навыков по расчету списочной и явочной численности рабочих различными методами в зависимости от того, какая принята организация труда и в каких единицах выражены его затраты.

Организация труда может быть непоточной или поточной, а его затраты могут выражаться трудоемкостью, станкоемкостью или длительностью технологических операций.

*Задание* – определить явочную и списочную численность сборщиков, занятых в поточном производстве (табл. 2.3), наплавщиков (табл. 2.4) и станочников (табл. 2.5). Принять двухсменный режим работы. Вариант задания определяет преподаватель.

Таблица 2.3

Исходные данные для расчета численности рабочих в поточном сборочном производстве (за каждой позицией закреплен один сборщик)

№ варианта	Изделия	Объемы производства, тыс. год <sup>-1</sup>	Трудоемкость сборки изделия, чел.-ч
1	2	3	4
1	двигатель ЗМЗ-24	6,3	3,2
2	двигатель ЗМЗ-24	10	3,2
3	двигатель ЗМЗ-53	10	4,5

Окончание табл. 2.3

1	2	3	4
4	двигатель ЗМЗ-53	16	4,5
5	двигатель УМЗ-451М	6,3	3,1
6	двигатель УМЗ-451М	10	3,1
7	двигатель Д-50	6,3	4,2
8	двигатель Д-50	10	4,2

Таблица 2.4

Исходные данные для расчета численности наплавщиков

№ варианта	Изделия	Трудоемкость, чел.-ч	Объемы производства, тыс. год <sup>-1</sup>
1	коленчатый вал	0,35	10
2	коленчатый вал	0,35	16
3	распределительный вал	0,20	10
4	распределительный вал	0,20	16
5	толкатель	0,04	80
6	толкатель	0,04	160
7	ось центрифуги	0,15	10
8	ось центрифуги	0,15	16

Таблица 2.5

Исходные данные для расчета численности станочников

№ варианта	Станки			Выполняемые работы
	наименование	модель	количество	
1	токарный	1Д125	3	изготовление пальцев
2	токарный	1Е140	2	изготовление втулок
3	расточной	2Н78ПН	5	обработка гильзы цилиндра
4	расточной	2Н78ПН	2	обработка втулки
5	расточной	КК-1554	2	обработка шатуна
6	зубодолбежный	5140	3	обработка зубчатых колес
7	зубофрезерный	53А10	2	обработка зубчатых колес
8	ленточнопильный	8542	3	отрезание заготовок

*Порядок* выполнения задания:

- изучить учебный материал разделов 1.6.4, 1.6.6 и 1.6.7;
- определить номинальный и действительный фонд времени рабочих;
- подобрать методы расчета и необходимые формулы;
- определить явочную и списочную численность основных производственных рабочих.

*Содержание отчета:* описание методов расчета численности основных производственных рабочих; расчеты численности рабочих согласно заданию; выводы по работе.

## 2.4. Выбор и расчет количества оборудования

*Цель* занятия – приобретение навыков по выбору технологического оборудования и расчету его необходимого количества.

В зависимости от вида параметра, которым оценивают технологическую функцию, количество оборудования определяют или по трудоемкости работ, или по станкоемкости изготавливаемых или ремонтируемых изделий, или по продолжительности технологических операций, или по физическим параметрам предметов труда.

*Задание* – выбрать и определить необходимое количество сборочного (табл. 2.6) металлорежущего (табл. 2.7), термического (табл. 2.8) и кузнечного (табл. 2.9) оборудования. Принять двухсменный режим работы оборудования. Вариант задания определяет преподаватель.

Принять производственную мощность предприятия 16 тыс. ремонтов агрегатов в год и двухсменный режим работы производственного участка.

Таблица 2.6

Исходные данные для расчета гайковертов на консоли (частота вращения шпинделя 160 мин<sup>-1</sup>)

№ варианта	Деталь резьбового соединения			
	наименование	количество в агрегате	длина резьбы, мм	шаг резьбы, мм
1	гайка шатуна	2	11	1
2	болт крышки	10	14	1,5
3	гайка головки цилиндров	36	12	1
4	шпилька масляного картера	22	8	1
5	гайка масляного картера	22	8	0,75
6	болт кожуха сцепления	8	12	1
7	шпилька крепления коробки передач	4	14	1,5
8	шпилька крепления головки цилиндров	36	12	1,5

Таблица 2.7

Исходные данные для расчета металлорежущего оборудования

№ варианта	Обрабатываемая заготовка				
	наименование	материал	Обрабатываемый элемент		
			название	количество	размеры, шероховатость
1	2	3	4	5	6
1	корпус	СЧ24	отв. под подшипники	2	диаметр 92 <sup>+0,035</sup> , длина 40, Ra 1,25
2	корпус	СЧ18	плоскость под крышку	1	длина и ширина 450 и 240, Rz 20
3	вал	сталь 45	шейки	5	диаметр 64 <sub>-0,017</sub> , длина 40, Ra 0,16

Окончание табл. 2.7

1	2	3	4	5	6
4	вал	ВЧ70	шейки	5	диаметр $70_{-0,017}$ , длина 64, Ra 0,16
5	маховик	СЧ18	торцовая поверхность	1	диаметры 130 и 370, Ra 0,32
6	гильза	СЧ18	внутренняя поверхность	1	диаметр $92^{+0,06}$ , длина 170, Ra 0,16
7	шатун	штулка Бр.ОЦС 4-4-2,5	отв. под поршневой палец	1	диаметр $25^{+0,007}_{-0,003}$ , длина 30, Ra 0,63
8	шатун	штулка Бр.ОЦС 4-4-2,5	отв. под поршневой палец	1	диаметр $22^{+0,007}_{-0,003}$ , длина 32, Ra 0,63

Таблица 2.8

Исходные данные для расчета количества шахтных печей для нормализации коленчатых валов после наплавки

№ варианта	Количество заготовок в печи
1	30
2	25
3	20
4	15

Таблица 2.9

Исходные данные для расчета количества кузнечных молотов

№ варианта	Масса заготовок, отнесенных к ремонтируемому агрегату, кг
1	25
2	20
3	15
4	10

*Порядок* выполнения задания:

- изучить материал раздела 1.6.5;
- рассчитать машинно-ручное и штучно-калькуляционное время сборки резьбового соединения и определить необходимое количество гаек-ковертов;
- определить виды обработки резанием, подобрать оборудование, рассчитать режимы, определить основное время обработки и штучно-калькуляционное время и рассчитать необходимое количество станков;
- при расчете количества термического оборудования полагаем, что наплавляют 30 % коленчатых валов. Рассчитать время нагрева заготовок (время выдержки принять 1,5...2,0 часа, а время загрузки и выгрузки тары с заготовками – по 2 мин). Рассчитать количество печей;

– при расчете количества кузнечных молотов полагаем, что масса обрабатываемых заготовок составляет 3...5 кг. Подобрать модель молотов и рассчитать их количество.

*Содержание отчета:* критерии выбора и расчетные зависимости определения количества технологического оборудования; обоснование выбора моделей оборудования; обоснование расчетных формул и данные расчетов.

## **2.5. Производственная площадь участка**

*Цель* занятия – приобретение навыков по определению производственной площади участка укрупненным, уточненным и точным методами.

*Задание* – определить площадь производственного участка восстановления детали.

В качестве исходных данных взять сведения второй конструкторско-технологической практики: наименование восстанавливаемой детали с ее повреждениями, маршрутный процесс восстановления с ведомостью технологического оборудования.

*Порядок* выполнения задания:

- изучить учебный материал раздела 1.6.8.
- определить значение производственной площади участка укрупненным методом по удельным показателям на единицу оборудования;
- определить значение производственной площади участка уточненным методом по площади, непосредственно занятой оборудованием;
- заготовить темплеты оборудования (см. раздел 1.4.2);
- изобразить пролет здания шириной 18 м с шагом колонн 6 м;
- расставить темплеты оборудования в технологической последовательности с проходами (проездами) и учетом норм технологического проектирования;
- выполнить геометрическую оптимизацию планировки участка путем изменения числа рядов оборудования, организации удобных проходов (проездов) и изменения расположения оборудования относительно друг друга;
- наметить границы участка и измерить его площадь;
- сопоставить значения производственной площади участка, полученные различными методами.

*Содержание отчета:* описание методов расчета производственной площади; требования к выполнению темплетов оборудования; описание действий при определении производственной площади участка указанными выше методами; выводы.

## **2.6. Взрывопожарная и пожарная опасность производства**

*Цель* занятия – приобретение навыков по обоснованию категории взрывопожарной и пожарной опасности производственного участка, его маркированию, выбору помещения под этот участок и его оснащению, обоснованию мероприятий, обеспечивающих безопасный труд.

*Задание* – определить категорию взрывопожарной и пожарной опасности производственного участка и меры, обеспечивающие безопасный труд на этом участке.

Принять производственную мощность предприятия 16 тыс. ремонтов двигателей в год, марку двигателя принять самостоятельно. Назначение и размеры производственного участка, вид и количество применяемого материала, расчетную аварию выбрать по указанию преподавателя из табл. 2.10.

Таблица 2.10

Исходные данные для выполнения задания

№ варианта	Производственный участок		Применяемые материалы
	наименование	объем, м <sup>3</sup>	
1	очистной	4464	АМ-15, объем 2,5 м <sup>2</sup>
2	очистной	223	керосин, масса 0,2 т
3	ремонта электрооборудования	223	лак пропиточный, объем 20 л
4	ремонта электрооборудования	223	лак пропиточный, объем 50 л
5	обкаточный	2008	бензин А-76, масса 200 кг
6	обкаточный	2008	дизельное топливо, масса 300 кг
7	окрасочный	1340	растворитель Р-5
8	окрасочный	1340	растворитель Р-12

Расчетная авария на участке состоит в разрушении емкости, в которой хранятся жидкие материалы, их испарении или испарении органических растворителей с окрашенных поверхностей с последующим взрывом паров.

*Порядок* выполнения задания:

- изучить материал раздела 1.5.2;
- описать расчетную аварию;
- с использованием документа НПБ 5-2000 выбрать наиболее неблагоприятное сочетание факторов в отношении возможности взрыва или пожара, рассчитать избыточное давление взрыва в помещении (при необходимости) и отнести производство к одной из категорий;
- назначить материалы строительных конструкций помещения, в котором расположен производственный участок;
- определить необходимость противопожарных преград (стен и перекрытий);
- обосновать место производственного участка в здании;
- определить возможность подъезда пожарных машин к производственному участку;
- определить меры по ликвидации пожара на участке;
- определить меры по исключению разрушения здания при взрыве паров материалов;
- определить количество и направления путей эвакуации работающих при возникновении чрезвычайной ситуации;

– описать знак категории взрывопожарной и пожарной опасности производственного участка.

*Содержание отчета:* обоснование и расчет категории взрывопожарной и пожарной опасности производственного участка; описание мероприятий по возможности подъезда пожарных машин снаружи и изнутри здания к участку, требований к материалам и устройству строительных конструкций помещения, необходимости противопожарных преград, размещению участка в здании; обоснование комплекта средств пожаротушения, наличия, количества и размеров эвакуационных выходов; описание знака категории взрывопожарной и пожарной опасности производственного участка.

## **2.7. Участок разборки агрегатов, очистки и сортировки деталей**

*Цель занятия* – приобретение навыков в разработке планировки заготовительного участка предприятия.

### **2.7.1. Технологический процесс и организация работ**

*Разборка* машины – это технологический процесс последовательного разъединения ее на агрегаты, сборочные единицы и детали.

*Очистка* машин – это технологический процесс удаления загрязнений с поверхностей машин и их составных частей.

*Загрязнения* – это слои веществ внешней среды на поверхностях деталей с прочными когезионными и адгезионными связями. Загрязнения образуются при использовании и ремонте машин.

Очищенные детали ремонтного фонда сортируют. При этом измеряют значения их параметров и по результатам этих измерений детали относят к одной из трех групп: годных для дальнейшего применения, подлежащих восстановлению (исходных заготовок) или утильных. Из исходных заготовок с определенными сочетаниями повреждений образуют партии, которые затем направляют по отдельным маршрутам восстановления.

Агрегат, поступивший на участок, устанавливают на подвижный или неподвижный стенд для общей разборки. В первом случае организация работ поточная, во втором – непоточная (тупиковая).

Операции по очистке и разборке агрегатов следуют друг за другом и выполняются на одном производственном участке. Качественная очистка изделий определяет культуру производства, объективность определения технического состояния, сортировки и контроля деталей, качество их восстановления и последующую послеремонтную наработку агрегатов.

Необходимое качество очистки агрегатов обеспечивает ее пятиоперационный процесс (рис. 2.1). В промежутках между очистными операциями выполняют разборку изделий. Во время первой очистной операции

удаляют до 80 % по массе маслопочвенных и масляных загрязнений с продуктами изнашивания. После снятия головок, люков, крышек и пробок очищают наружные и внутренние поверхности ремонтируемых агрегатов. Затем выполняют их общую и узловую разборку. При разборке агрегатов и сборочных единиц выполняют транспортные и технологические перемещения и разъединение резьбовых и прессовых соединений. После очистки и разборки узлов все детали проходят общую очистку (при поточной организации труда – на тележках конвейера). В конце технологического процесса часть деталей очищают от прочных загрязнений. Для этого детали снимают с конвейера и сортируют по видам загрязнений и материалов деталей. Отдельно укладывают в соответствующую тару детали из черных или цветных металлов, с асфальтосмолистыми загрязнениями или накипью, нагаром или остатками лакокрасочных покрытий. Хотя масса прочных загрязнений составляет не более 5 % от общей массы загрязнений, но для своего удаления требуют большого расхода энергии и применения специализированного оборудования. Наибольшие трудности представляет очистка поверхностей от прочных загрязнений в каналах и внутренних полостях.

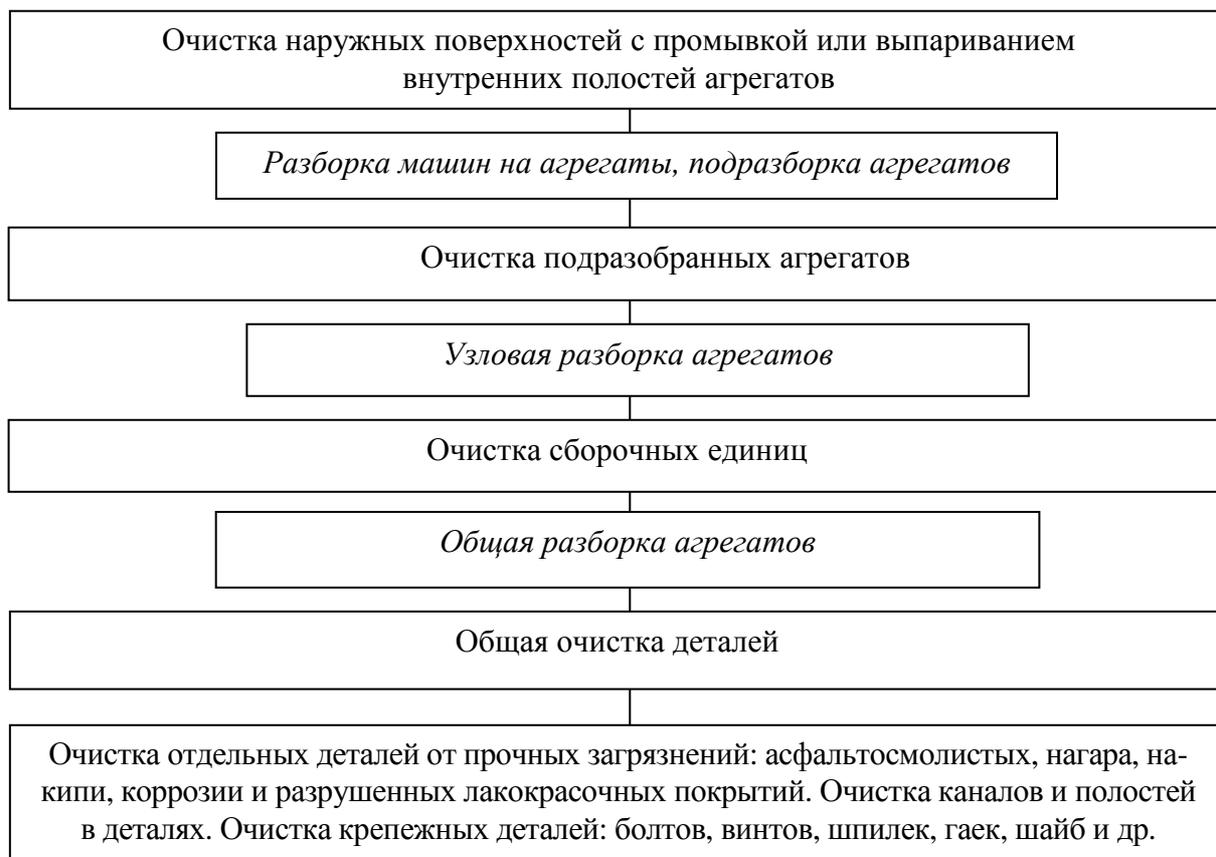


Рис. 2.1. Схема технологического процесса очистки машин от эксплуатационных загрязнений и их разборки (разборочные операции приведены курсивом)

Специализированные стенды для узловой разборки располагают в непосредственной близости от позиций конвейера, где были сняты соответствующие узлы. На этих стендах разбирают, например, блок цилиндров с гильзами и картером сцепления, коленчатый вал с маховиком, сцеплением и шестерней, распределительный вал с шестерней, эксцентрик и балансиром, шатунно-поршневые группы, впускную трубу с центрифугой.

Крепежные детали собирают с постов общей и узловой разборки и подают в очистную машину.

Разборочный процесс дает ремонтному предприятию до 25 % деталей, годных для дальнейшего применения без ремонтных воздействий, и 40...60 % деталей в виде исходных заготовок, пригодных для восстановления и повторного применения в отремонтированных машинах.

Техническое состояние деталей определяют путем поиска повреждений органолептическими или инструментальными способами. Повреждения деталей, в зависимости от природы их возникновения, бывают в виде износов, усталостных изменений, деформаций, изломов, трещин, пробоин, коррозии и старения материала. Операции по определению повреждений деталей следующие: простукивание и осмотр, измерение линейных и угловых размеров, измерение параметров формы и расположения поверхностей, обнаружение поверхностных трещин, определение течей, измерение специальных характеристик.

Разборочно-очистной участок является, по сути, заготовительным, который полностью обеспечивает участки восстановления деталей их заготовками и сборочный участок – частью годных деталей.

### **2.7.2. Оборудование участка**

В качестве установочно-транспортного средства при общей поточной разборке и очистке агрегатов применяют конвейер или эстакаду с подвижными стендами и тележками под узлы и детали. Тупиковую разборку ведут на неподвижных стендах. Конвейерное перемещение предмета ремонта между технологическими позициями, применение специализированного и специального оборудования для разборки резьбовых и прессовых соединений, а также для очистки изделий уменьшают трудоемкость работ.

Наибольший объем общей очистки техники выполняют в струйных или погружных машинах проходного или тупикового типа, заправленных жидкими технологическими средами (прил. 11 – 14).

Внутренние полости и масляные каналы в корпусных деталях очищают с помощью циркуляционных машин с прокачкой очистного раствора через очищаемые элементы (прил. 15).

Для очистки крепежных деталей эффективны технологические машины, в которых дробление загрязнений происходит при соударении деталей во время их перекачивания друг через друга в барабане. Разновидностью

таких машин является средство со шнековым барабаном и автоматической выгрузкой метизов. Процесс очистки в нем протекает при непрерывном перекатывании и осевом перемещении деталей в очистном растворе за счет вращения барабана. Характеристика машин для очистки метизов и мелких деталей мокрой галтовкой и некоторых узлов приведена в прил. 16.

Очистка деталей из алюминиевого сплава от углеводородных отложений эффективна в расплаве щелочей и солей в четырехсекционных машинах (прил. 17). Загрязнения непосредственно отделяют в первой секции с расплавом едкого натра  $\text{NaOH}$  (65 %), азотнокислого натрия  $\text{NaNO}_3$  (30 %) и хлористого натрия  $\text{NaCl}$  (5 %), нагретого до температуры 300 °С. В остальных секциях ведут нейтрализацию остатков расплава, осветление и промывку поверхностей деталей. Очистка деталей из черных металлов допускает повышение температуры расплава до 420 °С.

Детали топливной аппаратуры очищают в установках с ультразвуковыми колебаниями очищающей среды (прил. 18). Каждая такая установка включает ванну и ультразвуковой генератор.

Старые лакокрасочные покрытия снимают с деталей из черных металлов в течение 30...60 мин в роторных погружных машинах, заправленных 1,5...3,0 %-ным раствором каустической соды. Такой способ очистки деталей требует последующего их ополаскивания в растворе технических моющих средств. Эти покрытия можно удалять также с помощью смывок, которые наносят кистью или пульверизатором. Спустя 20...40 мин покрытие набухает и его соскабливают скребком или смывают раствором технических моющих средств.

Детали очищают от накипи в 15 %-ном растворе соляной кислоты, подогретом в ванне до температуры 60 °С. Процесс протекает при включенной вентиляции. Для изготовления ванн применяют дорогие кислотоустойкие материалы. Несмотря на простоту процесса, следует учитывать, что он требует больших затрат на обеспечение безопасных условий труда. Необходима нейтрализация раствора как оставшегося на поверхностях очищаемых деталей, так и находящегося в виде паров в вентиляционных каналах.

Широко применяют очистку деталей из алюминиевого сплава от прочных загрязнений потоком косточковой крошки, зернами полиэтилена или полиамида в струе сжатого воздуха. Однако эта очистка сопряжена с большими трудозатратами на непрерывное перемещение очищаемого изделия относительно эжекционного пистолета. Кроме того, для установки оборудования требуется углубление в полу. Большой расход сжатого воздуха для создания разрежения в эжекционном пистолете сопряжен с большими эксплуатационными расходами.

В производство внедрена очистка деталей от прочных загрязнений потоком стеклянных шариков диаметром 0,3...0,8 мм. Этот вид очистки по сравнению с очисткой деталей косточковой крошкой более производительный, здесь меньшая стоимость очистной среды, машина имеет меньшие габариты, а процесс легче механизмуется.

Для очистки ремонтируемых машин и их частей ГосНИТИ (Москва) разработал систему очистного оборудования, которая в свое время непрерывно совершенствовалась. Применительно к ремонту агрегатов с восстановлением их деталей эта система включает струйные машины ОМ-21610 и ОМ-1578 для наружной очистки агрегатов. Для очистки подбранных агрегатов и их узлов разработаны погружные машины ОМ-21602, ОМ-22608 и ОМ-22609. Для очистки масляных каналов в блоках цилиндров созданы машины ОМ-3600 и АКТЬ-180, для очистки каналов в коленчатых валах – ОМ-22601. Мелкие детали (толкатели, коромысла, клапаны, пружины и др.) очищают в колокольной машине ОМ-6068А с механизированной выгрузкой очищенных изделий.

Доля тепловой энергии на технологические нужды, затрачиваемой на очистку изделий, доходит до 70 %. Совершенствование этого процесса в направлении уменьшения расхода тепловой энергии актуально до настоящего времени.

Наибольшую долю резьборазборочных работ выполняют при общей разборке агрегатов.

В единичном производстве применяют универсальные наборы гаечных ключей (рожковых, накидных и в виде головок с воротками) и отверток. В условиях ремонтного завода резьбовые соединения разбирают с помощью гайковертов. Их применение повышает производительность труда в 3...5 раз и уменьшает число повреждений крепежных деталей.

Пневматические или электрические гайковерты бывают одношпиндельными или многошпиндельными.

Распространенный пневматический гайковерт УПГ-16 позволяет разборку соединений диаметром до 16 мм, развивает максимальный момент на ключе – 200 Нм, потребляет сжатый воздух под давлением 0,3...0,6 МПа, обладает массой 3,5 кг.

Электрические гайковерты оснащены высокочастотными электродвигателями, потребляющими ток частотой 200 Гц под напряжением 36 В.

Пневматические гайковерты имеют малый КПД (7...10 %) и издают сильный шум при работе. Электрические гайковерты имеют сравнительно высокий КПД (50...60 %) и требуют меньших эксплуатационных расходов на использование.

Применение многошпиндельных гайковертов для разборки групп резьбовых соединений повышает производительность труда в 6...8 раз по

сравнению с применением ручных гайковертов. Специализированные разборочные посты оснащают стационарными одношпindelными электрическими гайковертами, установленными на колоннах, или многошпindelными подвесными гайковертами.

Для сбора и перемещения крепежных деталей применяют ленточные транспортеры.

Прессоразборочные работы выполняют при узловой разборке с помощью ручных винтовых, механизированных пневматических или гидравлических устройств.

При небольших объемах производства прессовые соединения разбирают с помощью ручных винтовых съемников, которые используют мускульную энергию и развивают усилие до 50 кН.

Для разборки узлов автомобилей применяют, например, комплект съемников ОРГ-8947. Для выпрессовывания шарикового подшипника из торца коленчатого вала двигателя используют съемник 00Б-195-5-00.

Механические стенды и съемники повышают производительность труда в 3...5 раз по сравнению с ручными съемниками. Широкое применение получили пневматические (давление сжатого воздуха 0,4...0,6 МПа) и гидравлические (давление масла 10...25 МПа) приводы.

При выборе мощности разборочных средств необходимо учитывать, что моменты отворачивания резьбовых деталей после их длительной эксплуатации в 1,5...2,1 раза превышают значения моментов затяжки, а значения усилий для их разборки в 1,20...1,25 раза превосходят соответствующие значения сборочных усилий. Приложение вибраций к разбираемым соединениям уменьшает разборочные моменты и усилия.

Линейные размеры элементов деталей измеряют универсальными и специальными средствами. К универсальным средствам измерений относят штангенциркули, штангензубомеры, штангенглубиномеры, гладкие микрометры, индикаторные нутромеры и скобы. Для повышения производительности измерений широко применяют специальные средства – непроходные неполные предельные калибры.

Диаметры внутренних и наружных цилиндрических поверхностей измеряют в двух взаимно перпендикулярных плоскостях или в плоскости наибольшего износа. Ответственные резьбовые шейки измеряют резьбовыми калибрами.

Угловые размеры измеряют тригонометрическими устройствами или угломерами с нониусами.

Если деталь признают годной по линейным и угловым размерам, то проверку продолжают для выявления годности по параметрам формы и расположения поверхностей.

Отклонение от круглости измеряют кругломерами, от плоскостности – с помощью линеек, щупов или оптико-механических приборов. Отклоне-

ния от взаимного расположения поверхностей измеряют с помощью специальных средств, оснащенных рычажно-зубчатыми головками.

Зрительно неразличимые поверхностные усталостные трещины в деталях ремонтного фонда определяют магнитным (прил. 19), капиллярным или звуковым способами. Перспективно применение рентгено- и гаммадефектоскопии.

Внутренние полости некоторых деталей или соединения их стыков проверяют на герметичность (прил. 20). В качестве пробного вещества применяют воду, керосин или воздух. Наибольшее распространение в ремонтном производстве получили газовые манометрические способы. С помощью их контролируют блоки, головки и гильзы цилиндров, впускные трубы и газопроводы, корпуса воздухоочистителей и другие изделия.

При сортировке деталей применяют, как правило, качественный способ определения повреждений, т.е. устанавливают факт их наличия или отсутствия. Исключение составляет определение повреждений, способ устранения которых назначают в зависимости от размера этих повреждений (значений износов, длин трещин, площади пробоин и др.). В первую очередь находят повреждения, при наличии которых деталь выбраковывают.

Повреждение на детали помечают, а в соответствующем поле ведомости ставят знак «+». Отсутствие пометки означает годность элемента детали.

Учет состояния отдельных крупных деталей и партий мелких деталей служит основой прогноза трудоемкости и продолжительности восстановления этих деталей.

Из деталей ремонтного фонда двигателей в качестве годных можно выбрать: 23 % поршней, 30 % шатунных и 10 % коренных вкладышей, 20 % накладок ведомых дисков сцеплений, 50 % распределительных валов, 40 % толкателей, 15 % поршневых колец и 40 % поршневых пальцев. Оснащение рабочих мест сортировки деталей необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ по устранению несложных повреждений (забоин, погнутости и др.) приводит к значительному уменьшению затрат на ремонт агрегатов.

### **2.7.3. Особенности проектирования участка**

Участок взаимодействует со складом ремонтного фонда, складами деталей, ожидающих восстановления, и утиля, отделениями комплектования и сборки агрегатов. К участку относится отделение приготовления очистных растворов и их регенерации. Перемещение предмета труда при общей разборке и очистке организуют перпендикулярно направлению пролетов здания (см. раздел 1.3.2).

Оборудование участка размещают в порядке следования операций технологического процесса. Нормы расстояний между оборудованием участка и элементами здания приведены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Нормы расстояний между оборудованием разборочно-очистного участка и элементами здания

Определение отрезка	Расстояние, мм
От оборудования для наружной очистки машин или агрегатов до строительных конструкций	1000
От оборудования для наружной очистки машин до въездных и выездных ворот помещения	2000
От рабочих мест до выездных ворот или проема в машине для наружной очистки	2500
От машины на линии разборки до строительных конструкций и между машинами	2000
От разбираемой машины до поста узловой разборки	1500
От оборудования для наружной очистки до проезда	1000
Между единицами очистного оборудования	1500
От очистного оборудования до оборудования для узловой разборки	1000
Между рядами оборудования, расположенного фронтом друг к другу, с проездом между этими рядами шириной 2000 мм	4000
От тыльной стороны оборудования до проезда	250
От оборудования до подвешенного конвейера	1000
Между оборудованием, расположенным фронтом друг к другу	2000
Между оборудованием, расположенным в затылок друг к другу	1000

При проектировании участка учитывают следующее. Через участок перемещается вся масса ремонтного фонда. Работы, выполняемые на участке, весьма разнообразны и обладают большой трудоемкостью по разборке резьбовых и прессовых соединений. Работа очистных машин связана с интенсивным выделением тепла в окружающее пространство. На участке применяются и перемещаются десятки тонн очистного раствора, имеется сложная сеть вентиляционных устройств. Помещение с воздухом повышенной влажности загрязнено. Участок трудно поддается реконструкции, поскольку очистные машины взаимодействуют с цеховыми канализацией и вентиляцией, а перестановка этих машин связана с большими трудовыми и финансовыми затратами.

Выполнение разборочных работ на перемещающемся конвейере уменьшает транспортную работу, экономит время и сводит к минимуму перегрузку предмета труда. Подвесной конвейер, который является и складом ремонтируемых объектов, позволяет перемещать их между пролетами производственного здания, изменять направления движения и полно использовать производственную площадь. Если подвесной разборочный кон-

вейер выполнен с разветвительными (встречными) и собирательными (попутными) стрелками, то возможна остановка разборочного стенда с разбираемым изделием на разборочной позиции при движущейся тяговой цепи. Это позволяет организовать работы со свободным ритмом.

Рабочие места оснащены средствами для разборки резьбовых соединений (гайковертами) и прессовых соединений (съемниками), которые размещены на технологическом «потолке» и подвешены на пружинных или грузовых подвесках.

Разборочные позиции располагают по прямой линии. Крепежные детали падают на ленточный транспортер, грузовая лента которого совмещена с верхней плоскостью эстакады, на которой установлено разборочное оборудование и находятся рабочие, а холостая ветвь движется в технологическом «подвале». Ленточный транспортер подает собранные крепежные детали в очистную машину барабанно-погружного типа. Очищенные метизы поступают на стол сортировщика.

Шторки и открывающиеся крышки очистных машин находятся в зоне действия вентиляционных зонтов. Для рационального использования производственной площади сами вентиляторы выносят на крышу здания, а воздуховоды к ним выводят по колоннам здания.

Очистные машины имеют большие размеры (2...10 и более м), поэтому они устанавливаются друг от друга и от элементов здания на расстоянии не менее чем 1,2 м. Желательно их устанавливать на расстоянии 5...6 м от окон помещения, чтобы не затемнять его.

Пример планировочного решения разборочно-очистного участка автомобильных двигателей приведен на рис. 2.2.

Отделение сортировки деталей ограничивают проходом или размещают в отдельном помещении. Нормы расстояний между оборудованием и элементами здания приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12

Нормы расстояний между оборудованием отделения сортировки деталей и элементами здания

Определение отрезка	Расстояние, мм
От конвейера до тыльной стороны оборудования	1500
От конвейера до оборудования, расположенного фронтом к конвейеру	2000
Между тыльными сторонами оборудования	1700
Между рабочими местами, расположенными в затылок	1500
От торца очистной машины до рабочего места	4000

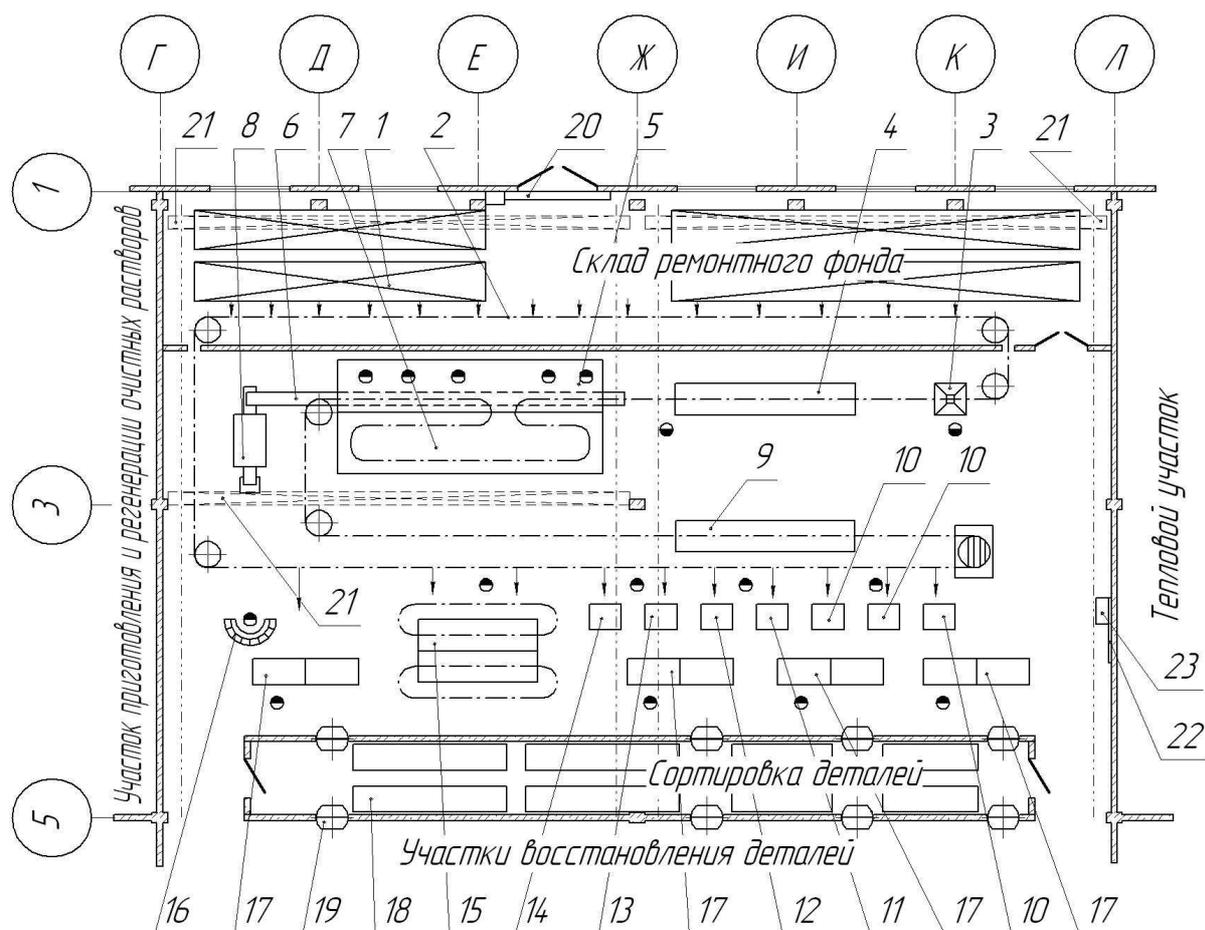


Рис. 2.2. Планировка участка разборки двигателей, очистки и сортировки деталей: 1 – подставка под двигатели; 2 – подвесной конвейер; 3 – емкость для масла; 4 – струйная машина для наружной очистки; 5 – эстакада; 6 – ленточный транспортер для метизов; 7, 9 – погружные очистные машины; 8 – барабанно-шнековая машина для очистки метизов; 10 – погружная машина для очистки деталей; 11 – машина для очистки деталей косточковой крошкой; 12 – машина для очистки деталей стеклянными шариками; 13 – машина для очистки деталей от накипи; 14 – машина для очистки масляных каналов; 15 – машина для очистки деталей в расплаве солей и щелочей; 16 – стенд для сортировки метизов; 17 – стенд для определения трещин и сортировки деталей; 18 – стеллаж для деталей; 19 – поворотный стеллаж; 20 – тепловая завеса; 21 – кран-балка ( $q = 2 \text{ тс}$ ); 22 – противопожарный щит; 23 – ящик с песком

#### 2.7.4. Задание на проектирование участка

Разработать планировку разборочно-очистного участка мотороремонтного завода с поточной организацией труда. Для этого:

- выбрать согласно указанию преподавателя вид ремонтируемого двигателя и объемы ремонта из табл. 2.13 и принять двухсменный режим работы участка;
- составить технологический процесс, выполняемый на участке;
- выбрать технологическое оборудование и определить его количество;

Варианты заданий на проектирование участка

№ варианта	Ремонтируемый агрегат	Объемы выпуска, тыс. в год
1	двигатель УМЗ-451М	6,3
2	двигатель УМЗ-451М	10
3	двигатель УМЗ-451М	16
4	двигатель ЗМЗ-24	6,3
5	двигатель ЗМЗ-24	10
6	двигатель ЗМЗ-24	16
7	двигатель ЗМЗ-53	6,3
8	двигатель ЗМЗ-53	10
9	двигатель ЗМЗ-53	16

- подготовить темплеты оборудования;
- определить численность рабочих и распределить их по рабочим местам;
- считать, что участок расположен поперек двух пролетов здания, каждый из которых шириной 18 м;
- выбрать транспортирующее оборудование участка;
- на листе будущей планировки показать сетку колонн здания и расставить темплеты оборудования в соответствии с технологическим процессом и нормами технологического проектирования;
- предварительно определить площадь участка;
- назначить проходы и проезды участка и путем оптимизации уточнить его площадь;
- изобразить планировку участка и рассчитать коэффициент использования его производственной площади.

## 2.8. Участок восстановления деталей

*Цель* занятия – приобрести навыки разработки современного участка восстановления деталей.

### 2.8.1. Технологический процесс и организация участка восстановления деталей

*Восстановление деталей* – это технологический процесс возобновления их исправного состояния и ресурса путем возвращения утраченной части материала из-за изнашивания и (или) доведения до нормативных значений свойств, изменившихся за время длительной эксплуатации.

Деталь ремонтируемого агрегата во время своего превращения в исправную деталь последовательно пребывает в таких состояниях (рис. 2.3): детали ремонтного фонда, исходной и ремонтной заготовок и восстановленной детали. Такое превращение обусловлено изменением геометрических параметров, химического состава поверхностных слоев, их структуры (в т. ч. дислокационной) и внутренних напряжений.

РАЗБОРКА АГРЕГАТОВ



Детали ремонтного фонда



Рис. 2.3. Схема технологического процесса восстановления деталей

*Исходная* заготовка – это очищенная деталь ремонтного фонда с устранимыми повреждениями.

Исходная заготовка в общем случае превращается в *ремонтную* заготовку путем создания припусков на восстанавливаемых поверхностях, а ремонтная заготовка в восстановленную деталь – в результате термической и механической обработки.

Чистоту поверхностей деталей восстанавливают путем их очистки от эксплуатационных и технологических загрязнений.

Исходные заготовки выбирают из деталей ремонтного фонда при определении их технического состояния. Эти заготовки делят на группы с одинаковыми сочетаниями устраняемых повреждений и партиями направляют на соответствующие участки восстановления. Работы по очистке деталей ремонтного фонда и определению их технического состояния чаще выполняют на разборочно-очистном участке.

Предварительная обработка заготовок резанием придает восстанавливаемым элементам правильную геометрическую форму перед нанесением некоторых покрытий или установкой дополнительных ремонтных деталей (ДРД).

Ремонтное производство располагает хорошо изученным множеством способов создания припусков на обработку резанием восстанавливаемых поверхностей. Некоторые детали (валы, гильзы, поршни и др.) допускают восстановление их шеек, отверстий и плоскостных элементов обработкой под ремонтные размеры. В таком случае ремонтные заготовки получают из исходных заготовок без нанесения покрытий или перемещения материала.

Если ремонтные размеры детали не предусмотрены или они исчерпаны, то ремонтную заготовку создают нанесением восстановительного покрытия или установкой и закреплением ДРД, или перемещением материала заготовки пластическим деформированием. Затем следует размерная и структурная стабилизация элементов детали путем отжига.

Износостойкость трущихся поверхностей зависит от состава восстановительных покрытий, термической обработки, обработки резанием и поверхностного пластического деформирования.

Прочность детали восстанавливают путем придания ее сечениям первоначальных размеров или установкой и закреплением ДРД. Сплошность и герметичность стенок деталей восстанавливают сваркой, установкой и закреплением ДРД и пропиткой герметизирующими составами.

Взаимное расположение, форму, размеры и шероховатость рабочих поверхностей восстанавливают обработкой резанием этих поверхностей в большинстве случаев после нанесения восстановительных покрытий.

При черновой обработке снимают основную часть операционного припуска. Если условно разделить эту операцию на две части, то в первой ее части обеспечивают нужное взаимное расположение поверхностей де-

тали, а во второй – форму ее геометрических элементов. Точность взаимного расположения поверхностей обеспечивают выбором технологических баз и ориентированием детали относительно движущегося инструмента, а точность формы – жесткостью и точностью оборудования, выбором инструмента и режимов обработки. Взаимное расположение поверхностей заготовки в ряде случаев может быть восстановлено и пластическим деформированием ее материала в результате правки.

В результате чистовой обработки достигают заданную точность размеров. Назначение отделочных операций заключается в снятии разупроченного слоя в результате предыдущей механической обработки и обеспечении требуемой шероховатости поверхностей.

Коррозионную стойкость детали восстанавливают нанесением защитных покрытий (металлических, лакокрасочных или композиционных на полимерной основе).

Усталостную прочность элементов, воспринимающих циклическую нагрузку, и жесткость детали восстанавливают, соответственно, поверхностным и объемным пластическим деформированием материала. Назначение поверхностного пластического деформирования – закрыть микротрещины и создать наклепанный слой с остаточными напряжениями сжатия. Объемное пластическое деформирование создает наклеп в рабочем объеме детали.

Необходимое значение массы детали и ее распределение относительно осей вращения и инерции достигают установкой уравнивающих грузов необходимой массы в определенных местах детали или соответствующим удалением части ее материала.

На обработанных деталях находятся технологические загрязнения (стружка, зерна абразивного инструмента, остатки СОЖ, полировальные пасты и др.), которые способны в течение нескольких минут работы вызвать отказ системы смазки отремонтированного агрегата или агрегата в целом. Детали, направляемые на сборку, должны быть очищены от этих загрязнений. Особое внимание уделяют очистке масляных каналов и внутренних полостей.

Операция контроля, оснащенная средствами для измерения геометрических параметров, физико-геометрических свойств и других характеристик, заключается в установлении соответствия параметров восстановленной детали требованиям технической документации (чертежа или карты технического контроля). По ее результатам принимают решение о годности детали.

Консервационную защиту деталей до 3...5 дней обеспечивают технические моющие средства, применяемые для очистки деталей от технологических загрязнений. Для более длительного хранения (это относится к деталям, предназначенным для продажи) необходима специальная консервация маслами, промасленной бумагой, парафиносодержащими и другими материалами.

Технологические операции указанных типов выполняют на любом ремонтном предприятии, однако число освоенных видов каждой операции зависит от мощности и технического уровня отдельного завода.

Участки по восстановлению деталей организуют на основе предметной специализации. Если на участке восстанавливают детали одного типа (корпусные, валы, гильзы и др.), то его создают из переналаживаемого оборудования, а если – одного вида (наименования), то оснащают переналаживаемым оборудованием.

Участок, оснащенный специализированным или специальным точным и производительным оборудованием, позволяет:

- обеспечить нормативные значения показателей, а также стабильность структуры и свойств наносимых покрытий;
- достичь высокой производительности труда;
- добиться при достаточных объемах производства снижения себестоимости продукции.

На специализированных участках восстановления деталей целесообразно восстанавливать 12...15 % наименований основных деталей, оказывающих наибольшее влияние на долговечность или безопасность отремонтированных агрегатов (табл. 2.14). Трудоемкость их восстановления составляет 35...40 % от общей трудоемкости восстановления всех деталей, а масса – 75...85 % от массы агрегатов.

Таблица 2.14

Характеристика восстанавливаемых деталей на специализированных участках

Детали	Характеристика		
	лимитирующие ресурс агрегата	влияющие на безопасность агрегата	массовые
Корпусные детали (блок цилиндров, картер редуктора, станина станка)	+	–	–
Головки цилиндров	+	–	–
Валы коленчатые и распределительные	+	–	–
Валы трансмиссионные	+	–	–
Гильзы цилиндров	+	–	+
Шатуны, коромысла	+	–	+
Клапаны, толкатели	+	–	+
Колеса зубчатые	+	–	+
Распылители, гильзы и плунжеры форсунок	+	–	–
Опорные катки	+	+	+
Звенья гусениц	+	+	+
Крестовины кардана	+	+	+
Шкворни, цапфы	+	+	–
Лемеха, сошники	+	–	+

При определении целесообразности создания специализированных участков рассчитывают себестоимость восстановления детали, имеющей наибольшее число повреждений, и определяют минимальные объемы выпуска. Эту целесообразность определяют на основании анализа следующих данных:

- соотношения между затратами на создание участка, оборотного ремонтного фонда деталей и их перевозку, с одной стороны, и снижением себестоимости восстановления деталей за счет увеличения его объема, с другой стороны;

- соотношения между затратами на организацию участка по восстановлению деталей заданной номенклатуры и на их производство на заводе-изготовителе;

- влияния срока службы восстановленных деталей на послеремонтную наработку агрегатов, составными частями которых они являются.

Работу участка организуют, как правило, по типовой или модульной технологии.

### **2.8.2. Оборудование участка**

На участке применяют универсальное, специализированное или специальное оборудование для определения технического состояния деталей, нанесения покрытий, механической и термической обработки заготовок, очистки, контроля и консервации деталей.

Низкая цена, высокая производительность и достаточное качество восстановления деталей достигаются при использовании специального оборудования на ответственных технологических операциях. Это оборудование, например, позволяет получить заданную точность механической обработки (5-й и 6-й качества для валов) и, как следствие, достичь нормативного ресурса деталей. Для эффективного использования этого оборудования необходима его полная загрузка, которая достигается увеличением объемов производства путем его концентрации и специализации.

В соответствии с технологическим процессом восстановления детали применяют металлорежущее, для нанесения покрытий, прессовое, термическое, очистное и контрольно-измерительное оборудование.

### **2.8.3. Планировка участка**

Участки восстановления деталей располагают в средних пролетах здания между разборочно-очистным и комплектовочно-сборочным участками.

На рис. 2.4 приведена планировка участка восстановления одной из основных деталей – коленчатого вала двигателя КамАЗ-53212 с годовой производительностью 10 тыс. деталей. На участке выполняют следующие операции:

- трехкратное выявление усталостных трещин;
- правку детали перед предварительной механической обработкой, после наплавки и после закалки;
- зенкерование центровых отверстий;

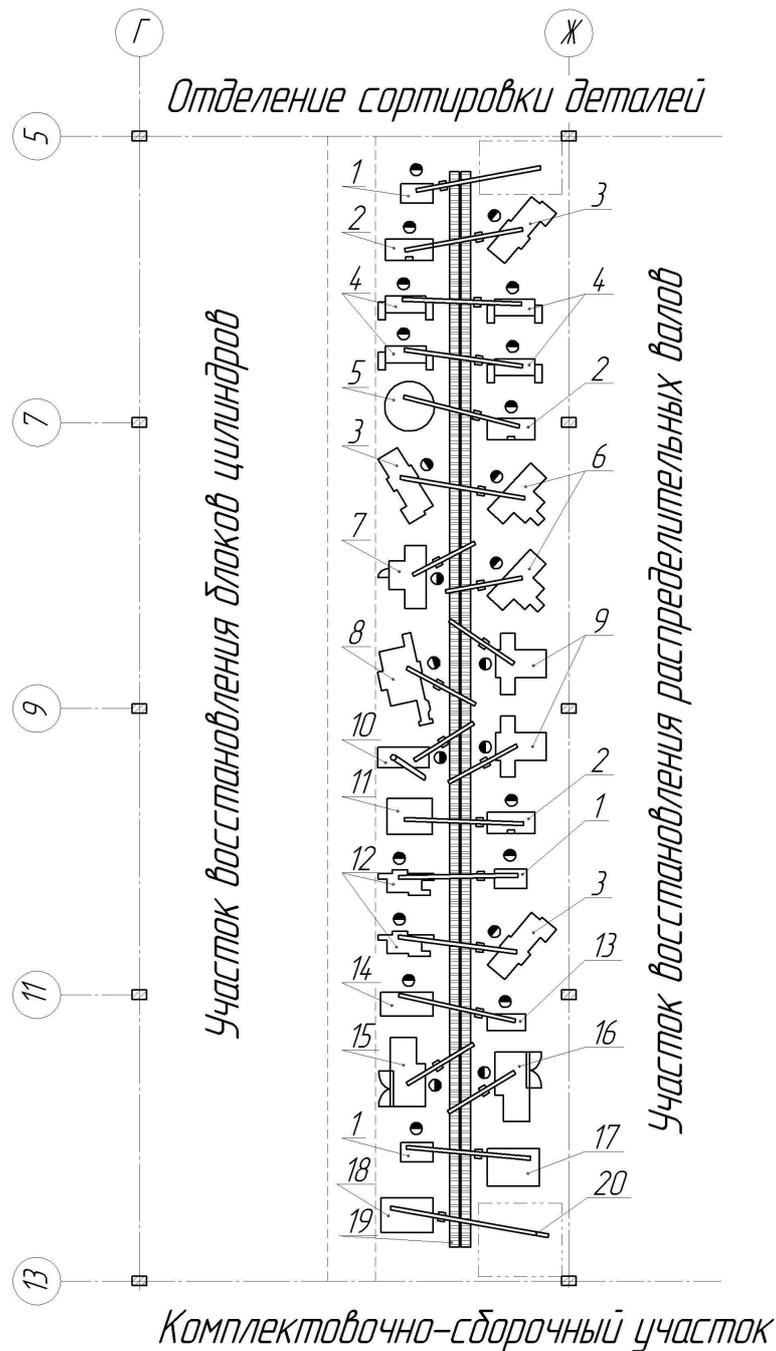


Рис. 2.4. Схема планировки участка восстановления коленчатых валов двигателей КамАЗ-53212: 1 – магнитный дефектоскоп МД-50П; 2 – пресс гидравлический П-6326; 3 – станок токарно-винторезный 16К20; 4 – станок наплавочный У-653М; 5 – печь электрическая шахтная СШО-10.10/10М1; 6 – станок круглошлифовальный 3М152; 7 – станок круглошлифовальный 3В423; 8 – полуавтомат торцешлифовальный 3342А; 9 – станок горизонтально-фрезерный 6Р83Г; 10 – станок радиально-сверлильный 2К52; 11 – стенд для закалки ТВЧ шеек (обслуживается высокочастотным генератором ВЧГ-100/0,66 УЧ); 12 – полуавтомат круглошлифовальный ХШ2-12Н; 13 – стенд сборочный 70-7362-1518; 14 – станок балансировочный МС-9716; 15 – полуавтомат суперфинишный 3875К; 16 – полуавтомат полировальный 3835К; 17 – установка для очистки ОМ-3600; 18 – ванна для роликовой 12398; 20 – склиз

- растачивание отверстия под подшипник для установки ДРД;
- запрессовывание ДРД;
- черновое растачивание отверстия в ДРД и снятие фаски;
- установку графитовых стержней в масляные каналы;
- наплавку коренных и шатунных шеек, фланца, шпоночных пазов, шеек под сальник, шкив и шестерню;
- нормализацию;
- точение шеек под шкив и шестерню, фланца (с подрезкой торца) и канавок;
- черновое шлифование коренных и шатунных шеек и шейки под сальник;
- шлифование шеек под шкив и шестерню, фланца и торцов шеек;
- фрезерование пазов под шкив и шестерню, калибрование резьбы;
- накатывание рифления на поверхности шейки под сальник;
- чистовое шлифование шейки под сальник;
- сверление заплавленных каналов и зенкерование фасок;
- закалку коренных и шатунных шеек;
- чистовое шлифование коренных и шатунных шеек;
- чистовое растачивание отверстий под подшипник и фаску;
- ввертывание пробок в масляные каналы;
- динамическую балансировку вала;
- суперфиниширование коренных и шатунных шеек;
- полирование коренных и шатунных шеек;
- очистку от технологических загрязнений;
- контроль и консервацию.

Одна из частей курсового или дипломного проекта по сути является разработкой участка восстановления детали.

#### **2.8.4. Задание на проектирование участка**

Разработать планировку участка восстановления детали мотороремонтного завода с поточной организацией труда. Для этого:

- выбрать согласно указанию преподавателя вид восстанавливаемой детали и объемы выпуска из табл. 2.15 и принять двухсменный режим работы участка;
- составить технологический процесс восстановления детали;
- выбрать технологическое оборудование и определить его количество;
- подготовить темплеты оборудования;
- определить численность рабочих и распределить их по рабочим местам;
- считать, что участок расположен в среднем пролете здания шириной 18 м;

Варианты заданий на проектирование участка

№ варианта	Ремонтируемый агрегат	Объемы выпуска, тыс. в год
1	блок цилиндров двигателя УМЗ-451М	10
2	блок цилиндров двигателя ЗМЗ-24	6,3
3	блок цилиндров двигателя ЗМЗ-53	16
4	коленчатый вал двигателя УМЗ-451М	10
5	коленчатый вал двигателя ЗМЗ-24	6,3
6	коленчатый вал двигателя ЗМЗ-53	16
7	распределительный вал двигателя УМЗ-451М	10
8	распределительный вал двигателя ЗМЗ-24	6,3
9	распределительный вал двигателя ЗМЗ-53	16
10	шатун двигателя УМЗ-451М	10
11	шатун двигателя ЗМЗ-24	6,3
12	шатун двигателя ЗМЗ-53	16

- выбрать подъемно-транспортное оборудование участка;
- на листе будущей планировки показать сетку колонн здания и расставить темплеты оборудования в соответствии с технологическим процессом и нормами технологического проектирования;
- предварительно определить площадь участка;
- назначить проходы и проезды участка и путем оптимизации уточнить его площадь;
- изобразить планировку участка и рассчитать коэффициент использования производственной площади.

## 2.9. Гальванический участок

*Цель* занятия – приобретение навыков в проектировании производственных участков нанесения восстановительных и защитных покрытий.

### 2.9.1. Технологический процесс нанесения покрытий. Особенности технологических расчетов

В ремонтном производстве наибольшее применение получили железнение, хромирование и цинкование. Первые два процесса обеспечивают получение износостойких покрытий, а последний – как износостойких, так и защитных. Цинк надежно защищает стальные изделия от коррозии.

Типовой процесс нанесения гальванических покрытий (рис. 2.5) содержит подготовительные операции, осаждение металла и заключительные операции. Процесс должен обеспечить получение покрытий с заданными физико-механическими свойствами и достаточной прочностью их соединения с основой.



Рис. 2.5. Схема технологического процесса нанесения электрохимических покрытий

Подготовительные операции включают механическую обработку восстанавливаемых поверхностей, их очистку, установку деталей на подвески и защиту мест, не подлежащих восстановлению, обезжиривание, травление и анодную обработку. Осаждение металла составляет основную часть процесса. Последующие операции состоят из промывки деталей в дистиллированной воде для сбора электролита на деталях, нейтрализации

его остатков, промывки в горячей и холодной водах, снятия деталей с подвесок и удаления изоляции, сушки и термообработки (при необходимости).

Покрyтия наносят в стационарных ваннах, вращающихся барабанах или колоколах. При восстановлении шеек крупных валов и поверхностей отверстий под подшипники в корпусных деталях применяют вневаннные способы нанесения покрyтий.

Основное время  $t_o$  осаждения электрохимического покрyтия определяют по формуле

$$t_o = \frac{10h\gamma}{CD_k\alpha}, \text{ ч}, \quad (2.1)$$

где  $h$  – толщина покрyтия, мм;  $\gamma$  – плотность осаждаемого металла, г/см<sup>3</sup>;  $C=A/ZF$  – электрохимический эквивалент, г/А·ч,  $A$  и  $Z$  – атомная масса и валентность осаждаемого элемента;  $F$  – число Фарадея, равное количеству электричества, которое нужно пропустить через электролит для выделения на электроде одного грамм-эквивалента вещества, 96484 Кл/г-экв.;  $D_k = I/S_k$  – плотность тока, А/дм<sup>2</sup> (здесь  $I$  – сила тока, А;  $S_k$  – площадь катода, дм<sup>2</sup>);  $\alpha$  – коэффициент выхода по току в долях единицы.

*Пример.* Определить время  $t_o$  нанесения железного покрyтия ( $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>) на восстанавливаемые поверхности деталей площадью  $S_k = 3$  дм<sup>2</sup> толщиной  $h = 0,3$  мм при силе тока  $I = 45$  А, если выход по току составляет  $\alpha = 0,85$ .

*Решение*

Электрохимический эквивалент железа равен

$$C = m_o/F,$$

где  $m_o$  – масса моля железа равна  $55,84:2 = 27,92$  г-экв.,

$$C = 27,92:96484 = 2,893 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 1,042 \text{ г/А} \cdot \text{ч}.$$

Катодная плотность тока

$$D_k = I:S_k = 45:3 = 15 \text{ А/дм}^2.$$

Согласно закону Фарадея время нанесения покрyтия равно

$$t_o = \frac{10h\gamma}{CD_k\alpha} = \frac{10 \cdot 0,3 \cdot 7,8}{1,042 \cdot 15 \cdot 0,85} = 1,76 \text{ ч}.$$

При нанесении покрyтия во вращающихся барабанах или колоколах основное время, рассчитанное по формуле (2.1), увеличивают на 25 %. Количество гальванических ванн определяют по формуле (1.26). Численность явочных рабочих с учетом длительного вспомогательного времени определяют по формуле (1.46).

В механизированном производстве участие рабочего исключается только в операциях нанесения покрытия, но подготовительные и заключительные операции выполняют вручную на верстаках или в ваннах.

На автоматических линиях все операции, за исключением установки деталей на подвески и снятия с подвесок, выполняют без участия рабочего по заданным режимам с помощью механизмов.

### 2.9.2. Оборудование участка

Перед нанесением покрытий заготовки обрабатывают на оборудовании механического цеха или на станках гальванического участка. Наибольшее применение получили универсальные шлифовально-полировальные станки 3А852, 3853, 3854, 3854А и 3855. Для ленточного шлифования и полирования заготовок, имеющих форму тел вращения, применяют полуавтоматы 3841 и универсальные агрегаты типа ШП-А. Станки могут быть одно- или двухшпиндельными.

В качестве инструмента в шлифовально-полировальных станках применяют бесконечную ленту из шлифовального полотна, брезента или специальной ткани, на поверхности которой закреплены абразивные зерна.

Для очистки заготовок от загрязнений применяют оборудование с вращающимися барабанами, колоколами, вибрационные установки, ванны для обезжиривания, химической и электрохимической обработки.

Применяют барабаны и колокола цилиндрической, многогранной, конусной или бочкообразной формы. В цилиндрических барабанах скорость обработки ниже, чем в граненых. Наилучшего качества очистки достигают при обработке в восьмигранных барабанах. Рабочее пространство барабана или колокола заполняют органическим растворителем или раствором технического моющего средства. Барабаны после заполнения их очищаемыми заготовками закрывают крышками. Загрузочное отверстие колокола при работе открыто.

Частоту вращения барабана или колокола  $n$  принимают равной

$$n = 21 : \sqrt{d}, \text{ мин}^{-1}, \quad (2.2)$$

где  $d$  – внутренний диаметр барабана, м.

Вибрационные установки служат для шлифования и полирования заготовок перед нанесением покрытия. Обработка основана на механическом воздействии абразива на поверхность заготовок в процессе их взаимного перемещения. Заготовки и абразив помещают в контейнер, который приводят в колебательное движение с частотой 25...50 Гц с амплитудой 1...5 мм. В качестве абразива при шлифовании применяют бой абразивных кругов, а при полировании – порошки оксидов железа, хрома, алюминия, а также мрамор

и мел. Заготовки занимают до 30 % вместимости контейнера, а абразив – до 60 %. Обработка протекает в растворах технических моющих средств.

Ванны для механического обезжиривания заполняют органическими растворителями или щелочными растворами с ПАВ.

При химическом обезжиривании заготовки погружают в горячий щелочной раствор (60...80 °С) и выдерживают их в течение 5...60 мин. Сущность электрохимической обработки заключается в том, что заготовки, погруженные в щелочной раствор, включаются в цепь электрического тока в качестве катода или анода. При этом на поверхностях электродов бурно выделяются пузырьки водорода или кислорода, которые эмульгируют жиры и масла, разрывая и отрывая их пленки.

Для химического травления применяют ванны с кислотными растворами. Для ускорения процесса и уменьшения расхода кислоты к заготовкам и электродам прикладывают напряжение, при этом травление становится электрохимическим.

Наибольший объем работ по нанесению покрытий выполняют в стационарных гальванических ваннах, размеры которых нормализованы (прил. 21). Применяют также барабанные и колокольные ванны для мелких заготовок, конвейерные автоматические комплексы в условиях крупносерийного и массового производства. Процессы железнения и хромирования ведут в стационарных ваннах, а цинкование, как правило, – в барабанных или колокольных ваннах.

Стационарные ванны содержат емкость с запасом электролита, катодные и анодные штанги, электроды, систему нагрева, фильтрации и перемешивания электролита, приборы регулирования температуры электролита и массовой доли основных составляющих.

Ванны имеют бортовые вентиляционные отсосы с одной или с двух сторон.

Стальные части ванны, соприкасающиеся с кислотными электролитами, футеруют свинцом, резиной, полимерными или керамическими материалами.

Электрический ток к электродам подводится через продольные медные или латунные штанги диаметром 15...40 мм, монтируемые на бортах ванны в изоляторах. Одна пара штанг соединена с положительным полюсом источника, а другая – с отрицательным. На каждую пару штанг размещают по несколько поперечных штанг, свободное перемещение которых позволяет устанавливать нужное катодно-анодное расстояние. Ванны не заземляют, а устанавливают на изоляторах ОФ-6-375 или ОФ-10-750. Паровую и водяную арматуру также изолируют от ванн.

Нагрев или охлаждение раствора выполняют змеевики с теплоносителем. Если змеевики соприкасаются с горячими сернокислыми электролитами, то их изготавливают из титана, свинца, освинцованной или коррозионно-стойкой стали. При внутреннем способе нагрева наблюдается неравномерность температуры электролита. Для нагрева хромовых электролитов, чувствительных к изменению температуры, применяют внешний их нагрев посредством пропускания пара через пароводяную рубашку между двумя ваннами, вставленными одна в одну.

Чтобы повысить производительность процесса (увеличить допустимую плотность тока) и улучшить свойства покрытий ванны снабжают устройствами для перемешивания и фильтрации электролита, встряхивания или качания катодных штанг.

Передвижные фильтрационные установки (УФ-0,5) содержат насос и фильтр из ткани (сукна, полотна, стеклоткани), который задерживает механические примеси. Насосы изготовлены из химически стойких материалов. Например, насос ЦКН-7 с подачей  $7 \text{ м}^3/\text{ч}$  изготовлен из керамики.

Выпрямители различной мощности преобразуют (выпрямляют) переменный ток в постоянный. Выпрямитель включает понижающий трансформатор, полупроводниковые элементы, пускорегулирующую и измерительную аппаратуру.

Из германиевых, селеновых и кремниевых выпрямителей в ремонтном производстве наибольшее применение получили последние. Выпрямители плавно изменяют ток в пределах  $10 \dots 100 \%$  с погрешностью  $\pm 10 \%$ .

Освоен выпуск более совершенных тиристорных выпрямителей серий ТЕ, ТЕР, ТВ, ТВР и ТВИ, обладающих меньшими пульсацией выпрямленного тока и габаритами, большими КПД и точностью стабилизации тока и напряжения. Буквы в названии серий обозначают: Е – охлаждение естественное воздушное; В – охлаждение водяное; Р – реверсивный; И – импульсный. Характеристика выпрямителей приведена в прил. 22.

### **2.9.3. Особенности составления планировок**

Участок нанесения гальванических покрытий включает блок помещений (рис. 2.6). Основное помещение, в котором установлены гальванические ванны, оборудовано канализацией, приточно-вытяжной вентиляцией, подводом воды, пара и электроэнергии. Контакт рабочих с гальваническими ваннами должен быть минимальным во времени. Во вспомогательном помещении собирают и разбирают подвески с заготовками, здесь имеются стеллажи, шкафы и приборы химической лаборатории. Может быть выделено агрегатное отделение, в котором устанавливают источники тока, вентиляторы и калориферы. В бытовом помещении предусматривают

чистку и сушку рабочей одежды и обуви. Участок обслуживается отделением обезвреживания отходов.

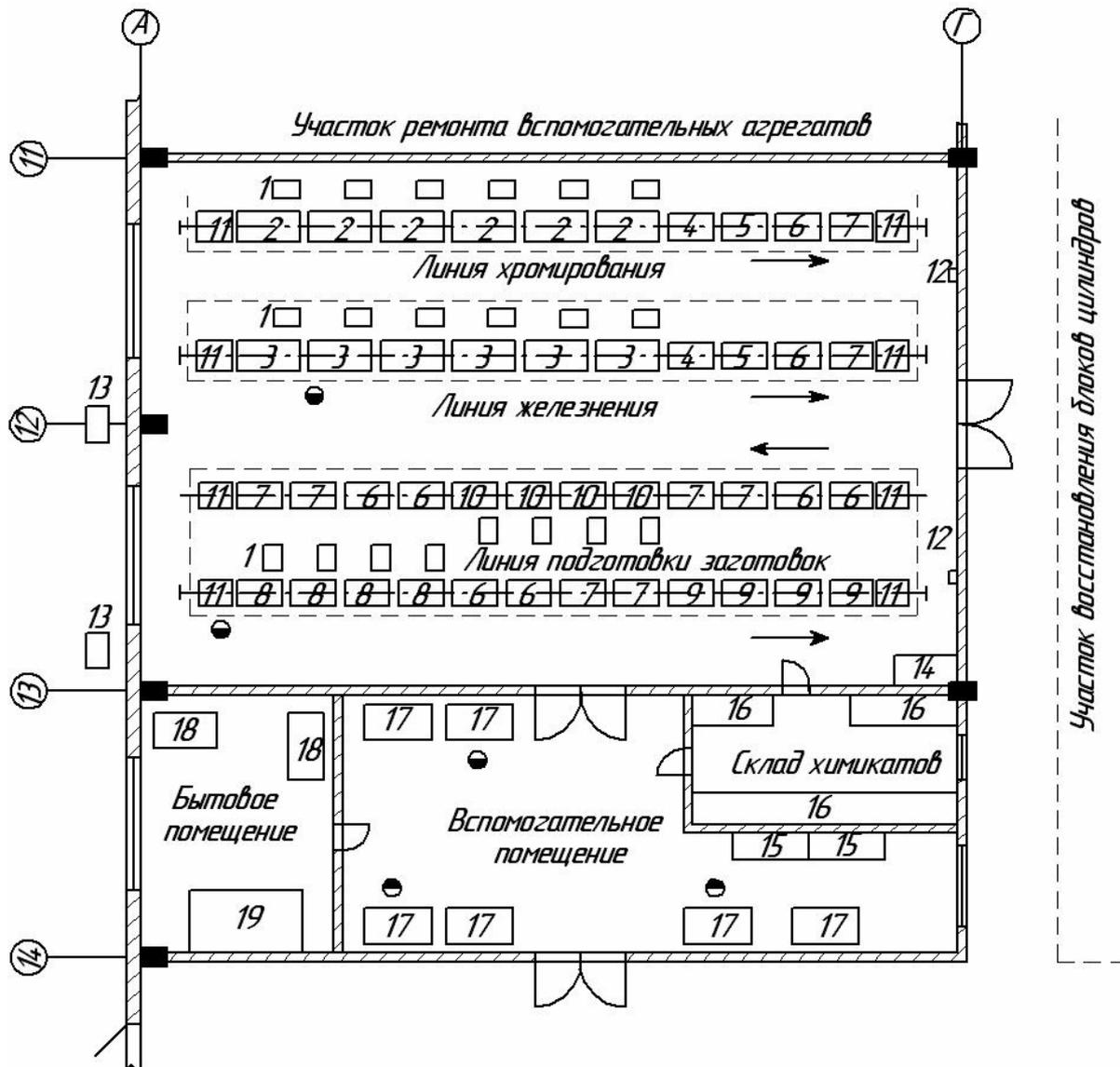


Рис. 2.6. Планировка гальванического участка: 1 – источник питания; 2 – ванна для хромирования; 3 – ванна для железнения; 4 – ванна с дистиллированной водой; 5 – ванна для нейтрализации; 6 – ванна с горячей водой; 7 – ванна с холодной водой; 8 – ванна для электрохимического обезжиривания; 9 – ванна для химического травления; 10 – ванна для анодного травления; 11 – стол для подвесок с деталями; 12 – раковина; 13 – вентилятор; 14 – противопожарный щит; 15 – стеллаж для деталей; 16 – стеллаж для химикатов; 17 – стол для сборки подвесок; 18 – стол бытовой; 19 – сушильный шкаф для одежды

Наибольший объем проектных работ связан с организацией процессов нанесения покрытий. Оборудование размещают в порядке операций технологического процесса с соблюдением норм технологического проектирования (табл. 2.16).

Нормы расстояний между оборудованием гальванического участка  
и элементами здания

Определение отрезка	Расстояние, мм
От подготовительных и гальванических ванн и выпрямителей до строительных конструкций: – при расположении рабочего между ванной и стеной – при отсутствии рабочего	1500 1000
Между ваннами одного ряда, обслуживающими один технологический процесс	100...200
Между рядами ванн, расположенными фронтом к проезду шириной 2000 мм	4000
Между рядами ванн, расположенными тыльной стороной к проезду шириной 2000 мм	3000
Между выпрямителями и ваннами: – при нахождении рабочего между ними – при его отсутствии	1500 200
Между выпрямителями	800

Высота верхнего края ванны над уровнем напольных решеток должна быть 0,9...1,0 м, при большей высоте должны быть площадки или ступенчатые приставки.

Для обеспечения обслуживания арматуры гальванических ванн, работающей в тяжелых условиях и требующей частой замены своих частей, ванны устанавливают на эстакаде, в которой устраивают подходы к арматуре.

Гальванические ванны, как правило, устанавливаются вдоль длинной стороны помещения в одну или две линии. Учитывая, что процессы железнения и хромирования содержат одинаковые операции в начале и конце процессов, эти операции можно выполнять в одних и тех же ваннах, что позволит сократить потребность в производственной площади и упростить устройство вентиляции, канализации, водо- и энергоснабжения.

Установка выпрямителей на расстоянии 200 мм от ванн обеспечивает минимальные потери электрической энергии.

Поточное автоматизированное производство сокращает трудоемкость работ и создает безопасные условия труда на участке.

По принципу действия автоматические линии бывают перенастраиваемые и неперенастраиваемые. Первые предназначены для одного технологического процесса, а вторые позволяют изменять технологический процесс без переделки линии.

Над рядами ванн, с целью автоматизации процесса, на монорельсе устанавливают один или несколько автооператоров. Автооператор забирает подвески с заготовками (или барабан) с монтажного стола, по определенной программе устанавливает их на катодные штанги, выдерживает над

каждой из ванн, перемещает из ванны в ванну и устанавливает на верстак разборки подвесок (или барабана). Автооператор представляет собой транспортную тележку, оснащенную приводами горизонтального перемещения, подъема, поворота и опускания. Один автооператор обслуживает 8...10 ванн. Движениями автооператора управляет командоаппарат. Ванны, обслуживаемые автооператором, могут быть расставлены по прямой или окружности.

При проектировании гальванического участка предусматривают возможность хранения уличной одежды, спецодежды и обуви рабочих в шкафу.

Приточно-вытяжная вентиляция включает общую и местную (бортовые отсосы) системы. Местную вентиляцию не предусматривают у ванн, которые заправлены холодными кислотными электролитами для активации и пассивирования поверхностей заготовок.

Бортовые отсосы соединяют с вентилятором с помощью бетонных подпольных каналов и стальных воздухопроводов. Каналы имеют уклон 1:150 к сборнику конденсата. Вентилятор выбрасывает загрязненный воздух через вытяжную шахту на высоту более 1,5 м выше конька крыши.

Разрежение, создаваемое вытяжной вентиляцией, компенсируется в летнее время естественным притоком воздуха через открытые окна и форточки, а в зимнее время – приточной вентиляцией, содержащей калорифер для подогрева воздуха. Количество нагнетаемого воздуха должно составлять 85...90 % от отсасываемого. Приточный воздух подается равномерно через воздухораспределительные короба, расположенные не ниже 2,5...3,0 м от поверхности пола.

Приточно-вытяжная вентиляция включается не позже, чем за 15 мин до начала работы и выключается через 15 мин после окончания смены. Ванны с вредными веществами по окончании работы закрываются крышками. Из ванны с горячим раствором выделяется меньше паров, если на поверхности раствора плавают пластмассовые шарики.

На участок подведена питьевая вода, имеется раковина для мытья рук. Для нейтрализации кислотных растворов, которые могут попасть на кожные покровы рабочего, имеются готовые растворы мела.

Пол и стены помещений облицовывают кислотостойкой плиткой. На участке предусматривают аварийное освещение.

Отходы гальванического производства представляют серьезную опасность окружающей среде (почве и воде). Сточные воды этого производства из ванн химической и электрохимической обработки и нанесения покрытий содержат различные токсичные химические соединения – сво-

бодные минеральные кислоты и щелочи, соединения шестивалентного хрома и др.

Применяют ионообменные (катионитовые и анионитовые) фильтры для очистки стоков с созданием замкнутых систем водопользования. При этом достигается не только очистка кислотных или щелочных стоков от ионов тяжелых металлов, но и значительное снижение общего солесодержания.

Наиболее эффективно отходы гальванического участка (ионы тяжелых металлов, щелочи и кислоты) обезвреживаются в установке РВК 50-032М с помощью гидрооксида железа  $Fe(OH)_2$ , который получают из стальных отходов путем электролиза. В производство возвращается до 70 % обезвреженной воды. Процесс обезвреживания отходов основан на их взаимодействии с гидрооксидом железа и образованием смешанных кристаллов и химических соединений, а также с протеканием сорбционных процессов.

#### 2.9.4. Задание на проектирование участка

Разработать планировку гальванического участка мотороремонтного завода с поточной организацией труда. Для этого:

– выбрать согласно указанию преподавателя комплект восстанавливаемых деталей (шатун, поршневой палец, клапан, толкатель, ось коромысел) ремонтируемого двигателя и объемы его ремонта из табл. 2.17 и принять двухсменный режим работы участка;

Таблица 2.17

Варианты заданий на проектирование участка

№ варианта	Ремонтируемый двигатель	Объемы выпуска, тыс. в год
1	УМЗ-451М	6,3
2	УМЗ-451М	16
3	УМЗ-451М	25
4	УМЗ-451М	40
5	ЗМЗ-24	6,3
6	ЗМЗ-24	16
7	ЗМЗ-24	25
8	ЗМЗ-24	40
9	ЗМЗ-53	6,3
10	ЗМЗ-53	16
11	ЗМЗ-53	25
12	ЗМЗ-53	40

– назначить вид материала покрытий и составить технологический процесс их нанесения;

– выбрать технологическое оборудование и определить его количество;

– подготовить темплеты оборудования;

- определить численность рабочих и распределить их по рабочим местам;
- считать, что участок расположен в крайнем пролете здания шириной 18 м;
- выбрать транспортирующее оборудование участка;
- на листе будущей планировки показать сетку колонн здания и расставить темплеты оборудования в соответствии с технологическим процессом и нормами технологического проектирования;
- нанести обслуживающие помещения и предварительно определить площадь участка;
- назначить проходы и проезды участка и путем оптимизации уточнить его площадь;
- изобразить планировку участка и рассчитать коэффициент использования производственной площади.

## **2.10. Комплектовочно-сборочный участок**

*Цель* занятия – приобретение навыков по проектированию производственных участков сборочной группы.

### **2.10.1. Назначение, технологический процесс и организация участка**

Необходимое условие достижения товарным агрегатом нормативной наработки заключается в обеспечении установленной точности его сборки, герметичности стыков соединяемых деталей и уравновешенности подвижных деталей. Обеспечение этих параметров начинается в комплектовочном отделении, а завершается – в сборочном.

Годные детали для сборки агрегатов поступают с сортировочного отделения, восстановленные – с участков их восстановления и запасные части – со склада. На пути их следования располагают комплектовочное отделение, которое примыкает к сборочному. Собранные агрегаты будут направлены на окрасочный участок.

*Комплектование* агрегата составными частями – это образование его сборочного комплекта путем номенклатурного, размерного и массового подбора. Сборочный комплект – это группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки этого изделия. Составными частями изделия служат детали и материалы. Материалы (клеи, герметики, набивки, шплинтовочная проволока и др.) включают в сборочный комплект с учетом их норм расхода. Состав комплектовочных работ:

- накопление до трехсменного запаса и номенклатурный подбор деталей и сборочных единиц, входящих в агрегат, и материалов с разбивкой их для каждого рабочего места (позиции) сборки;

- подбор деталей, входящих в соединения, по ремонтным размерам (поршень – цилиндр, коленчатый вал – вкладыши, распределительный вал – втулки и др.);
- подбор деталей, входящих в соединения, по размерным группам (поршень – цилиндр, поршень – поршневой палец, поршневой палец – шатун и др.);
- подбор деталей по массе (шатуну, поршневые комплекты);
- подбор зубчатых колес, составляющих пару, по радиальному зазору в зацеплении;
- выполнение пригоночных работ (например, поршневых колец к цилиндру);
- подготовка соединений к сборке (ослабление затяжки регулировочных винтов и болтов коромысел и толкателей, разборка шатунов с крышками и др.).

*Сборка* – это последовательная установка составных частей изделия, образование разъемных и неразъемных соединений с достижением нормативных параметров точности, в результате чего образуется, соответственно, сборочная единица, агрегат или машина. Доля сборочных работ в общей трудоемкости ремонта машин составляет 25...28 %.

Корпусная деталь, которая первой устанавливается на сборочный стенд или конвейер, является базовой. Базовые детали с участков их восстановления или со склада сразу поступают на сборку агрегатов, минуя комплектовочное отделение. Крепежные детали после их очистки и сортировки также подают на позиции сборочного участка. Остальные детали следуют со своих участков восстановления в комплектовочное отделение. Эти детали попадают на поворотные стеллажи, оси которых находятся в плоскости стены комплектовочного отделения. После пересчета деталей и сдачи их комплектовщику стеллаж с деталями поворачивают на 180 ° вокруг вертикальной оси и детали оказываются на территории комплектовочного отделения. Детали с заводского склада запасных частей доставляют межцеховым транспортом. Поступившие детали сортируют по группам в зависимости от размеров и массы. Здесь налажен учет получения и выдачи деталей. Из комплектовочного отделения изделия с помощью поворотных стеллажей поступают на рабочие места сборки агрегатов. Следует отметить, что ряд деталей (гильзы цилиндров, поршни, шатуны, поршневые пальцы и др.) измеряют, сортируют и маркируют на участках их восстановления. Детали этих наименований, поступающие с заводов-изготовителей, также имеют маркировочные метки.

В процессе сборки агрегата вначале на валы, оси, корпуса и другие базовые детали устанавливают комплектующие детали и получают сборочные единицы, а последние затем устанавливают в корпусную деталь агрегата с образованием разъемных и неразъемных соединений и достижением нормативных параметров точности. Объектом узловой сборки является составная часть агрегата или машины, а общей сборки – агрегат или машина в целом. Некоторые сборочные единицы перед общей сборкой проходят статическую или динамическую балансировку на рабочих местах узловой сборки с целью их уравнивания. Сборочные единицы, прошедшие теплопрессовую узловую сборку, очищают от технологических загрязнений в очистных машинах.

Общая сборка бывает тупиковой или поточной. Тупиковую общую сборку ведет, как правило, один сборщик на стенде, поворачивая при необходимости предмет труда вокруг вертикальной или горизонтальной оси. При объемах ремонта более 2,5 тыс. агрегатов в год эффективна конвейерная сборка, которая предполагает специализацию рабочих мест, оснащение их необходимыми средствами и распределение рабочих по сборочным позициям, что снижает трудоемкость процесса.

Основные сборочные переходы при сборке резьбовых соединений показаны на рис. 2.7. Силовому замыканию подлежат резьбовые и прессовые соединения. Схема технологического процесса сборки, например, двигателя ЗМЗ-53, приведена на рис. 2.8.

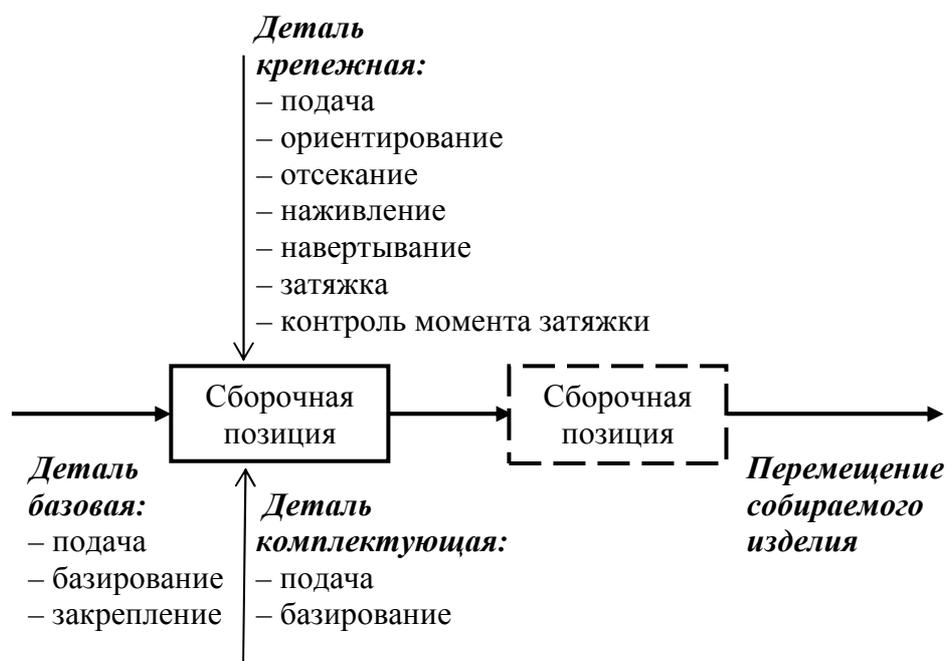


Рис. 2.7. Схема резьбосборочной операции

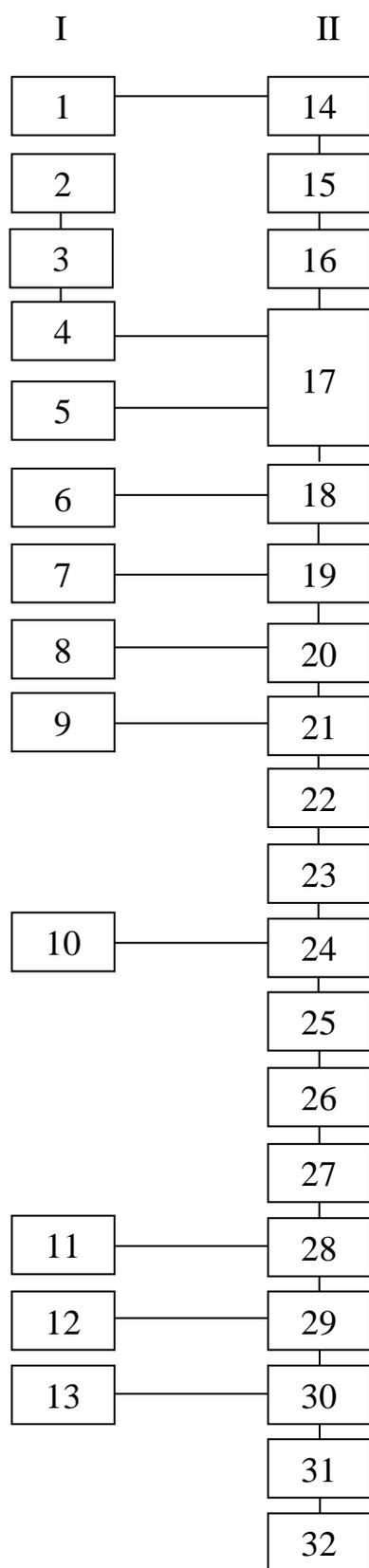


Рис. 2.8. Схема технологического процесса сборки двигателя ЗМЗ-53:

I – узловая сборка:

сборка: 1 – блока цилиндров с гильзами, 2 – сцепления, 3 – коленчатого вала с маховиком и сцеплением, 5 – сальниководержателя с уплотнением, 6 – распределительного вала с фланцем, распорным кольцом, эксцентриком и противовесом, 7 – шатунно-поршневых групп, 8 – крышки распределительных шестерен с сальником, 9 – водяного насоса, 10 – головки цилиндров с клапанами и осью коромысел, 11 – привода распределителя, 12 – впускной трубы, 13 – масляного насоса;

4 – динамическая балансировка коленчатого вала с маховиком и сцеплением

II – общая сборка:

установка: 14 – блока цилиндров в сборе на стенд или конвейер, 15 – шпилек, 16 – пробок, 17 – упорных шайб, сальниководержателя в сборе и коленчатого вала в сборе, 18 – распределительного вала в сборе, 19 – шатунно-поршневых групп, 20 – крышки распределительных шестерен в сборе, 21 – водяного насоса в сборе, 22 – ступицы, шестерни и храповика коленчатого вала, 23 – толкателей, 24 – головки цилиндров в сборе, 25 – штанг толкателей, 26 – коллекторов;

27 – регулировка клапанного механизма;

установка: 28 – привода распределителя, 29 – впускной трубы, 30 – масляного насоса в сборе, 31 – масляного картера и картера сцепления (нижняя часть);

32 – проверка герметичности водяной рубашки

Точность сборки определяется значениями замыкающих размеров (зазоров, натягов и перекосов осей в соединениях), которые, в свою очередь зависят от значений размеров составляющих элементов (линейных и угловых). Значения замыкающих размеров нормируют и обеспечивают пятью способами: полной, неполной и групповой взаимозаменяемостью, регулированием и пригонкой. К точностным параметрам относят также моменты и усилия смыкания резьбовых и прессовых соединений.

### **2.10.2. Оборудование участка**

Комплектовочное отделение оснащают оборудованием для разборки узлов, обработанных в сборе, верстаками, столами, рольгангами, универсальными и специальными измерительно-сортировочными средствами, межцентрометрами (прил. 23) и шкафами для них, весов и других средств, складскими стеллажами и подъемно-транспортными средствами. В отделении сосредоточены значительные материальные ценности, поэтому оно имеет прочные стены и ворота и оборудовано охранной сигнализацией.

Технологический процесс сборки определяет состав оборудования. В каждой единице оборудования имеются опоры, на которые устанавливают базовые детали. Опорные элементы сборочных средств с собираемыми изделиями при сборке вращаются и (или) перемещаются поступательно. Вращательное перемещение на сборочной позиции необходимо для придания удобного положения базовой детали для базирования и закрепления комплектующих деталей при узловой и общей (как поточной, так и непоточной) сборке. Собираемые объекты перемещаются (чаще поступательно) между сборочными позициями.

Для перемещения собираемых объектов при поточной сборке применяют эстакады и конвейеры. Изделия перемещают по эстакаде вручную. Эстакаду ОПр-996 применяют, например, для сборки двигателей. Конвейеры обеспечивают механическое перемещение изделий. Наибольшие удобства и наилучшее использование производственной площади обеспечивает вертикально-замкнутый тележечный конвейер (рис. 2.9). На каждой тележке конвейера установлен сборочный стенд с возможностью технологического вращения собираемого изделия вокруг горизонтальной или вертикальной оси. Сборщики находятся на горизонтальных пластинах конвейера, которые движутся вместе со стендами. Холостая ветвь цепи с пластинами и тележками проходит под полом.

Стенды для узловой сборки изделий (коленчатых и распределительных валов, шатунно-поршневых групп, водяных насосов и др.) в большинстве случаев проектируют на заводе и изготавливают в его вспомогательном производстве.

Оборудование для штучной подачи и ориентирования деталей взаимодействует с оборудованием для силового соединения деталей. Подача деталей на технологические позиции эффективна при помощи вибрацион-

ных бункеров с отсекающими и транспортными лотками. Разработан типоразмерный ряд бункеров с диаметром чаши от 60 до 630 мм для подачи деталей с размерами, соответственно, от 4 до 70 мм. Для штучной подачи деталей на сборочные позиции применяют отсекатели.

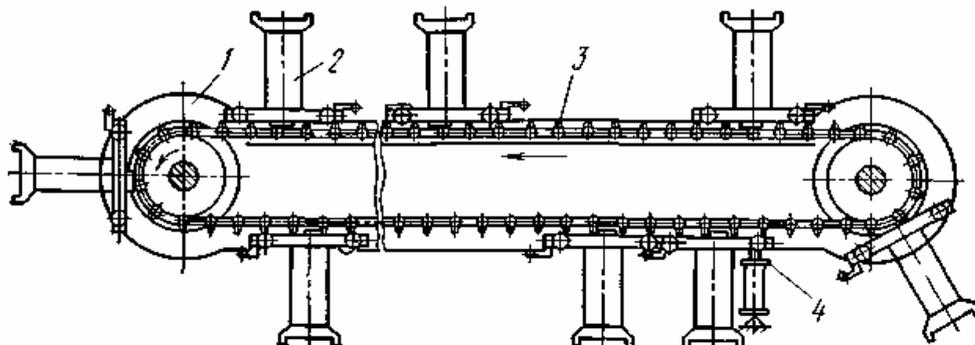


Рис. 2.9. Тележечный конвейер для сборки агрегатов: 1 – направляющие; 2 – грузонесущая тележка с поворотным стендом; 3 – тяговая цепь; 4 – останов

В качестве резьбозавертывающих средств применяют электромеханические гайковерты собственного изготовления на колоннах или промышленные одношпиндельные гайковерты с электро- или пневмоприводом. Электрогайковерты питаются переменным током частотой 200 Гц. Для затяжки резьб с помощью ударно-вращательных импульсов применяют механизмы, которые делятся на редкоударные (прил. 24) с частотой до 3 Гц и частоударные (прил. 25) с частотой 16...40 Гц. Редкоударные гайковерты производят затяжку за 4...15 ударов. При затяжке частоударными гайковертами энергия меняется от удара к удару в течение 100...200 периодов. У редкоударных инструментов энергия отдельного удара не изменяется во времени. Характеристика пневматических ударных гайковертов приведена в прил. 26.

Около 20 % резьбовых соединений агрегатов требуют затяжки нормированным моментом, значение которого установлено Руководством по капитальному ремонту. Это относится, например, к сборке головок шатунов, блока цилиндров с крышками коренных подшипников и с головкой цилиндров, маховика с коленчатым валом и др.

При ручной сборке ограничение момента затяжки обеспечивают применением специальных ключей, которые бывают двух видов: предельные и динамометрические. В предельном ключе связь между рукояткой и шпинделем разрывается при достижении необходимого момента затяжки. Динамометрический ключ имеет упругий элемент и шкалу со стрелкой, значения момента затяжки вычитывают на шкале.

В механизированных устройствах применяют следующие способы ограничения момента затяжки: установкой проскальзывающей муфты на

вала шпинделя; измерением силы тока в цепи электродвигателя или моментов на валах привода с отключением питания электродвигателя при достижении расчетных силы тока или момента; кинематическим отключением привода.

В качестве прессосборочных агрегатов при усилиях сборки до 2,5 кН применяют пневмоприводы с диаметрами цилиндров до 250 мм, а при больших сборочных усилиях – гидроприводы с диаметром цилиндров 63...125 мм.

Наибольшую прочность соединений с натягом обеспечивает теплопрессовая сборка. Прочность посадок, полученных нагревом перед сборкой охватывающей детали или охлаждением охватываемой, в 2,0...2,5 раза выше прочности соединений, полученных без теплового воздействия. Объясняется это тем, что в первом случае микронеровности при формировании соединений не разрушаются, а выступы поверхностей упруго взаимодействуют друг с другом.

Сборка с нагревом рекомендуется для соединений, у которых предусмотрены значительные натяги, а также в случае, когда охватывающая деталь выполнена из материала с высоким коэффициентом линейного расширения, а узел в агрегате нагревается. Если такие соединения собирают без нагрева, то в процессе эксплуатации прочность их значительно снижается. Например, в процессе сборки зубчатый венец нагревают при установке его на маховик или поршень (перед установкой в него поршневого пальца), а седло клапана охлаждают в жидком азоте перед установкой его в блок или головку цилиндра.

### **2.10.3. Планировка участка**

Особенность проектирования участков сборки ремонтируемых объектов заключается в поточном методе их организации. Этот метод становится экономически обоснованным при небольших ремонтах производства, например, при ремонте 500 машин в год. Поточная сборка становится оправданной, если ее объем распределяется не менее чем между тремя сборочными позициями.

Поточная сборка требует обеспечения следующих условий:

- полной или групповой взаимозаменяемости деталей;
- выполнения предшествования большинства операций;
- выполнения каждого перехода только в одной позиции;
- включения в каждую операцию определенного числа позиций;
- продолжительности каждой операции, близкой к такту линии;
- регулярной и своевременной поставки инструментов, деталей и материалов на технологические позиции;
- безотказной работы оборудования.

При организации поточной сборки составляют ее технологическую схему, выделяют переходы и приемы, рассчитывают их оперативное время

и распределяют работы как между рабочими местами и позициями узловой и общей сборки, так и между позициями конвейера общей сборки.

Сборщиков распределяют по технологическим позициям из расчета, чтобы они не мешали друг другу. При сборке крупных объектов (автомобилей, станков) за позицией закрепляют по 3...4 человека, а при сборке агрегатов и узлов – только одного рабочего.

Комплектовочное и сборочное отделения располагают параллельно друг другу и перпендикулярно участкам восстановления деталей (рис. 2.10), при этом комплектовочное отделение расположено между участками восстановления деталей и сборочным отделением. Это расположение дает преимущество в том, что детали, восстановленные на участках в пролетах цеха, перемещаются цеховыми кранами или тележечным транспортом на комплектовочно-сборочный участок по кратчайшим путям.

Нормы расстояний между оборудованием комплектовочного отделения и оборудованием и элементами здания приведены в табл. 2.18.

Таблица 2.18

Нормы расстояний между оборудованием комплектовочного отделения и оборудованием и элементами здания

Определение отрезка	Расстояние, мм
От рабочего места до проема ограждающих конструкций	1500
От рабочего места до стеллажей	1000
От комплектовочных столов (рольгангов) до стеллажей	1000
От односторонних стеллажей до ограждающих конструкций	700
Между стеллажами	1200

Рабочие места узловой сборки и балансировки сборочных единиц располагают на пути следования деталей с комплектовочного отделения на сборочный конвейер. Особенности планировок рабочих мест узловой сборки следующие:

- узловая сборка является стационарной, которая выполняется на специальных стендах или верстаках, оснащенных настольным оборудованием и приспособлениями;

- на рабочем месте предусматривают стеллажи для накопления и хранения сменного запаса деталей (комплектующих и крепежных), собранных и испытанных узлов, сборочное оборудование (стенды, верстаки, прессы с гидростанциями и подъемно-транспортные средства), контрольно-испытательное и балансировочное оборудование;

- движение изделий при узловой сборке направлено, как правило, перпендикулярно направлению перемещения агрегата при его общей сборке;

- ось базовой детали при узловой сборке и ее перемещениях должна была параллельна оси этой детали на сборочном конвейере.

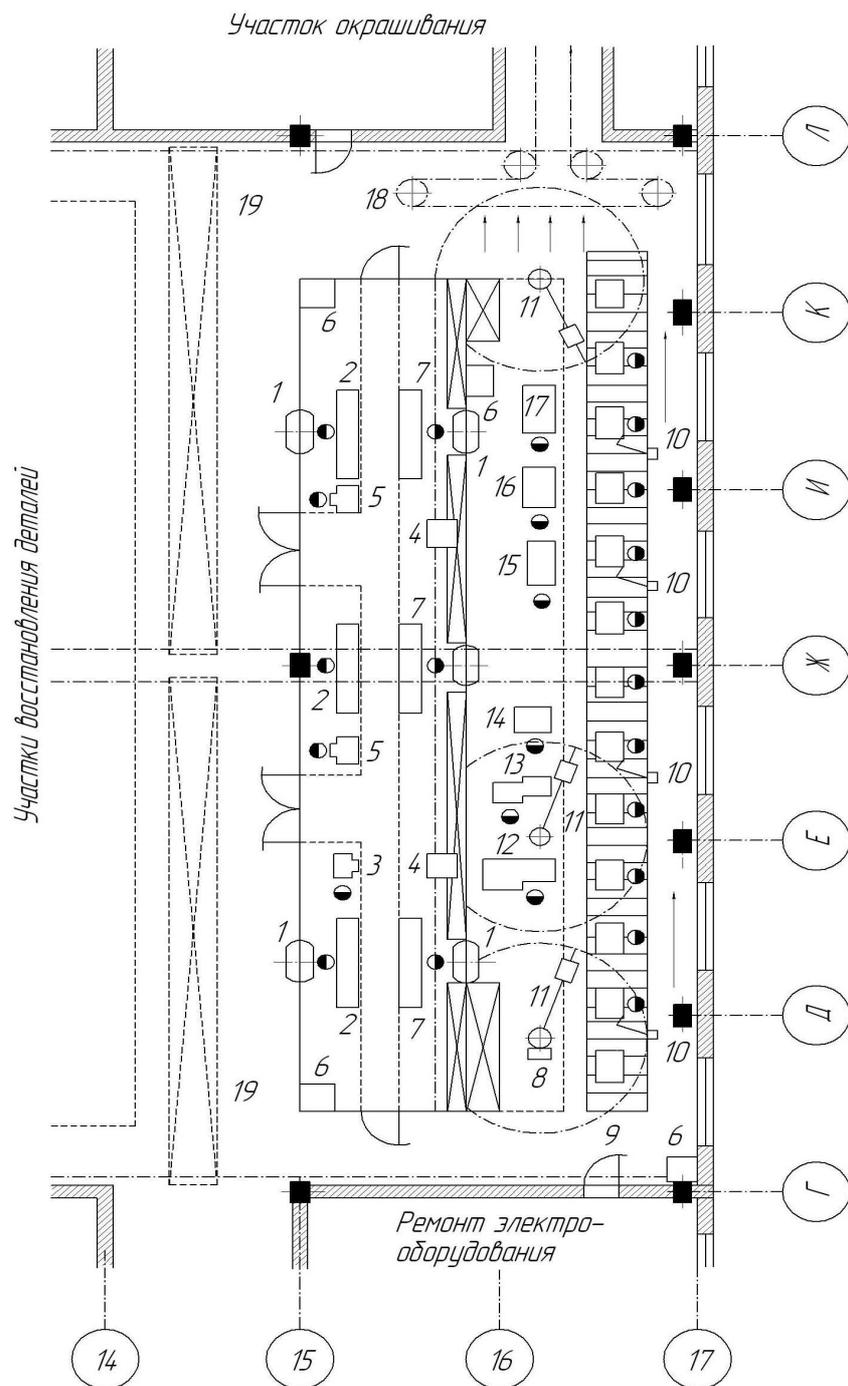


Рис. 2.10. Планировка комплектовочно-сборочного участка: 1 – поворотный стеллаж; 2 – сортировочный стол; 3 – стенд для разборки шатунов и толкателей; 4 – опорный кран-штабелер; 5 – стенд для пневмоконтроля; 6 – пожарный пост; 7 – комплектовочный стол; 8 – стенд для узловой сборки сальникодержателя; 9 – конвейер для общей сборки; 10 – консольный гайковерт; 11 – консольно-поворотный кран ( $q = 160$  кгс); 12 – станок балансировочный МС-9716; 13 – стенд для сборки коленчатого вала с маховиком и сцеплением; 14 – стенд для сборки распределительного вала с шестерней, противовесом и пластиной; 15 – стенд для теплопрессовой сборки шатунно-поршневой группы; 16 – машина для погружной очистки шатунно-поршневых групп; 17 – стенд для сборки головки цилиндров; 18 – подвесной конвейер; 19 – кран-балка ( $q = 2$  тс)

Изделия с рабочих мест узловой сборки на конвейер общей сборки подают электротельферами, двигающимися по монорельсам, консольными поворотными кранами, пневматическими манипуляторами или вручную.

Технологические позиции общей сборки оснащают подставками под детали и инструмент. Расстояние между собираемыми машинами на конвейере составляет 1500 мм, между собираемыми агрегатами – 1200 мм, между изделиями и оборудованием – 1000 мм при отсутствии рабочих между ними и 2000 мм, – если между ними имеются рабочие.

Между комплектовочным и сборочным отделениями или отделениями узловой и общей сборки устраивают проход или проезд.

Технологически связанные участки сборки агрегатов, их окрашивания, обкатки, досборки и консервации, устранения дефектов и склад готовой продукции обслуживает один подвесной конвейер. Этот конвейер выполняет транспортную работу, равную произведению массы всех перемещаемых объектов на длину их перемещения (десятки или сотни метров) по указанным производственным участкам. Расстояние от изделия, установленного на подвесном конвейере, до оборудования должно быть не менее 400 мм, если в указанном интервале нет рабочего, и 1000 мм, – если там возможно нахождение рабочего. Расстояние между ветвями подвесного конвейера определяется из расчета, чтобы зазор между изделиями на противоположных ветвях конвейера был не менее 300 мм.

#### 2.10.4. Задание на проектирование участка

Разработать планировку комплектовочно-сборочного участка мотороремонтного завода с поточной организацией труда. Для этого:

- выбрать согласно указанию преподавателя вид ремонтируемого двигателя и объемы ремонта из табл. 2.19, принять двухсменный режим работы участка;
- составить технологическую схему сборки;
- определить рабочие места (позиции) сборки;

Таблица 2.19

Варианты заданий на проектирование участка

№ варианта	Ремонтируемый агрегат	Объемы выпуска, тыс. в год	Трудоемкость сборки, чел.-ч
1	двигатель М-2140	6,3	2,8
2	двигатель М-2140	10	2,5
3	двигатель УМЗ-451 М	10	4,7
4	двигатель УМЗ-451 М	16	4,3
5	двигатель ЗМЗ-24	4,5	5,1
6	двигатель ЗМЗ-24	6,3	4,8
7	двигатель ЗМЗ-53	10	6,4
8	двигатель ЗМЗ-53	16	6,2
9	двигатель Д-50	10	6,9
10	двигатель Д-50	16	6,4

- определить такт сборки и распределить общую трудоемкость сборки агрегата по рабочим местам (позициям);
- выбрать технологическое оборудование и определить его количество;
- подготовить темплеты оборудования;
- определить численность сборщиков и предварительно распределить их по рабочим местам (позициям);
- считать, что сборочное отделение будет расположено в двух пролетах здания (ширина пролета 18 м), а направление перемещения изделий на конвейере перпендикулярно направлению пролетов;
- рассчитать размеры поточной линии;
- выбрать подъемно-транспортное оборудование участка;
- на листе будущей планировки показать сетку колонн здания и расставить темплеты поточной линии и другого оборудования в соответствии с технологической схемой сборки и нормами технологического проектирования;
- предварительно определить площадь сборочного отделения;
- назначить проходы и проезды сборочного отделения и путем оптимизации уточнить его площадь;
- площадь комплектовочного отделения принять равной площади сборочного отделения и определить границу участка;
- синхронизировать поточную линию;
- изобразить планировку участка и рассчитать коэффициент использования производственной площади.

## **2.11. Участок окрашивания**

*Цель* занятия – приобретение навыков по разработке производственного участка по нанесению и сушке лакокрасочных покрытий (ЛКМ).

### **2.11.1. Технологический процесс и особенности ремонтного окрашивания**

*Окрашивание* машин – это нанесение на подготовленные поверхности ЛКМ и их сушка для защиты машин от неблагоприятного воздействия внешней среды и придания им товарного вида.

Высокие требования к окрашенным поверхностям предъявляют при ремонте транспортных средств, а наиболее высокий технический уровень имеют процессы окрашивания при изготовлении этих средств.

Эталоном для ремонтного производства является процесс окрашивания кузовов легковых автомобилей на автозаводе, который включает:

- обезжиривание и фосфатирование поверхностей;
- нанесение первого слоя грунтовки электроосаждением;
- нанесение второго слоя грунтовки, который играет роль грунтшпатлевки;
- нанесение уплотнительных мастик на швы кузова и противощумной мастики на днище кузова;
- мокрое шлифование кузова;
- нанесение трех слоев меламиноалкидной эмали способом «мокрый по мокрому»;

– сушку в проходных терморadiационных печах;  
 – исправление дефектов (правка, шлифование, протирка, сушка, подкрашивание, полирование).

Толщина слоев покрытия (мкм) составляет: фосфатного – 5...8, электрофорезной грунтовки – 20...35, второй грунтовки – 30...45, эмали – 35...45.

Качество лакокрасочного покрытия зависит от свойств применяемых ЛКМ, технологии их нанесения и сушки. Процесс окрашивания (рис. 2.11) включает подготовку окрашиваемых поверхностей, нанесение слоев лакокрасочного покрытия с их сушкой, обработку и очистку.



Рис. 2.11. Схема технологического процесса окрашивания машин

Подготовка металлических поверхностей состоит в очистке, полном или частичном снятии старого покрытия, правке поверхностей, удалении ржавчины (травления) и фосфатировании. Часть этих операций выполняют на очистном участке.

Окрашиваемые поверхности непосредственно перед нанесением ЛКМ очищают в растворах технических моющих средств под давлением 0,5...10 МПа в струйных очистных машинах с последующей сушкой или путем протирания поверхностей ветошью, смоченной органическими растворителями (например, бензином-растворителем или сольвентом каменноугольным).

*Фосфатирование* – это процесс химической обработки стальных изделий фосфорсодержащими веществами с целью получения на их поверхности слоя нерастворимых в воде фосфорнокислых соединений.

Температура окрашиваемых поверхностей перед нанесением покрытий должна быть равной температуре воздуха в помещении.

Шлифование нижних слоев покрытий перед нанесением верхних слоев увеличивает адгезию последних.

Основные способы нанесения лакокрасочных покрытий следующие: пневматическое (без подогрева и с подогревом), безвоздушное и аэрозольное распыление, струйный облив, окунание, распыление в электростатическом поле высокого напряжения и электроосаждение.

Наиболее распространено пневматическое распыление с подогревом или без подогрева материала.

*Сушка* лакокрасочного покрытия – это процесс образования его пленки. Во время сушки термопластичных материалов испаряется растворитель, а во время сушки терморезистивных материалов происходит их полимеризация и поликонденсация.

Сушка лакокрасочных покрытий может быть холодной естественной (температура 12...20 °С) и горячей с применением принудительного нагрева (температура 40...300 °С). При выборе вида и режима сушки учитывают тип ЛКМ, толщину покрытия, теплопроводность и толщину стенки окрашиваемого изделия, температуру и влажность воздуха и интенсивность теплообмена. При увеличении толщины покрытия и стенки окрашиваемого изделия процесс сушки замедляется. Необходимо учитывать, что при сушке маслосодержащих материалов необходим кислород для образования пленки.

Распространенные виды сушки: конвекционная, терморрадиационная и фотохимическая.

*Окончательная отделка* покрытий заключается в придании поверхности декоративного блеска. Для этого покрытие шлифуют шкуркой зернистостью 4...8 с последующей промывкой водой и обдувом. Затем слой покрывают разбавителем 648 для сглаживания штрихов и мелких царапин.

Поверхность после сушки полируют пастами с дисперсностью абразива 20...40 мкм, используя полировальные машины, и протирают фланелью.

В отличие от окрашивания на специализированном ремонтном предприятии с полным удалением старого лакокрасочного покрытия, в ремонтных мастерских применяют частичное окрашивание при разрушении до 50 % поверхности покрытий. Поврежденный участок шлифуют до грунта или до металла. Обнаженный металл грунтуют, поверхность выравнивают шпатлевкой и шлифуют до выведения следов перехода, а быстросохнущий слой эмали наносят из аэрозольного баллончика или при помощи краскораспылителя. При выборе ЛКМ должна быть обеспечена совместимость по свойствам последующих слоев материала с предыдущими.

Для специальной защиты металла в особо неблагоприятных условиях (солевой туман, сернистые и кислые газы) предназначены ЛКМ на основе эпоксидных, эпоксидоэфирных или хлорвиниловых смол.

Для ремонтного окрашивания поверхностей применяют грунтовки: инертные, содержащие неактивные пигменты (ГФ-021, ФЛ-03К, ФЛ-03КК, НЦ-081); пассивирующие (ГФ-017, ФЛ-03Ж, КФ-030), содержащие цинковый крон, хроматы и др.; протекторные (ПС-1, ЭП-057), содержащие металлический порошок с более отрицательным потенциалом, чем железо; фосфатирующие (ВЛ-02, ВЛ-023). Роль грунтовки на поверхностях, пораженных коррозией, играют преобразователи ржавчины (Э-ВА-01ГИСИ, Э-ВА-0112, Э-ВА-013ЖТ).

Наибольшее применение нашли преобразователи ржавчины и цинконаполненные грунтовки. Первые материалы содержат в своем составе водные дисперсии полимеров (например, поливинилацетата), кислоты (фосфорную, щавелевую), танин или другие компоненты. Они взаимодействуют с гидратированными оксидами железа и переводят ржавчину в неактивное состояние с образованием нерастворимых соединений. По высушенному слою преобразователя ржавчины наносят обычную грунтовку, например, ГФ-020. Вторые материалы – грунтовки – содержат цинк, алюминий, магний, никель и кремний. Их применяют и как самостоятельные покрытия. Связующими в них могут быть любые органические или неорганические вещества (эпоксидная, поливинилбутиральная и силиконовая смолы, хлоркаучук, поливинилхлорид, полистирол, материалы на силикатной основе). Наиболее широко применяют цинконаполненные композиции, которые по влаго- и паростойкости превосходят покрытия, полученные способом напыления, горячего цинкования и электроосаждения.

Лучшими материалами для выравнивания дефектной поверхности являются двухкомпонентные полиэфирные шпатлевки (в России налажен выпуск шпатлевки ПЭ-00-85). Эти шпатлевки легко разравниваются, практически не дают усадки и допускают за один переход нанести слой толщи-

ной 2...3 мм. Продолжительность их отверждения при комнатной температуре составляет 5...60 мин.

Наиболее применяемые эмали для ремонтного окрашивания, растворители и режимы сушки покрытий приведены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Эмали, применяемые для ремонтного окрашивания

Эмали	Режим сушки		Растворитель	Вязкость по ВЗ-4, с
	температура, °С	время, мин		
МЛ-197 разных цветов	100...110	30	Р-197 или 647	20...24
МЛ-1110 разных цветов	130	30	Р-197 или 547	22...24
МЛ-1121	130	30	Р-197 или смесь (%): ксилол – 40, бутилацетат – 20, бутилцеллозольв – 20, этилцеллозольв – 20	20...24
МЛ-1198 с металлическим оттенком	130	30	Смесь ксилола с бутилацетатом 1:1	14...16
МЛ-12 разных цветов	130	35	Р-198 или 646	23...24
МЛ-152 разных цветов	85...90 100...105	60 35	Сольвент	23...24
МЛ-1195 однопигментная	80	30	Ксилол	20...24
МЛ-1196 черная	100	30	Сольвент	18...22
МЧ-124 черная	110...120	30	Ксилол или сольвент	20...30
НЦ-11 разных цветов	Промежуточные слои		646, 647, 648	17...22
	18...23	20...30		
	Последний слой перед шлифованием			
	60 18...22	15...20 не менее суток		
НЦ-273	18...22	20	646	22...25
МС-17	18...22	30	Сольвент или ксилол	20...25

Двигатели рекомендуется окрашивать алюминиевой нитроцеллюлозной эмалью НЦ-273 без грунта. Задний и передний мосты, коробки передач и рулевое управление окрашивают водоразбавляемой грунтовкой ВЛМ-0143 и эмалью МЧ-123, НЦ-184 или МС-17 черного цвета. Карданные валы окрашивают грунтовкой ГФ-089 и эмалью МЧ-123 или МС-17, а пружины передней подвески и штанги амортизаторов – эмалью КЧ-190 или МС-17. Диски колес легковых автомобилей окрашивают порошковой

краской П-ЭП-134. Большое распространение получили меламиноалкидные эмали горячей сушки, среди которых МЛ-152 для окрашивания кузовов автомобилей и ремонтного окрашивания техники, МЛ-1196 – для окрашивания шасси и радиаторов. Мочевинную эмаль МЧ-124 применяют для окрашивания радиаторов и бензобаков. Из импортных материалов применяют финскую эмаль «Садолюн 012» и югославскую «Балкан» в аэрозольной упаковке. Финская эмаль высыхает при комнатной температуре за 20 часов.

### 2.11.2. Оборудование участка

Для снятия «вздувшейся» краски, коррозии, создания необходимой шероховатости и выравнивания слоя шпатлевки применяют соответственно различные скребки, проволочные и капроновые щетки, шлифовальные машинки (прил. 27 и 28) и шлифовальные шкурки. Производительность обработки поверхностей пневматическими машинками составляет 1,5...5,0 м<sup>2</sup>/ч, а электрическими – 3...7 м<sup>2</sup>/ч.

При объемах ремонта свыше 3 тыс. агрегатов в год применяют специальные агрегаты для снятия старых лакокрасочных покрытий. Используют, например, агрегаты подготовки поверхностей АСО 1,0×1,6, АСФ 1,0×1,6 с их струйной обработкой.

Оборудование для воздушного распыления состоит из системы получения и очистки сжатого воздуха, красконагнетательных бачков с устройством подогрева материала (или без него) и краскораспылителей.

Сжатый воздух к окрасочным агрегатам, бачкам и краскораспылителям подают от центральной заводской компрессорной или от автономных маломощных передвижных компрессоров. Сжатый воздух для окрасочных работ очищают от влаги, масла и механических включений воздухоочистителями.

Техническая характеристика воздухоочистителя СО-15М

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	30
Давление сжатого воздуха, МПа	
– на входе	0,6
– на выходе	0,5
Габаритные размеры, мм	550×270×135
Масса, кг	3,2

Лакокрасочные материалы наносят на окрашиваемые поверхности с помощью краскораспылителей. Промышленность выпускает ручные краскораспылители различных марок: КР-10, КР-20, КРУ-1, ЗИЛ, СО-19, СО-71, О-37А, О-45, КРВ, КРП-3, КРП-6, КРМ и др. (прил. 29). Они обеспечивают производительность в ручном режиме окрашивания 100...200 м<sup>2</sup>/ч. Применяют краскораспылители низкого (менее 0,2 МПа) и среднего (0,2...0,6 МПа) давления воздуха. Материал к соплу краскораспылителя подводится из красконагнетательного бака (прил. 30), который применяют при больших объемах работ, или из бачка, закрепленного на корпусе крас-

кораспылителя сверху или снизу. Красконагнетательный бак имеет устройство для ручного перемешивания ЛКМ.

Применяют также комплекты оборудования для нанесения ЛКМ (прил. 31), каждый из которых состоит из красконагнетательного бачка, шлангов и распылителя. Например, окрасочный агрегат СО-74 служит для окрашивания поверхностей небольших размеров.

Для подогрева ЛКМ при пневматическом распылении применяют, например, установку во взрывобезопасном исполнении типа УГО-5М, мощность нагревателя которой 0,8 кВт, температура выходящего материала при длине шланга 4 м составляет 70 °С, а давление – 0,1...0,4 МПа.

Для безвоздушного распыления применяют установки УРБ-2, УРБ-3 или УРБ-150П с распыляющими устройствами 1Б, 2Б, 3Б, 4Г или 5А, дающими ширину окрасочного факела от 100 до 410 мм. Расход ЛКМ составляет 320...1000 г/мин.

Для безвоздушного распыления ЛКМ без их нагрева и с нагревом применяют установки, приведенные в прил. 32.

Окрашивание в электростатическом поле выполняют в стационарных камерах (например, КОЭ 1,0×1,6) или при помощи передвижных ручных установок типа УЭРЦ-1, УЭРЦ-4.

Производительность окрашивания повышается за счет применения окрасочных роботов, например, РБ-11 с программным управлением. В этом случае человек выводится из опасной зоны.

Покртия наносят в сухом, чистом помещении. Относительная влажность воздуха не должна превышать 70 %, а его температура должна находиться в пределах 12...30 °С. Участок окрашивания машин оснащают приборами для контроля указанных величин.

Окрасочно-сушильные комплексы оборудования включают охлаждающие, окрасочные, вытяжные и сушильные камеры. Изделия охлаждают перед нанесением покрытия после их очистки в горячих растворах. Покртия наносят в окрасочных камерах тупикового или проходного типа, оборудованных вытяжной вентиляцией и экранами. По экрану непрерывно стекает пленка воды. Окрашиваемое изделие помещают между краскораспылителем и экраном, который улавливает избыток распыленного материала. После нанесения ЛКМ изделия выдерживают в вытяжной камере для исключения выхода паров растворителей в цех.

Распространены сушильные конвекционные агрегаты, оснащенные ТЭНами, паровыми регистрами или теплообменниками, в которых сжигают жидкое (печное или дизельное) топливо.

Если завод получает газообразное топливо (природный газ), которое редуцируют и распределяют по потребителям, то становится эффективным создание терморadiационных агрегатов, в которых химическая энергия топлива превращается в энергию инфракрасного излучения. Производи-

тельность сушки инфракрасными лучами выше в 3...5 раз по сравнению с конвекционной сушкой.

Окрашиваемые изделия перемещают при небольших объемах ремонта вручную на тележках, а при увеличении объемов ремонта детали или агрегаты перемещают подвесными конвейерами ГН-80, ГН-100 или ГН-160, машины – транспортерами или напольными конвейерами. Подвесной конвейер агрегаторемонтного завода обслуживает комплектовочно-сборочный, окрасочный, обкаточно-испытательный участки и склад готовой продукции.

### 2.11.3. Особенности проектирования участка

Окрасочный участок включает склад ЛКМ с отделением приготовления красок, рабочие места нанесения и сушки покрытий в отдельном помещении, тамбуры, электрощитовую и вентиляционную камеру.

На участке размещают очистное, окрасочное и сушильное оборудование, которое технологически связано проходящим подвесным конвейером. Подвесной конвейер входит на окрасочный участок и выходит из него через тамбуры. Перегрузки окрашиваемых изделий внутри участка не предусмотрены, поэтому этот участок не оснащен грузоподъемными средствами.

Трудоемкость работ, связанных с окрашиванием, представлена в табл. 2.21.

Таблица 2.21

Трудоемкость подготовки поверхности, нанесения покрытий и их обработки

Наименование операции	Трудоемкость, чел.-мин/м <sup>2</sup>
1	2
Дробеструйная обработка:	
– изделий площадью от 0,25 до 1,0 м <sup>2</sup>	16,0
– изделий с большой площадью (кузовов)	15,0
– листового материала	7,5
– ржавых поверхностей	до 20
Удаление краски скребками и стальными щетками	3,5
То же в щелочном растворе	2,0
Очистка ржавчины стальными щетками ручная	4,0
То же механическая	0,8
Обезжиривание протиркой ветошью с уайт-спиритом	0,5
Обдув сжатым воздухом	0,2
Шлифование пемзой вручную по пасте:	
– сухое	4,8
– мокрое	10
Шлифование наждачной бумагой вручную по масляной краске:	
– сухое	2,5
– мокрое	5,0

1	2
Шпатлевание изделий простой формы	6,0
То же сложной формы	10,0
Окрашивание распылением изделий простой формы	0,3
То же сложной формы	1,5
Первое полирование механическое по нитролаку или нитро-эмалям (фетром)	6,0
То же, второе и третье (цигейкой)	3,0
Окончательное полирование кругом по нитролаку или нитро-эмалям	4,0

Годовой объем окрасочных работ выражается площадью окрашиваемых поверхностей. Количество окрасочных камер тупикового типа (рабочих мест)  $n_{ок}$  определяют по формуле

$$n_{ок} = k_{yc} \frac{S_u n_{сл} N}{s_{ч} \Phi_{до} \eta_u}, \quad (2.3)$$

где  $k_{yc}$  – коэффициент, учитывающий время на установку и снятие окрашиваемых изделий;  $S_u$  – площадь поверхности окрашиваемого изделия, м<sup>2</sup>;  $n_{сл}$  – число слоев покрытия;  $s_{ч}$  – производительность окрашивания, м<sup>2</sup>/час.

При определении размеров окрашиваемых поверхностей применяют способ удвоенной суммы площадей трех проекций изделия. Эти проекции описывают простейшими геометрическими фигурами (прямоугольником, квадратом, кругом и др.). Например, если габаритные размеры двигателя – 1200×1000×700 мм, то поверхность окрашивания равна

$$2 \times (1,2 \times 1,0) + 2 \times (1,0 \times 0,7) + 2 \times (1,2 \times 0,7) = 5,48 \text{ м}^2.$$

При расчете количества сушильных камер учитывают время высыхания слоев покрытия (табл. 2.22). Сушильные камеры бывают проходными (конвейерными) и тупиковыми.

Количество сушильных камер  $n_c$  тупикового типа определяют по формуле

$$n_c = \frac{N(t_c + t_{зп})}{n_{ок} \Phi_{до}}, \quad (2.4)$$

где  $t_c$  – время сушки, ч;  $t_{зп}$  – время на загрузку и разгрузку комплекта изделий, ч;  $n_{ок}$  – число комплектов окрашиваемых изделий, которые размещаются в сушильной камере.

Скорость движения ветви подвешенного конвейера  $v_k$ , обслуживающего окрасочно-сушильный комплекс, назначают из обеспечения установленной производительности окрашивания (рис. 2.12)

$$v_k = \frac{l_{po}}{\tau} = \frac{l_{po} N}{\Phi_{до}}, \text{ м/ч}, \quad (2.5)$$

где  $l_{po}$  – длина конвейера, на которой размещены окрашиваемые части ремонтируемого изделия, м.

Таблица 2.22

Время полного высыхания покрытий, ч

Материал	Температура, °С				
	18...20	50...60	75...85	100...110	120...140
Грунтовка на свинцовом сурике и цинковых белилах	14...16	–	1,5	–	–
Грунтовка глифталевая ГФ-020	48	–	–	0,5...1,0	–
Грунтовка алкидная АЛГ-1, АЛГ-7, АЛГ-8	12	–	2	–	–
Шпатлевка глифталевая	–	–	–	1	–
Нитрошпатлевка	2,5	0,8	–	–	–
Нитроэмали разные	0,5...2,0	0,5...0,7	–	–	–
Пентафталевые эмали	–	–	–	2	–
Меламиноалкидная эмаль МЛ-12	0,1	–	–	–	–
Бензостойкая эмаль МЛ-729	–	–	–	–	0,5...1,0
Глифталевые эмали типа НБГ, ЗИЛ	48	–	0,8...1,0	–	–
Краски масляные	16...24	–	4...6	2,5...3,0	–
Лак глифталевый	72	7...8	–	3...4	–

Численность маляров  $n_p$  (число рабочих мест окрашивания)

$$n_p = \frac{S_u}{s_q \tau} = \frac{S_u N}{s_q \Phi_{до}} \quad (2.6)$$

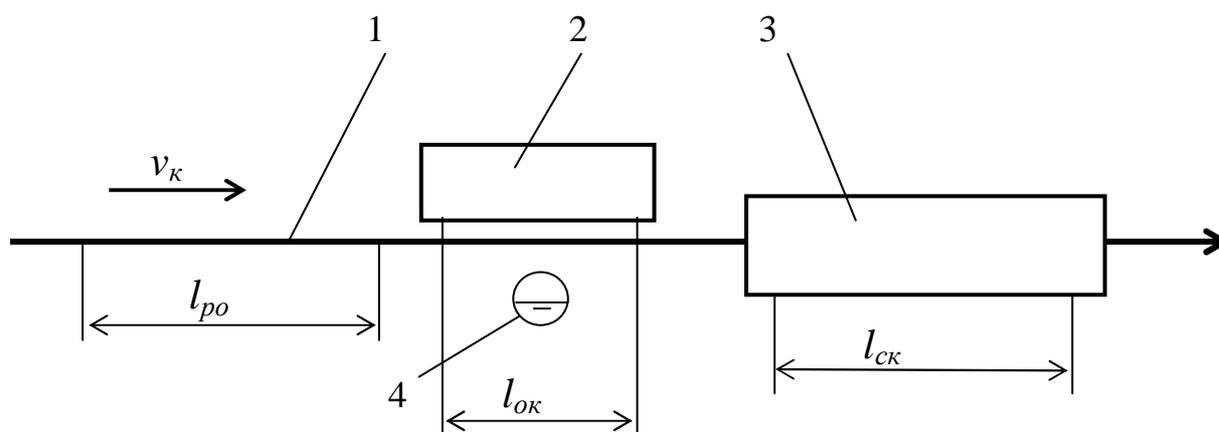


Рис. 2.12. Схема рабочего места нанесения лакокрасочных покрытий и их сушки: 1 – ветвь подвешенного конвейера; 2 – окрасочная камера; 3 – сушильная камера; 4 – рабочий

Длину окрасочной камеры  $l_{ок}$  конвейерного (проходного) типа определяют исходя из времени пребывания в ней окрашиваемых изделий, достаточного для нанесения ЛКМ, т.е.

$$l_{ок} = v_{к} \frac{S_u}{n_p s_{ч}} = \frac{S_u l_{по} N}{n_p s_{ч} \Phi_{до}}, \text{ м.} \quad (2.7)$$

Длину сушильной камеры  $l_{ск}$  конвейерного (проходного) типа определяют, исходя из времени пребывания в ней окрашиваемых изделий, достаточного для полного высыхания ЛКМ, т. е.

$$l_{ск} = v_{к} t_c = \frac{l_{по} N t_c}{\Phi_{до}}, \text{ м.} \quad (2.8)$$

где  $t_c$  – время сушки ЛКМ, мин.

При расстановке оборудования принимают следующие минимальные расстояния, мм:

- между колонной и окрасочной камерой – 1200, если между ними нет рабочего, и 2000, – если там размещен рабочий;
- между тыльными сторонами окрасочных камер – 1200, если между ними нет шкафов управления, и 2500...2800 – при наличии этих шкафов;
- между колонной и тыльной стороной окрасочной камеры – 800;
- между соседними рядами оборудования с расположением рабочих с краскораспылителями спиной друг к другу – 2000;
- между двумя конвекционными сушильными камерами – 600...700;
- между колонной и конвекционной сушильной камерой – 600;
- между сушильной терморadiационной камерой и электрическим шкафом – 1000;
- между двумя терморadiационными сушильными камерами с учетом установки электрических шкафов – 2200.

Электрические шкафы устанавливают на расстоянии 1000...1200 мм от оборудования.

При проектировании участков окрашивания назначают увеличенную ширину проходов и проездов и расстояния между оборудованием и элементами зданий. Проход для рабочих должен быть 1,4...1,6 м, проезд при одностороннем движении тележек – 1,6...2,0 м, при двустороннем – 2,0...3,5 м.

Участок (рис. 2.13) примыкает к наружной надветренной стене здания и имеет два выхода: один в цех, а второй на улицу.

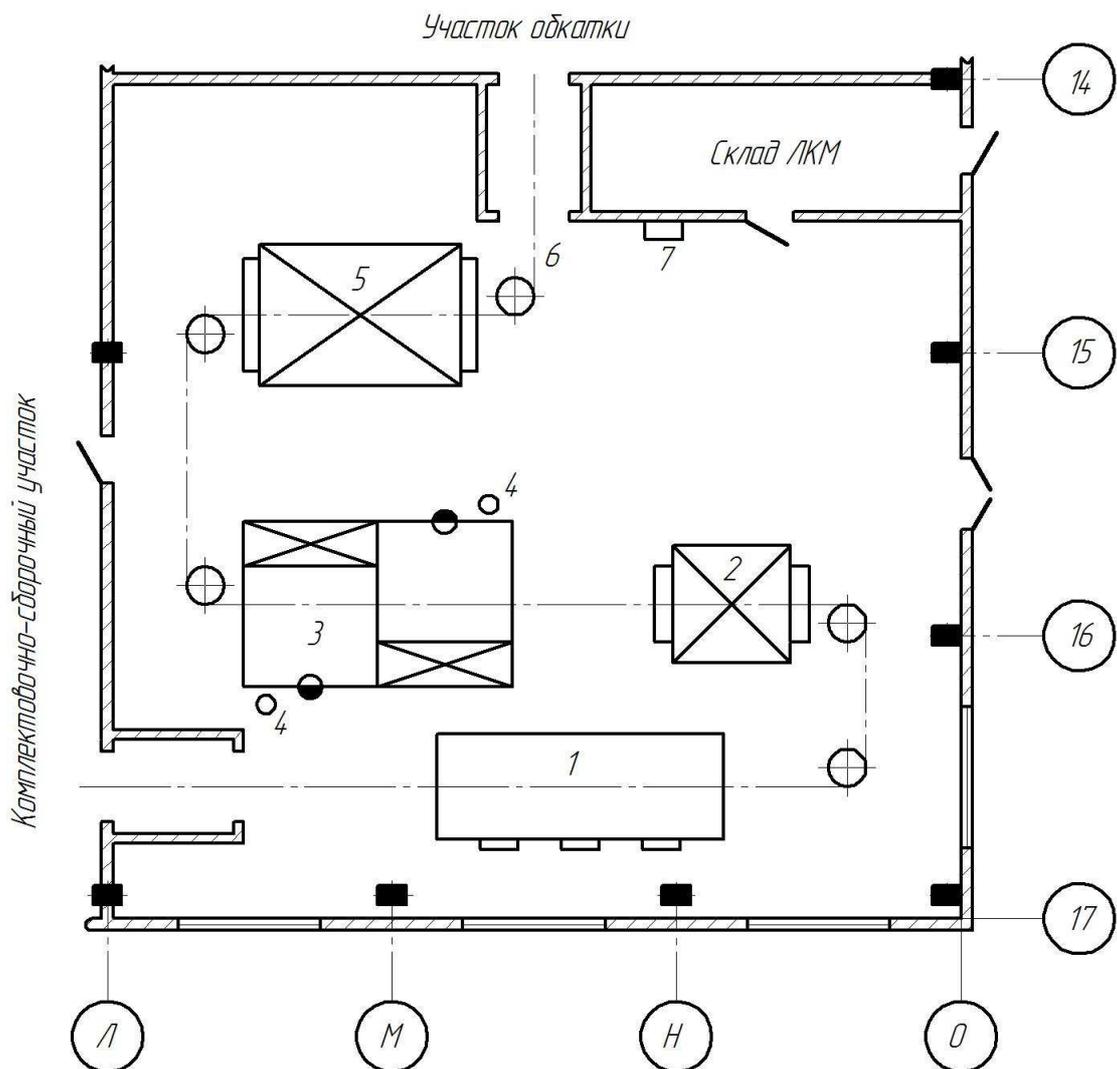


Рис. 2.13. Планировка участка окрасивания: 1 – трехсекционная моечная машина; 2 и 5 – сушильные камеры; 3 – окрасочная камера; 4 – краскораспылительный бак; 6 – подвесной конвейер; 7 – противопожарный пост

Окрасочно-сушильное производство, как правило, относят по взрывопожарной и пожарной опасности к категории А. Помещение участка должно удовлетворять следующим требованиям: высота помещения должна быть не менее 5,4 м; покрытие пола выполняют из мозаичной плитки или бетона, оно должно быть масло- и бензостойким; стены и потолок окрашивают масляной или полимерцементной краской; для электрических ламп применяют взрывобезопасную арматуру, электрические выключатели устанавливают в закрытых шкафах вне помещения; электродвигатели выполняют во взрывобезопасном исполнении; помещение оборудуют вытяжной вентиляцией; освещенность малярного участка должна быть не менее 75 лк. Приводную станцию подвесного конвейера размещают вне окрасочного участка. Установка вентиляторов в помещениях окрасивания и сушилки не допускается.

Участок обеспечен необходимыми средствами обнаружения очага возгорания и автоматического пожаротушения. Тамбуры на входе конвейера на участок окрашивания и выходе этого конвейера оснащены средствами сигнализации (дымовыми или световыми датчиками) и средствами пожаротушения. Остальные требования к помещению участка приведены в разделе 1.5.2.

При расположении оборудования на участке окрашивания учитывают различие тепловых и вентиляционных режимов в окрасочных и сушильных камерах. Их рабочие проемы располагают друг относительно друга на расстоянии 2...3 м. При поточной организации труда и наличии подвешенного конвейера между этими камерами предусматривают тамбур.

Если участок окрашивания в отдельном помещении отнесен к категории Б, то во входных и выходных проемах помещения тамбуры не предусматривают, а проемы окрасочных или сушильных камер размещают на расстоянии не менее 6 м от проемов помещения. При этом зоны в радиусе 5 м от проемов камер считают взрывопожароопасными категории А или Б, их обеспечивают автоматическими средствами пожаротушения, а также обеспечивают блокировку подачи сжатого воздуха к краскораспылителям с включением вытяжной вентиляции в окрасочной камере.

Запас лакокрасочных материалов не должен превышать суточную потребность в отделении их приготовления и 15...20 кг – на участке окрашивания.

Конструкция сушильной камеры должна предотвратить накопление горючих отложений и обеспечить очистку их пожаробезопасным способом.

Рабочие места шлифовальных работ размещают на расстоянии не менее чем 5 м от дверей окрасочного участка.

#### **2.11.4. Задание на проектирование**

Разработать планировку участка окрашивания мотороремонтного завода с поточной организацией труда. Для этого:

- выбрать согласно указанию преподавателя вид ремонтируемого двигателя и объемы ремонта из табл. 2.23 и принять двухсменный режим работы участка;

- составить технологический процесс окрашивания изделия;
- выбрать технологическое оборудование и определить его количество;
- подготовить темплеты оборудования;
- определить численность рабочих и распределить их по рабочим местам;
- считать, что участок расположен в крайнем пролете здания шириной 18 м;
- выбрать транспортирующее оборудование участка;

Варианты заданий на проектирование участка

№ варианта	Ремонтируемый агрегат	Объемы выпуска, тыс. в год
1	двигатель УМЗ-451М	6,3
2	двигатель УМЗ-451М	10
3	двигатель УМЗ-451М	16
4	двигатель ЗМЗ-24	6,3
5	двигатель ЗМЗ-24	10
6	двигатель ЗМЗ-24	16
7	двигатель ЗМЗ-53	6,3
8	двигатель ЗМЗ-53	10
9	двигатель ЗМЗ-53	16

- на листе будущей планировки показать сетку колонн здания и расставить темплеты оборудования в соответствии с технологическим процессом и нормами технологического проектирования;
- предварительно определить площадь участка;
- назначить проходы и проезды участка и путем оптимизации уточнить его площадь;
- изобразить планировку участка и рассчитать коэффициент использования производственной площади.

## 2.12. Обкаточно-испытательный участок

*Цель* занятия – развитие навыков в разработке обкаточно-испытательного участка, на котором ведут заключительную часть изготовления или ремонта машин.

### 2.12.1. Технологический процесс и организация работ

*Обкатка* предназначена для подготовки ремонтируемого агрегата или машины к предстоящей эксплуатации. В свою очередь обкатка агрегата заключается в приработке его трущихся соединений. Обкатывают преобразователи энергии (двигатели), агрегаты, преобразующие движение (редукторы), функциональные агрегаты (форсунки, топливные насосы высокого давления) и др. Машину, собранную из обкатанных агрегатов, также обкатывают.

*Приработка* трущихся соединений агрегата – это самоорганизующийся процесс их начального изнашивания с необходимыми изменениями как геометрии поверхностей трения, так и физико-механических свойств материала поверхностных слоев.

*Испытания* продукции необходимы для подтверждения соответствия изготовленной (отремонтированной) техники установленным техническим и договорным требованиям.

При назначении режимов приработки кинематических пар учитывают следующее. В начале приработки площадь фактического контакта поверхностей составляет 0,1...10 % от номинальной. Даже небольшие на-

грузки в соединениях вызывают значительные контактные давления в них и интенсивное изнашивание. В течение приработки вместе с увеличением площади фактического контакта трущихся поверхностей увеличивают скорость скольжения и нагрузку в соединениях. Приработку ведут в режиме, обеспечивающем максимальную интенсивность пластического деформирования микровыступов поверхностей без схватывания и задиров.

Нормативное время заводской обкатки, например, двигателей внутреннего сгорания, составляет 40...120 мин. Продолжительность обкатки коробок передач и раздаточных коробок – около 40 мин, при этом процесс протекает на каждой передаче. Ведущие мосты обкатывают в течение 20 мин, из них 15 мин на переднем ходу и 5 мин – на заднем. Остальная обкатка протекает в начале эксплуатации и длится 30...60 час для двигателей и 100...120 час для агрегатов, передающих вращательное движение (редукторов).

Режим обкатки, установленный Руководством по капитальному ремонту агрегатов, обеспечивает:

- равномерное или ступенчатое возрастание удельного давления и скорости относительных перемещений в соединениях;
- начало последующего перехода обкатки после окончания приработки соединений на предыдущем переходе;
- достижение на последнем переходе нагрузки, составляющей 80 % от эксплуатационной.

Наиболее сложной является обкатка теплового двигателя, которая включает три части: холодную без нагрузки, горячую на холостом ходу, горячую под нагрузкой. Каждый технологический переход обкатки характеризуется частотой вращения валов агрегата, моментом нагрузки и длительностью воздействия.

Оптимальный режим обкатки рассчитывают на более полную приработку основных соединений агрегата. Применительно к двигателю внутреннего сгорания – это соединения цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма.

Обкатку двигателя начинают при той минимальной частоте вращения его коленчатого вала, при которой обеспечивается надежная подача масла к трущимся поверхностям и его разбрызгивание. В первые 5...7 мин происходит наиболее интенсивная приработка цилиндропоршневой группы, главным образом, поршневых колец.

Нагрузку на детали во время холодной обкатки двигателя создают в основном за счет инерционных сил, которые даже на средних оборотах достигают больших значений. Следует отметить, что инерционные силы нагружают один вкладыш трущейся опоры, второй вкладыш будет нагружаться позже – при горячей обкатке.

Холодную обкатку заканчивают при небольшой частоте вращения коленчатого вала, чтобы ограничить нагрузку на соединения. Далее следу-

ет горячая обкатка со ступенчатым возрастанием частоты вращения коленчатого вала и нагрузки. Режим обкатки, например, автомобильного двигателя ЗМЗ-53 приведен в табл. 2.24.

Таблица 2.24

Режим обкатки двигателя ЗМЗ-53

Стадии обкатки	$n$ , мин <sup>-1</sup>	Нагрузка,		Время, мин
		л. с.	кгс	
Холодная	500	–	–	15
	700	–	–	10
Горячая без нагрузки	1000	–	–	15
Горячая под нагрузкой	1600	20	12	10
	1600	28	17	10
	1600	35	22	15
	1800	44	24	10
	2000	51	25	10
	2200	60	27	10
	2400	72	30	10

Применение стендов с программным управлением позволяет бесступенчатое изменение частоты вращения вала агрегата. Перспективна обкатка двигателя с приложением нагрузки к его деталям по колебательному закону в режиме «разгон – выбег». Обкатку ускоряют путем приложения к парам трения электрического напряжения, достаточного для анодного растворения выступов шероховатости.

*Сдаточно-приемочные испытания* – это испытания обкатанных агрегатов и машин в эксплуатационном режиме, по результатам которых принимают решение об их исправности и пригодности к поставкам.

Отремонтированные агрегаты и машины сдает персонал цеха, а принимает их ОТК.

Испытывают тепловые и электрические двигатели, редукторы, рулевые механизмы, гидравлические приводы агрегатов, масляные, водяные и топливные насосы, карбюраторы, форсунки, генераторы и многие другие агрегаты, а также машины в сборе.

Испытательное оборудование служит для приведения отремонтированных агрегатов или машин в движение, приложения нагрузки и измерения основных параметров. Функции испытаний в большинстве случаев выполняют стенды для обкатки агрегатов или машин.

Испытания включают в себя проверку исправности продукции перед отправкой в эксплуатацию и выявление дефектов (главным образом сборочных). Исправность, например, двигателя оценивают минимальной устойчивой частотой вращения коленчатого вала, мощностью, развиваемой при заданной частоте вращения коленчатого вала, давлением масла в главной масляной магистрали и расходом топлива при заданной нагрузке. Двигатель ЗМЗ-53 признают годным для эксплуатации, если он устойчиво работает на

холостом ходу при частоте вращения коленчатого вала 475...525 об/мин, имеет давление масла 0,28 МПа при  $n = 2000$  об/мин, развивает мощность 80 л. с. при 2600 об/мин и расходует бензин не более 250 г/эф. л. с.-ч.

Основные дефекты, выявляемые при испытании, – это течи воды и масла, шумы и стуки. Шумы и стуки агрегата выявляют в результате его прослушивания с помощью стетоскопа.

Машины и товарные агрегаты, принятые ОТК, с сопроводительными документами (паспортом, гарантийным талоном и сертификатами происхождения и соответствия) направляют на консервацию. В паспорте делают отметку о проведенном ремонте.

### 2.12.2. Оборудование участка

Обкатку и испытание ремонтируемых агрегатов и машин ведут на обкаточно-тормозных стендах. Наиболее сложными являются стенды (прил. 33) для агрегатов – преобразователей энергии (двигателей). Если мощность обкатываемого двигателя превышает 200 л. с., то соответствующий обкаточный стенд устанавливают в боксе со звуковой изоляцией. При холодной обкатке двигателя крутящий момент передают от электромашины с фазным ротором, работающей в режиме электродвигателя, к обкатываемому агрегату, а при горячей обкатке – наоборот (рис. 2.14). Нагрузку на электромашину, работающую в режиме генератора, при горячей обкатке агрегата создает жидкостной нагрузочный реостат. Статор электромашины, установленный на подшипниках, воспринимает реактивный момент, равный моменту на роторе. Силоизмеритель при работе электромашины фиксирует значение реактивного усилия  $P$  (кгс) на плече  $l = 0,7162$  м. Тахогенератор, получающий вращение от свободного конца вала электромашины, фиксирует его угловую частоту вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>).

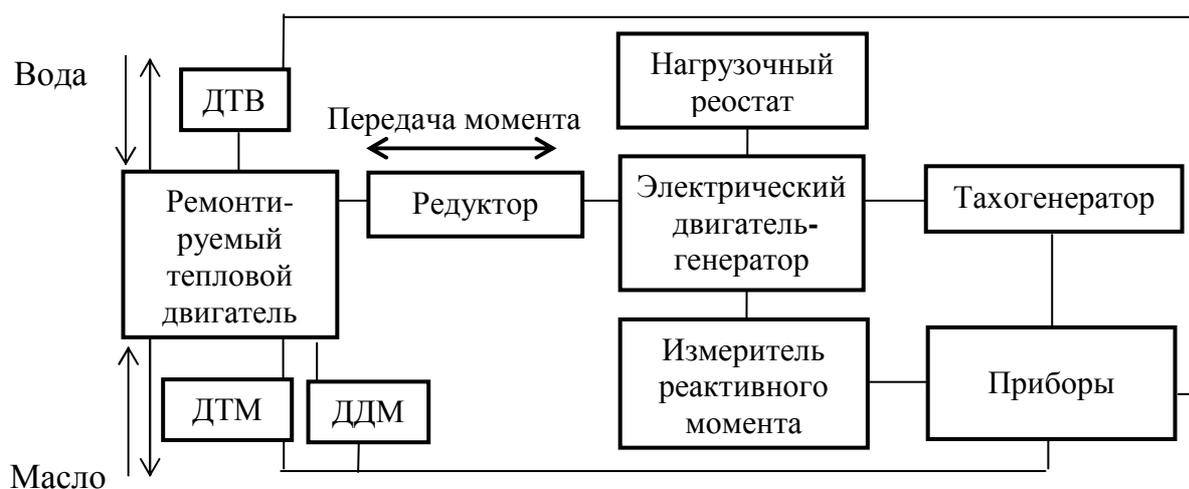


Рис. 2.14. Структурная схема стенда для обкатки и испытания тепловых двигателей:  
 ДТВ – датчик температуры воды; ДТМ – датчик температуры масла;  
 ДДМ – датчик давления масла

Мощность, развиваемую обкатываемым двигателем при горячей обкатке, определяют с использованием показаний силоизмерителя и тахометра по формуле

$$N = \frac{Pn}{1000}, \text{ л. с.} \quad (2.9)$$

Например, один из распространенных стенов КИ-2139Б включает электрическую балансирующую машину АКБ 82-4 с фазным ротором, установочные элементы и механизм передачи крутящего момента (рис. 2.15). Стенд обеспечивает создание тормозной мощности до 150 л. с. и пределы регулирования частоты вращения ротора электромашин в режиме двигателя – 500...1400 об/мин и в режиме генератора – 1600...3000 об/мин.

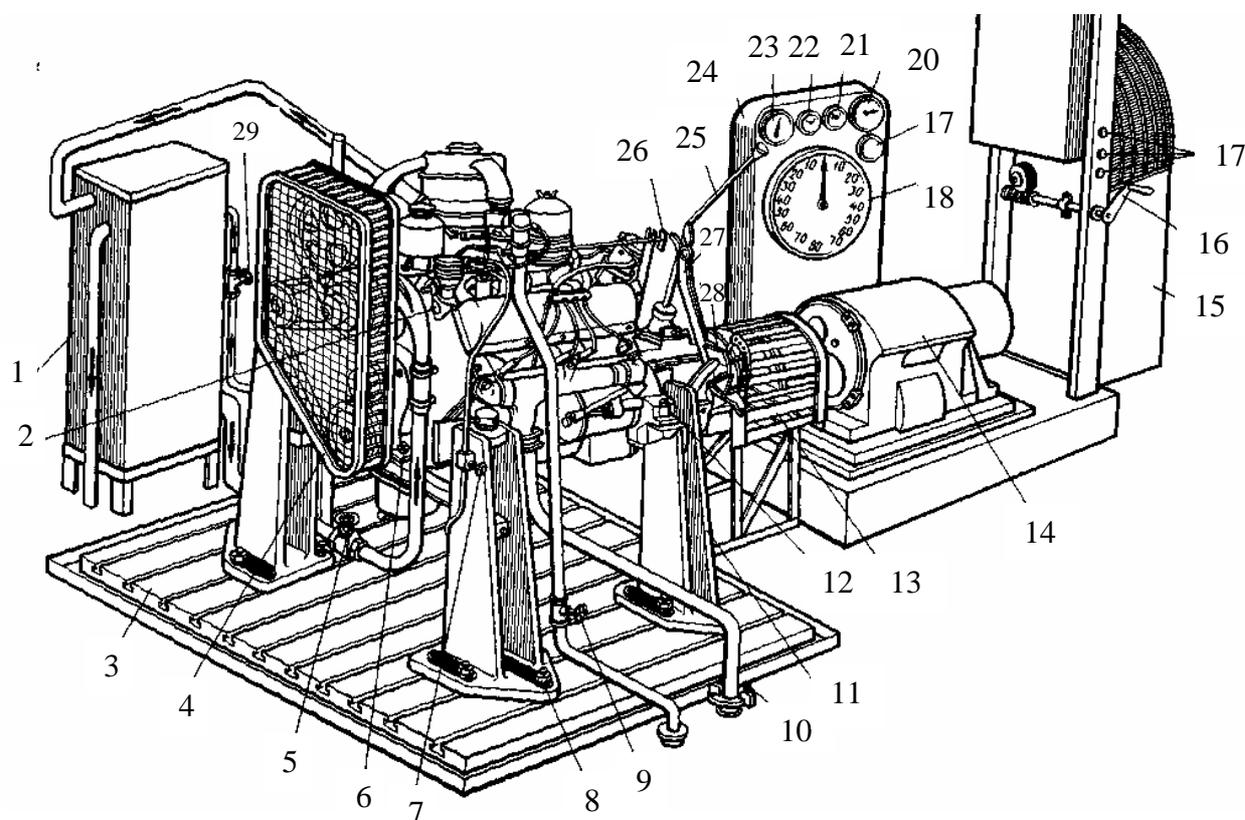


Рис. 2.15. Стенд для обкатки и испытания двигателей: 1 – бак; 2 – двигатель; 3 – плита; 4 и 13 – решетки; 5, 9 и 29 – вентили; 6, 8 и 12 – элементы крепления двигателя; 7 – кран; 10 – элементы крепления газоотводной трубы; 11 – стойка; 14 – электромашин; 15 – реостат; 16 – рукоятка управления реостатом; 17 – кнопки; 18 – шкала; 19 – сигнализатор; 20 – тахометр; 21 и 22 – термометры; 23 – манометр; 24 – корпус; 25 – рычаг коробки передач; 26 – тяга; 27 – рычаг ручного тормоза; 28 – педаль

Для измерения расхода жидкого топлива используют, например, весы торговые РЕ-10Ц13, диапазон измерений которых 0,1...10,0 кг, а погрешность взвешивания – 5 г. При измерении расхода топлива двигателем фиксируют время (в секундах) расхода порции топлива массой 300 или 500 г и по-

казания силоизмерителя и тахометра. Удельный расход топлива  $g_{эф}$  определяют по формуле

$$g_{эф} = \frac{3600m}{tW}, \text{ г/эф. л. с.-ч,} \quad (2.10)$$

где  $m$  – масса расходуемого топлива, г;  $t$  – время испытаний, с;  $W$  – эффективная мощность, л. с.

Стенд для обкатки агрегатов-редукторов (рис. 2.16) снабжен тормозом для создания нагрузки на детали обкатываемого агрегата.

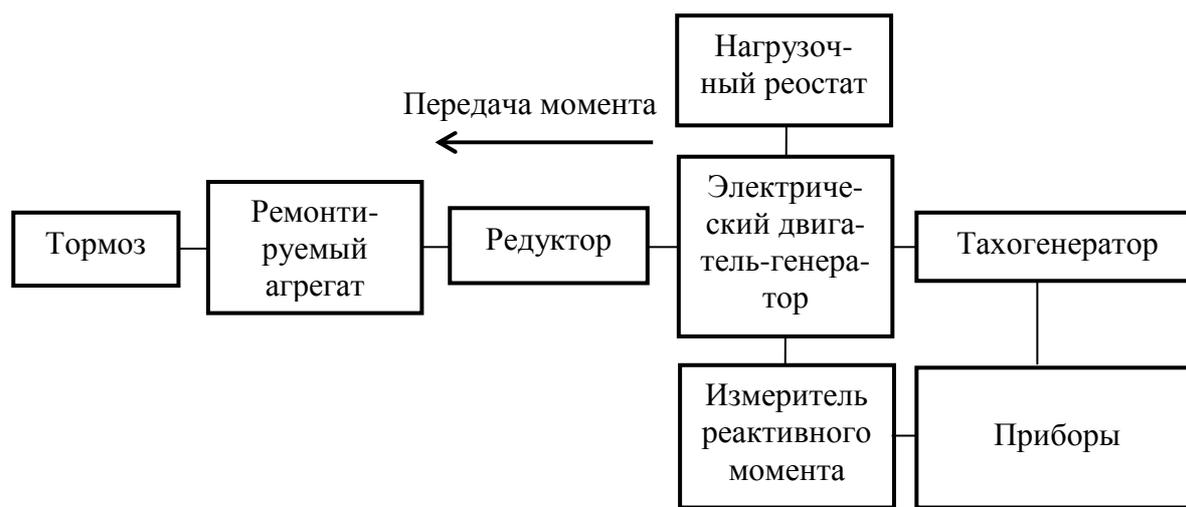


Рис. 2.16. Структурная схема стенда для обкатки и испытания агрегатов, преобразующего движение (редукторов)

Стенды для обкатки машин колесных транспортных средств и сельскохозяйственных машин содержат приводные беговые барабаны, взаимодействующие с колесами машины. На стендах измеряют моменты и усилия, приложенные к колесам.

Нагрузка на соединения агрегата по схеме замкнутого силового контура из его валов и зубчатых колес позволяет при нормативных нагрузках в соединениях в несколько раз уменьшить мощность привода.

*Автоматизация процесса обкатки* во времени по заданной программе учитывает техническое состояние каждого отдельного двигателя, так как для одних двигателей усредненная продолжительность обкатки недостаточная, а для других – излишняя.

Программное управление обеспечивает обкатку двигателя на неустановившемся режиме, контроль и запись значений параметров двигателя, при этом учитывают изменение от одного до пяти независимых параметров (момента проворачивания вала, температуры воды и масла, утечки воздуха в цилиндре, расхода газов, прорывающихся в картер, и др.). Сиг-

нал перехода на последующий переход обкатки поступает после завершения предыдущего перехода.

Участки обкатки двигателей оснащены средствами подачи и учета расхода топлива, начального подогрева и последующего охлаждения подаваемой воды к двигателям, очистки и подогрева масла. Смазочное масло очищают отстаиванием, а также с помощью центрифуг и контактных фильтров.

В течение трех суток при отстаивании масла осаждаются вода и крупные частицы. Центробежная очистка масла обеспечивает почти полное отсутствие в нем неорганических частиц размером более 1 мкм, в то время как при использовании контактных фильтров почти 20 % неорганических частиц в масле имеют размер более 1 мкм, в том числе 3 % – более 2,5 мкм.

### 2.12.3. Особенности проектирования участка

Участок взаимодействует с участком окрашивания и складом сбыта и обслуживается подвесным конвейером (рис. 2.17). Для снятия прибывших агрегатов с подвесного конвейера, установки их на обкаточные стенды, снятия со стендов и установки обкатанных агрегатов на подвесной конвейер служит кран-балка или консольно-поворотный кран. Грузоподъемность средств соответствует массе обкатываемых агрегатов.

Участок имеет два выхода: один в цех на участок сборки, а другой на улицу. Ворота на улицу должны иметь размеры, позволяющие проезд автомобильных погрузчиков для перемещения оборудования участка.

Участок характеризуется взрывопожарной и пожарной опасностью категорий А или Б, значительным шумом и большим объемом отработавших газов, поэтому он примыкает к наружной стене здания с подветренной стороны. Внутренняя поверхность стен облицована звукопоглощающим материалом.

Дымосос включает горизонтальный подпольный газоход, центробежный вентилятор и вертикальную трубу. Производительность дымососа соответствует количеству выбросов за час, а высоту трубы определяют из расчета обеспечения допустимой концентрации вредных веществ в зоне их рассеяния. Высота трубы не менее чем на 1...2 м превышает высоту здания.

Обкаточные стенды размещают в один или несколько рядов на фундаментах. Между рядами оборудования предусматривают места для стеллажей, проходы или проезды. Обслуживающее оборудование (реостаты) располагают на одном уровне со стендами в непосредственной близости или на эстакаде. Во втором случае более полно используют объем помещения участка. Количество обкаточно-тормозных или испытательных стендов определяют по формуле

$$n_o = k_n k_n \frac{t_{mo} N}{\Phi_{до} \eta_u}. \quad (2.11)$$

В формуле (2.11), в отличие от формулы (1.27), исключена составляющая  $a$ , поскольку на испытательный стенд устанавливают только один агрегат.

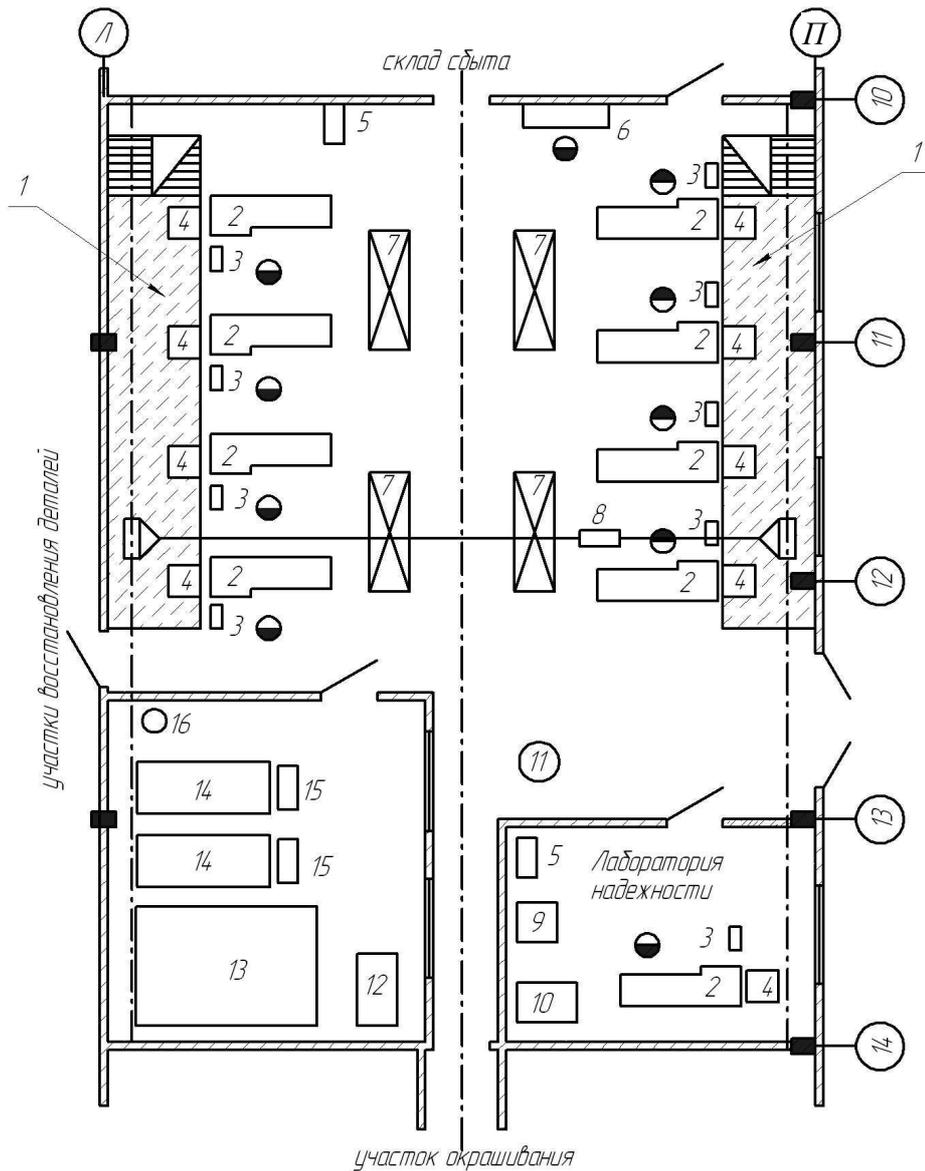


Рис. 2.17. Планировка участка обкатки и испытания двигателей: 1 – антресоль; 2 – обкаточный стенд; 3 – шкаф управления; 4 – жидкостной реостат; 5 – противопожарный пост; 6 – стол контролера; 7 – подставка под двигатели; 8 – кран-балка ( $q = 1$  тс); 9 – стол испытателя; 10 – стенд для разборки и сборки двигателей; 11 – станция автоматического пожаротушения; 12 – водяной насос; 13 – сливной бак для воды; 14 – резервуар для масла; 15 – масляный насос; 16 – центрифуга для масла СМЦ-3000

Участок оснащен инженерной сетью кабелей, трубопроводов для подвода топлива, подвода и отвода воды и масла, газоходов для отвода отработавших газов. Если в качестве топлива используют природный газ, то за пределами участка имеется пункт для снижения давления и распределения газа. В случае применения жидкого топлива на участке имеются топливная колонка и расходный бак. Отработавшие газы от обкатываемых двигателей направляются в сборный трубопровод и далее в дымосос. В отводных трубопроводах устанавливают пробоотборники для измерения содержания оксида углерода в отработавших газах отдельных двигателей.

Воду и масло подают под давлением, а собирают в баки, которые находятся под полом помещения. Перемещение участка на другое место производственного здания связано с огромными строительными переделками.

#### 2.12.4. Задание на проектирование

Разработать планировку обкаточно-испытательного участка моторо-ремонтного завода. Для этого:

– выбрать согласно указанию преподавателя вид ремонтируемого двигателя и объемы ремонта из табл. 2.25, принять двухсменный режим работы участка;

Таблица 2.25

Варианты заданий на проектирование участка

№ варианта	Ремонтируемый агрегат	Объемы выпуска, тыс. в год
1	двигатель М-2140	6,3
2	двигатель М-2140	10
3	двигатель УМЗ-451 М	10
4	двигатель УМЗ-451 М	16
5	двигатель ЗМЗ-24	4,5
6	двигатель ЗМЗ-24	6,3
7	двигатель ЗМЗ-53	10
8	двигатель ЗМЗ-53	16
9	двигатель Д-50	10
10	двигатель Д-50	16

– принять основное время обкатки 115 мин, вспомогательное – 40 мин и дополнительное – 3 мин;

– выбрать технологическое оборудование и определить его количество;

– подготовить темплеты оборудования;

– определить численность обкатчиков;

– считать, что обкаточно-испытательный участок будет расположен в крайнем пролете шириной 18 м;

– площадь обслуживающего отделения для подогрева и фильтрации масла и охлаждения воды принять равной половине основной площади;

– выбрать подъемно-транспортное оборудование участка;

– на листе будущей планировки показать сетку колонн здания и расставить темплеты оборудования и стеллажей, а также показать ветвь подвесного конвейера в соответствии с нормами технологического проектирования;

– предварительно определить площадь участка;

– назначить проходы и проезды участка и путем оптимизации уточнить его площадь;

– изобразить планировку участка и рассчитать коэффициент использования производственной площади;

– определить категорию взрывопожарной и пожарной опасности участка и привести ее обозначение на планировке;

– привести мероприятия, обеспечивающие взрывопожарную и пожарную безопасность участка.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускник вуза технологического профиля (будущей руководитель, организатор, технолог или конструктор) будет в той или иной мере заниматься проектированием производства. Наиболее вероятное его участие будет в реконструкции участков предприятия.

Роль проектирования участков производства велика. В результате этой работы и ее практической реализации произойдут количественные (увеличение производственной мощности) и качественные (организационные и технологические) изменения. В проекты закладывают передовые формы организации производства, современные способы переработки материалов, энергии и информации, которые повысят технический уровень производства. Однако затраты на реконструкцию участков должны окупиться.

Об эффективности работ по расширению, реконструкции и техническому перевооружению предприятий судят по статистическим данным. Если взять за 100 % затраты на техническое перевооружение, то затраты на реконструкцию для достижения той же производственной мощности составят 108 %, на расширение действующих предприятий – 136 % и на новое строительство – 280 %. Введение в эксплуатацию производственных участков после их реконструкции обеспечит выпуск продукции нового вида, заданного объема, установленного качества с наименьшими затратами.

В книге рассмотрены примеры разработки планировок производственных участков заготовительной, обрабатывающей и сборочной групп. Использование сведений практикума обеспечит повышение технического уровня промышленных предприятий.

Следует отметить, что за некачественное проектирование производственного участка, если это приведет к ненадлежащим условиям труда, травмированию или гибели работников, экологическому ущербу и неоправданному перерасходу средств и производственных ресурсов, руководитель проекта, его разработчики и эксперты несут материальную, административную, дисциплинарную, а также уголовную ответственность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адам, А.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов и цехов: Конспект лекций / А.Е. Адам // Инженерный журнал. Справочник: Приложение № 3 к журналу. – 2001. – № 3. – 24 с.
2. Андерс, А.А. Проектирование заводов и механосборочных цехов в автотракторной промышленности: учебное пособие / А.А. Андерс, Н.М. Потапов, А.В. Шулешкин. – М.: Машиностроение, 1982. – 271 с.
3. Бабусенко, С.М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий / С.М. Бабусенко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 352 с.
4. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов: учебник для машиностроительных вузов / М.Е. Егоров. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1969. – 480 с.
5. Иванов, В.П. Проектирование участков ремонтно-восстановительного производства: конспект лекций для студ. спец. 36 01 04 «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов». В 2 ч. Ч. 1 / В.П. Иванов. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 124 с.
6. Иванов, В.П. Проектирование участков ремонтно-восстановительного производства: конспект лекций для студ. спец. 36 01 04 «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов». В 2 ч. Ч. 2 / В.П. Иванов. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 64 с.
7. Иванов, В.П. Ремонт машин. Технология, оборудование, организация: учебник / В.П. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новополоцк: ПГУ, 2006. – 468 с.
8. Общие правила пожарной безопасности Республики Беларусь для промышленных предприятий. ППБ РБ 1.01-94. – Мн.: ООО «ФОИКС», 1995. – 79 с.
9. Практикум по организации ремонтно-обслуживающего производства в АПК: учеб. пособие / В.П. Миклуш [и др.]; под общ. ред. В.П. Миклуша. – Минск: Изд-во «БГАТУ», 2003. – 276 с.
10. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебник / М.М. Болбас [и др.]; под ред. М.М. Болбаса. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.
11. Савич, А.С. Проектирование авторемонтных предприятий. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие / А.С. Савич, А.В. Казацкий, В.К. Ярошевич; под ред. В.К. Ярошевича – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 256 с.
12. Рекомендации по использованию производственных мощностей ремонтных предприятий. – М.: ГОСНИТИ, 1977. – 195 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / Ю.А. Абрамов [и др.]; под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Техническая характеристика автопогрузчиков

Параметры	Марки			
	4020	4022-01	4043	4075
Грузоподъемность, т	1	2	3,2	5
Высота подъема груза, м	4,5	4,5	4,5	4,5
Максимальная скорость подъема груза, м/мин	17	30	22	10
Максимальная скорость движения, км/ч	16	35	36	55
Высота при опущенных вилах, м	2,85	2,9	3,15	3,39
Наименьший радиус поворота, м	1,63	2,15	3,50	7,20
Длина вил, мм	750	1000	1100	1100
Габаритные размеры, мм:				
– длина с вилами	2590	3422	4820	5340
– ширина	964	1400	2164	2250
Мощность двигателя, л.с.	30	45	70	115
Масса без груза, кг	2100	3600	5050	7150

## Техническая характеристика электрокаров

Параметры	Марки электрокаров							
	ЕП018	ЭКВ-П-750	ЭТМ	ЕП10	ЕН101	ЭТ-2040	ЕП031	Е0011-1
Грузоподъемность, кг	630	750	1000	1000	1500	2000	2000	3000
Радиус поворота, м	2,22	2,2	2,1	2,45	2,2	3,25	3,7	3,45
Скорость передвижения, км/ч:								
– с грузом	9,5	8	8	12	8,5	16	12	14
– без груза	12	10	11	16	12	22	16	18
Высота до платформы, мм	575	300	300	570	270	800	760	760
Размеры платформы, мм:								
– длина	1540	1200	1100	1650	1100	2200	2250	2180
– ширина	920	830	700	1050	700	1250	1200	1300
Аккумуляторная батарея	Свинцовая 40 В 160 А·ч	Железо- никелевая 24 В 250 А·ч	Железо- никелевая 24 В 250 А·ч	Свинцовая 40 В 160 А·ч	Свинцовая 40 В 160 А·ч	Железо- никелевая 40 В 400 А·ч	Свинцовая 80 В 160 А·ч	Свинцовая 40 В 250 А·ч
Габаритные размеры, мм:								
– длина	2260	2300	2300	2770	2620	3300	3150	3350
– ширина	920	860	850	1060	1065	1065	1200	1300
– высота	1360	2770	1260	1310	1355	1355	1520	1430
Масса без груза, кг	600	1100	950	900	1000	1850	1360	1750

### Приложение 3

Характеристика однобалочных мостовых подвесных кранов

Грузоподъемность, т	Длина моста, м	Пролет, м	Расстояние от подвесных путей до крюка, мм	Подкрановый путь	Масса крана, кг
1	5,1	4,5	1390	Двухтавровые балки № 18М, 24М, 26М, 30М	695
	5,7	4,5	1390		720
	10,2	9,0	1390		1025
	10,8	9,0	1390		1045
	11,4	9,0	1390		1070
	16,2	15,0	1630		1715
	16,8	15,0	1630		1750
	17,4	15,0	1630		1790
2	5,1	4,5	1650	Двухтавровые балки № 24М, 30М, 36М	895
	5,7	4,5	1650		930
	10,2	9,0	1810		1390
	10,8	9,0	1810		1425
	11,4	9,0	1810		1455
	16,2	15,0	2060		2350
	16,8	15,0	2060		2400
	17,4	15,0	2060		2455
3	5,1	4,5	1980	Двухтавровые балки № 30М, 36М, 45М	1095
	5,7	4,5	1980		1180
	10,2	9,0	2280		1875
	10,8	9,0	2280		1945
	11,4	9,0	2280		1995
	16,2	15,0	2580		2985
	16,8	15,0	2580		3050
	17,4	15,0	1580		3110

### Приложение 4

Характеристика однобалочных мостовых кранов опорного типа

Грузоподъемность, т	Пролет, м	Расстояние от подкрановых путей до крюка, мм	Масса крана, кг
1	5,1...6,0	415	1570
	8,1...11,5	415	2110
	13,6...16,5	415	3110
2	5,1...6,0	640	1890
	8,1...11,5	640	2600
	13,6...16,5	415	3280
3,2	5,1...6,0	890	2340
	8,1...11,5	890	3050
	13,6...16,5	840	3910

Приложение 5

Характеристика грузонесущих подвесных конвейеров

Параметры	Марки		
	ГН-80Р	ГН-100Р	ГН-160Р
Тяговый орган: – разборная цепь – шаг, мм – разрушающая нагрузка, кгс	P2-80-10,6 80 10600	P2-100-22 100 2000	P-160-40 160 40000
Каретка: – наибольшая нагрузка, кгс – диаметр катка, мм	250 65	500 80	800 125
Привод: – тип  – модель редуктора – максимальный крутящий момент, кНм – окружная скорость, м/мин – мощность электродвигателя, кВт	Угловой, для прямого участка, привод-натяжка КДВ-200М1  1,6 0,6...2,2  0,6...2,2	Угловой, гусеничный, привод-натяжка КДВ-250М1  4 1,18...23,6  0,8...5,5	Угловой  КДВ-350М1  10 1,18...23,6  1,5...13
Подвесной путь: – номер балки – радиус горизонтального поворота, мм – угол подъема, град	10  1000 15, 30, 40, 45, 50, 60, 90	14  1600 5, 10, 30, 40, 45, 50, 60	16 или 18  2000 5, 10, 15, 30, 40, 45
Натяжное устройство	С одной или двумя звездочками, с грузовой, винтовой или пружинно-винтовой натяжкой	С одной или двумя звездочками, с грузовой или винтовой натяжкой. С одной звездочкой и пружинно-винтовой натяжкой	С одной или двумя звездочками, с грузовой или винтовой натяжками

Приложение 6

Техническая характеристика роликовых конвейеров

Размеры ролика, мм			Статическая нагрузка на один ролик, кН, при длине ролика, мм								
диаметр наружный	шаг	диаметр оси	100	200	250	320	400	500	650	800	1000
40	50	10	1	1	1	1	1	0,8	0,6	–	–
57	60	12	–	3	3	2	2	1,6	1	1	–
73	80	15	–	5	5	5	5	5	4	4	3
105	125	22	–	–	10	10	10	10	10	8	8
155	200	42	–	–	–	20	20	20	20	20	20

Приложение 7

Цвета трубопроводов

Вещество	Цвет
Вода (питьевая, техническая, для отопления)	Зеленый
Пар (низкого давления, насыщенный, перегретый)	Красный
Воздух (атмосферный, кондиционированный, циркуляционный)	Синий
Газы (горючие и защитные)	Желтый
Кислоты, их растворы и соли	Оранжевый
Щелочи, их растворы и жидкости щелочной реакции	Фиолетовый
Остальные жидкости (горючие и негорючие)	Коричневый
Прочие вещества	Серый

Приложение 8

Условные изображения потребителей пара, электроэнергии, холодной и горячей воды, сжатого воздуха:

-  – подвод пара
-  – потребители электроэнергии
-  – подвод холодной воды к оборудованию
- 75°  – подвод горячей воды к оборудованию (число показывает температуру)
-  – подвод сжатого воздуха

Приложение 9

Удельные площади участков и отделений предприятия по ремонту карбюраторных двигателей мощностью 115 л.с. при двухсменной работе

Наименования участков и отделений	Удельная площадь (м <sup>2</sup> /приведенный ремонт) в зависимости от производственной мощности (год <sup>-1</sup> )				
	6000	7000	8000	9000	10000
1	2	3	4	5	6
Разборочно-очистной, в том числе:	0,081	0,116	0,111	0,109	0,106
– разборочно-очистное отделение	0,066	0,063	0,060	0,059	0,056
– определения технического состояния деталей	0,055	0,053	0,051	0,050	0,048
Цех комплексного восстановления деталей, в том числе:	0,124	0,116	0,110	0,104	0,098
– слесарно-механический участок	0,068	0,064	0,061	0,059	0,056
– тепловой участок *)	0,032	0,029	0,028	0,026	0,025
– гальванический участок	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011
– участок переработки пластмасс	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006

Окончание прил. 9

1	2	3	4	5	6
Участок ремонта агрегатов	0,074	0,067	0,061	0,057	0,055
Комплектовочно-сборочный участок	0,030	0,026	0,023	0,022	0,022
Участок окрашивания	0,036	0,034	0,032	0,031	0,029
Обкаточно-испытательный участок	0,040	0,038	0,035	0,033	0,032
*) На тепловом участке выполняют кузнечные, термические, сварочные и медницкие работы					

## Приложение 10

Распределение трудоемкости ремонта агрегатов по видам работ

Виды работ	Доля, %
Очистка	4...6
Предремонтное диагностирование	1...2
Разборка:	
– общая	3...4
– узловая	3...4
Определение технического состояния и сортировка деталей	2...4
Нанесение восстановительных покрытий	20...30
Механическая обработка	25...30
Комплектование деталей	2...3
Уравновешивание деталей и сборочных единиц	0,5...1
Сборка:	
– узловая	5...10
– общая	10...15
Окрашивание	1...2
Обкатка	5...6
Испытания	0,5...1
Устранение дефектов	1...2
Консервация	0,5...1
Перемещение	1...3

## Приложение 11

Мониторные машины для очистки поверхностей

Марка	Производительность, м <sup>2</sup> /ч	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ОМ-5359 с форсуночным нагревом	40...60	5	1360×950×1130	430
ОМ-5362.01 без нагрева	30...40	7,5	900×600×585	200
ОМ-22612 для очистки абразивной водопесчаной смесью	75	25	1200×900×800	600

## Струйные машины для очистки машин, агрегатов и деталей

Марки, назначение	Показатели						
	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Расход пара, т/ч	Объем баков, м <sup>3</sup>	Размеры очищаемых изделий, мм	Габаритные размеры машины, мм	Масса, т
ОМ 4610 – камерная машина для очистки сборочных единиц и деталей	0,6	7	0,12	0,6	600×600×600	2300×1800×1950	1,1
ОМ-22611 – камерная машина для очистки агрегатов и сборочных единиц	1,0	33	4...6	3,0	1000×900×1000	2510×4785×4220	2,7
ОМ-1366Г.01 – камерная машина для очистки агрегатов и сборочных единиц	2,4	30	6...12	1,2	1600×1200×1200	4200×3000×3200	2,0
ОМ-14259 – камерная машина для очистки автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин	2...6	65	0,6	50	11000×4200×4300	11800×9000×6000	26
ОМ-5535М – камерная машина для наружной очистки автомобилей и тракторов	1...2	86	0,8	25...50	8000×3000×3500	12000×11000×5000	9,0
ОМ-5342 – конвейерная машина для очистки деталей	2	46,7	0,3	4,0	600×500×500	5300×2850×3400	8,7

## Погружные машины для очистки машин, агрегатов и деталей

Марки, назначение	Показатели						
	Производительность	Установленная мощность, кВт	Расход пара, т/ч	Объем баков, м <sup>3</sup>	Размеры очищаемых изделий, мм	Габаритные размеры машины, мм	Масса, т
1	2	3	4	5	6	7	8
ОМ-12191 – для очистки сборочных единиц и деталей	0,1...0,2 т/ч	0,9	0,03	0,5	700×380×260	1250×1460×2300	0,87
ОМ-22608 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	0,4 т/ч	5,7	0,07	1,6	850×750×550	3320×2510×2682	1,6
ОМ-22609 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	0,8 т/ч	5,7	0,15	3,0	1800×1100×1500	5530×3300×4330	2,6
ОМ-21602 – для наружной и внутренней очистки сборочных единиц и деталей	1,5 т/ч	1,5	0,25	6,0	2500×1100×1100	3000×2300×3700	3,8
ОМ-21608 – шлюзовая машина для очистки под-разобранных автомобилей и тракторов	1 ед./ч	126	0,49	130,0	6000×2500×2800	8860×7500×4800	33,5
ОМ15429 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	5 т/ч	21	0,30	14,5	1400×1020×1010	7220×4700×3960	12
ОМ-14251 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	4 т/ч	21,6	0,18	4,5	1200×1000×1000	4630×2830×2870	4
ОРГ-4990Б – для расконсервации прецизионных пар	50 м <sup>2</sup> /ч	4,7	–	0,1	600×350×300	1000×650×1000	0,15

Окончание прил. 13

1	2	3	4	5	6	7	8
ОМ-9788А – для очистки деталей от продуктов коррозии и накипи	2 т/ч	18,2	0,1	0,5	1000×1050×1200	1600×1350×1675	1,2
ОМ-3996 – для удаления лакокрасочных покрытий	1 компл./ч	–	0,4	10	2500×2500×1200	4500×3400×2150	3,5
УЗВ-16М – ультразвуковая ванна для очистки деталей	0,2 т/ч	5	0,3	0,08	300×600	970×975×965	0,20
УЗВ-17М – ультразвуковая ванна для очистки деталей	0,3 т/ч	7,5	0,3	0,12	300×900	1370×875×965	0,30
УЗВФ-1 – ультразвуковая установка	0,1 т/ч	11	–	0,18	300×300	1845×902×1005	0,65
ОМ-5471 – автоматизированная линия для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений	2,5 ед./ч	4	0,15	4,8	750×550×850	11000×2100×3800	6

Приложение 14

## Комбинированные очистные машины

Марки, назначение	Показатели						
	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Расход пара, т/ч	Объем баков, м <sup>3</sup>	Размеры очищаемых изделий, мм	Габаритные размеры машины, мм	Масса, т
ОМ-9318 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	4	43,6	0,25	5,9	850×750×550	15,5 м <sup>2</sup>	8,3
ОМ-7421 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	8	80	0,40	20	1200×800×700	10500×3800×4100	17,2
ОМ-5333 – для очистки агрегатов, сборочных единиц и деталей	12	100	0,50	22	1500×700×1000	12070×3600×3100	47,5

## Циркуляционные очистные машины

Марки, назначение	Показатели						
	Производительность, ед./ч	Установленная мощность, кВт	Расход пара, т/ч	Объем баков, м <sup>3</sup>	Размеры очищаемых изделий, мм	Габаритные размеры машины, мм	Масса, т
ОМ-14241 – машина с напольным конвейером для безразборной очистки двигателей	2...3	25	0,2	5	1800×1100×1500	4500×3500×6900	4
ОМ-21614 – машина с подвесным конвейером для безразборной очистки двигателей	1...3	56	0,4	15	2200×1600×1600	12 м <sup>2</sup>	4
ОМ-3600 – для очистки масляных каналов в деталях	2	17	0,1	0,9	1000×800×800	2920×2400×2485	0,9
ОМ-22601 – для очистки масляных каналов коленчатых валов	8	8	0,08	0,7	–	1570×1700×1340	0,65
ОМ-2871Б – для очистки полостей картеров	1...2	3	–	–	–	2460×663×815	0,14
ОМ-21605 – для очистки системы охлаждения от накипи	1	0,6	–	0,15	–	1210×610×1805	0,8
ОМ-9873 – для очистки топливных баков	3	27,2	0,08	1,5	2610×1310×2200	4300×2100×2200	4,1
ОМ-9846 – для очистки трубок и шлангов	60	30	–	0,8	диаметр 10...27	2400×840×1465	0,41

## Специальные машины для очистки

Марки, назначение	Показатели						
	Производительность	Установленная мощность, кВт	Расход пара, т/ч	Объем баков, м <sup>3</sup>	Размеры очищаемых изделий, мм	Габаритные размеры машины, мм	Масса, т
ОМ-6068А – для очистки метизов и мелких деталей мокрой галтовкой	0,16 т/ч	0,6	–	0,1	до 150	1350×800×1430	0,25
ОМ-14249 – для очистки метизов и мелких деталей мокрой галтовкой	0,4 т/ч	1,1	0,03	0,65	до 150	1870×1525×1200	0,75
ОМ-12413 – для очистки ступиц колес автомобилей и тракторов	35 ед/ч	7,7	–	–	580×580×360	300×1800×2800	1,12
ОР-9971А – для очистки фильтров воздухоочистителей	6...8 ед./ч	8,0	–	0,24	500×500×250	1,2 м <sup>2</sup>	0,4

## Приложение 17

### Характеристика машин для очистки деталей в расплаве щелочей и солей

Показатели	ОМ-4944	ОМ-5458
Производительность, т/ч	0,3...0,5	0,6...0,7
Одновременная загрузка, кг	90	
Число ванн	4	
Установленная мощность, кВт	70	73,4
Максимальные размеры деталей, мм	1050×500×500	

## Приложение 18

### Характеристика ультразвуковых установок

Показатели	Модель			
	УЗВ-15М	УЗВ-16М	УЗВ-17М	УЗВ-18М
Вместимость ванны, л	40	80	120	150
Размеры, мм	400×400×300	700×450×300	1100×450×300	1400×450×300
Тип преобразователя	ПМС-6-22	ПМС-6-22	ПМС-6М	ПМС-6М
Число преобразователей	1	2	3	4
Потребляемая мощность, кВт	2,5	5,0	7,5	10,0
Тип генератора	УЗГ-2,5	УЗГ-6,3	УЗГ-10	УЗГ-10У
Расход воды, л/мин	9	14	18	22

## Приложение 19

### Техническая характеристика магнитопорошковых дефектоскопов

Тип	Род тока	Максимальная сила тока, А	Напряженность поля при полюсном намагничивании, А/м	Максимальная длина детали, мм
УМДЭ-10000	Переменный однополупериодный	12000	24000	1600
	Выпрямленный	15000	24000	1600
УМДЭ-2500	Переменный	5000	20000	900
МД-10П	Переменный, импульсный	20000	40000	2000
У-604-68	Переменный	10000	48000	1725
МДС-1,5	Переменный	2500	8000	200
МДС-5	Переменный	7500	8000	900

## Приложение 20

### Техническая характеристика стендов для определения герметичности внутренних полостей

Функция	Марка	Давление сжатого воздуха, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Проверка прилегания клапанов к седлам головки цилиндров	КИ-16311	0,03...0,06	430×185 ×268	10
Проверка герметичности головки цилиндров двигателей ЯМЗ-238НБ и ЯМЗ-240Б	КИ-13801	0,6	1025×1000 ×1450	330
Проверка герметичности головок цилиндров двигателей ЗМЗ-53 и ЗИЛ-130	КИ-21885	0,4	1680×960 ×1130	440
Проверка герметичности блока цилиндров двигателей ЗМЗ-53	КИ-11210	0,4	2580×1220 ×1485	1150
Проверка герметичности блока цилиндров двигателей ЗИЛ-130	КИ-9764	0,4	1945×1000 ×1425	1000
Проверка герметичности блока цилиндров двигателей ЯМЗ-238НБ	КИ-17907	0,4	1407×1120 ×1197	568
Проверка герметичности блока цилиндров двигателей ЯМЗ-240Б	КИ-17908	0,4	1612×1150 ×1367	990
Проверка герметичности блок-картера двигателей СМД-62, СМД-62 и СМД-64	КИ-13184	0,6	30070×1678 ×1980	1690

## Приложение 21

### Типы и параметры гальванических ванн

Тип	Внутренние размеры, мм			Рабочий объем, л
	длина	ширина	высота	
01	600	550	800	250
02	800	700	800	400
03	1200	700	800	600
04	1500	700	800	750
05	800	700	1000	550
06	1200	700	1000	800
07	1500	700	1000	1000
08	1500	1000	1000	1300
09	2200	700	1000	1400
10	2200	1000	1000	2000
11	3000	700	1000	2000
12	3000	1000	1000	2700
13	800	450	800	270
14	800	450	1000	350

Приложение 22

Основные данные выпрямителей

Выпрямители	Номинальные параметры		КПД, %	Габаритные размеры в плане, мм	Масса, кг
	Ток, А	Напряжение, В			
<i>Кремниевые</i>					
ВАК-100-12У4	100	12/6	78	850x570	190
ВАКР-100-12У4	100	24/12	78	850x570	190
ВАКР-320-18У4	320	18/9	79	870x530	230
ВАК-630-24У4	630	24/12	82	1085x600	550
ВАК-1600-12У4	1600	12/6	88	870x530	260
ВАК-3200-12У4	3200	12/6	83	1290x820	1100
<i>Тиристорные</i>					
ТЕ1-100/12Т-0	100	12	78	600x400	135
ТЕ1-400/12Т-0	400	12	82	1000x400	315
ТЕ1-800/12Т-0	800	12	83	1000x600	380
ТВ1-1600/12Т-0	1600	12	83	1000x600	510
ТЕР1-400/12Т-0	400	12	82	1000x400	345
ТВР1-1600/24Т-0	1600	12	83	1000x600	525
ТВИ1-1600/24Т-0	1600	24	87	1000x600	670

Приложение 23

Приборы для контроля измерительного межосевого расстояния  
зубчатых колес

Модель	Параметры						
	Мо- дуль, мм	Делитель- ный диа- метр, мм	Межосевое расстояние, мм	Цена деления, мм	Класс точ- ности	Габаритные размеры, мм	Мас- са, кг
МЦ-50	0,2...1,0	5...80	До100	0,001	АВ, В	173x363x420	11,5
МЦ-160М	0,2...1,0	5...160	40...200	0,001	АВ, В	752x470x505	103
МЦ-400Б	1...10	20...320	100...320	0,001	АВ, В	1100x320x305	200
МЦ-400Э	1...10	20...320	40...320	0,002	АВ, В	1090x390x1100	240

Приложение 24

Техническая характеристика электрических редкоударных гайковертов

Показатели	Марки гайковертов		
	ИЭ3112	ИЭ3115А	ИЭ3116
1	2	3	4
Энергия удара, не менее, Дж	100	25	25
Диапазон затягиваемых резьб для классов прочности:			
3,6...6,6	24...48	13...30	18...30
6,8...14,9	18...27	12...20	12...20
Частота ударов, с <sup>-1</sup>	1	2	2
Момент затяжки, Н·м	2100	700	700

Окончание прил. 24

1	2	3	4
Полезная мощность, Вт	120	180	270
Переменный ток	Трехфазный	Однофазный	Трехфазный
Напряжение, В	220	220	36
Частота тока, Гц	50	50	200
Масса, кг	12,5	5	5
Тип электродвигателя	Асинхронный	Коллекторный	Асинхронный

### Приложение 25

Техническая характеристика электрических гайковертов с высокой частотой ударов

Показатели	Марки гайковертов		
	ИЭ3113	ИЭ3114	ИЭ3117
Наибольший диаметр резьбы, мм	16	16	12
Момент затяжки за 3 с, Н·м	120	120	63
Тип электродвигателя	Коллекторный	Асинхронный	Асинхронный
Полезная мощность, Вт	180	180	120
Переменный ток	Однофазный	Трехфазный	Трехфазный
Напряжение, В	220	36	36
Частота тока, Гц	50	200	200
Масса, кг	3,5	3,5	3,5

### Приложение 26

Техническая характеристика пневматических ударных гайковертов

Показатели	Марки гайковертов					
	ИП3111	ИП3112	ИП3113	ИП3106	ИП3205	ИП3207
Наибольший диаметр резьбы, мм	12	14	18	42	42	14
Момент затяжки, Н·м	63	100	250	1500	1500	100
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0	0,7
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Масса, кг	1,9	2,2	3,0	9,0	9,5	2,6

### Приложение 27

Характеристики пневматических машинок

Показатели	ИП-1020	ИП-1021	ИП-1022	ИП-1012
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> :				
	– на холостом ходу	3000	450	1100
– под нагрузкой	1500	250	600	400
Мощность на шпинделе, кВт	0,44	0,6	0,6	1,2
Наибольший расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	1,0	1,2	1,2	1,7
Габаритные размеры, мм	22×57×155	370×61×157	370×61×157	552×118×342
Масса, кг	1,8	2,3	2,3	9,3

## Приложение 28

### Характеристики электрических машинок

Показатели	ИЭ-2004	МОП-2	ИЭ-2101	ИЭ-2103А	ИЭ-2102А
Диаметр абразивного круга (щетки), мм	150	160	175	175	225
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	380	3000	1800	8700	6800
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	0,8	0,12	0,28	1,6	1,6
Напряжение тока, В	36	36	220	36	36
Частота тока, Гц	200	200	180	200	200
Габаритные размеры, мм	585×166 ×158	Диаметр 155	475×175 ×150	467×262 ×184	486×288 ×184
Масса, кг	5,5	3,1	4,5	8,0	8,2

## Приложение 29

### Характеристика ручных пневматических краскораспылителей

Параметры	Марки краскораспылителей				
	КРУ-1	ЗИЛ	СО-71	О-37А	КРП-3
Расход краски, г/мин	480	600	480	120	350
Давление сжатого воздуха, МПа	0,4	0,55	0,5	0,2	0,4
Максимальный расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	11	25	20	5	12
Ширина факела, мм	300	520	120	80	320
Масса краскораспылителя, кг	0,66	0,82	0,63	0,35	0,65

## Приложение 30

### Техническая характеристика красконагнетательных бачков

Параметры	Марки красконагнетательных бачков			
	СО-12	СО-42	СО-13	СО-52
Тип бачка	БКР-16	БКП-40	БКП-60	БКП-100
Емкость, л	16	40	60	100
Наибольшее давление воздуха, МПа	0,4	0,4	0,4	0,4
Количество подключаемых краскораспылителей	1	2	2	2
Габаритные размеры (диаметр бака × высота), мм	350×670	450×790	450×1030	525×1020
Масса, кг	20	32	37	60

## Приложение 31

### Техническая характеристика оборудования для нанесения ЛКМ

Параметры	Марки окрасочных агрегатов			
	СО-5	СО-4	СО-75	СО-74
Наибольшая производительность, м <sup>2</sup> /ч	400	400	400	50
Наибольший расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	30	30	20	3
Давление воздуха при распылении, МПа	0,3...0,5	0,3...0,5	0,2...0,3	–
Давление воздуха на краску, МПа	0,05...0,2	0,05...0,2	0,3...0,3	–
Масса, кг	30	170	180	22,5
Марка компрессорной установки	–	СО-7А	СО-7А	СО-45А
Марка краскораспылительного бачка	СО-12	СО-12	СО-12	–
Краскораспылитель	–	–	СО-71	СО-19А

## Приложение 32

### Технические характеристики установок безвоздушного распыления ЛКМ

Показатели	Без нагрева ЛКМ			С нагревом ЛКМ	
	УБРХ-1М	Радуга-063	УРБ-01	УРБ-2	УРБ-3
Производительность: – по расходу краски, кг/мин	1,7	0,6	0,3...2,0	0,3...0,6	0,3...1,2
– по площади поверхности, м <sup>2</sup> /ч	350...400	300...350	350...650	350...400	350...400
Максимальное давление краски при выходе из сопла, МПа	19	12...20	14...28	4...7	4...10
Мощность нагревателя, кВт	–	–	–	2,6	3,0
Масса установки, кг	50	22,5	40	230	110
Масса распылителя, кг	0,85	–	–	0,46	0,58

Характеристика обкаточно-тормозных стендов

Параметры	Стенды				
	КИ-4893	КИ-1363В	КИ-2139Б	КИ-2118А	КИ-5274
Электрическая балансирная асинхронная машина с фазным ротором: – марка – мощность, кВт – синхронная частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	АКБ 82-6 40 1000	АКБ 82-06 40 1000	АКБ 82-6 50 1500	АКБ 92-4 90 1500	АКБ 101-4 160 1500
Пределы регулирования частоты вращения ротора, мин <sup>-1</sup> : – в режиме двигателя – в тормозном режиме	500...950 1100...2000	500...950 1100...2000	500...1400 1600...3000	600...1400 1600...3000	500...1400 1600...3000
Тахометр для измерения частоты вращения ротора – тип – пределы измерения частоты вращения ротора, мин <sup>-1</sup> – основная погрешность измерения частоты вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	Электрический аналоговый				Импульсный цифровой
	400...3000 55	400...3000 55	400...3000 55	400...3000 55	50...9999 0,015 %
Наибольшая тормозная мощность, л.с.	110	110	150	250	400
Емкость бака жидкостного регулировочного реостата, л	300	300	300	300	600
Максимальный крутящий момент, кгс·м	30	30	40	90	120
Весовой маятниковый механизм с расчетным плечом 716,2 мм: – пределы измерений по шкале циферблата, кгс – цена минимального деления, кгс – погрешность измерений, кгс	0...50 0,5 0,5	0...50 0,5 0,5	0...60 0,5 0,5	0...130 0,5 0,5	0...180 0,5 0,5
Манометр для измерения давления масла: – тип – верхний предел измерения, кгс/см <sup>2</sup> – класс точности	Гидравлический избыточного давления				Электрический, потенциометрический
	10 2,5	10 2,5	10 2,5	10 2,5	10 1,0
Емкость бака для топлива, л	100	100	100	100	100
Масса, кг	2600	2000	2280	2500	3600

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА.....	6
1.1. Структура предприятия, содержание и порядок проектирования его производственных участков .....	6
1.1.1. Состав и функции производств и участков предприятия.....	6
1.1.2. Содержание проекта производственного участка.....	9
1.1.3. Порядок проектирования производственного участка .....	12
1.1.4. Критерии качества планировок .....	14
1.2. Производственное здание, оборудование, инженерные сети .....	15
1.2.1. Классификация зданий.....	15
1.2.2. Конструкция промышленного здания .....	18
1.2.3. Координационные оси, пролеты здания, сетка колонн .....	23
1.2.4. Оборудование предприятия.....	27
1.2.5. Инженерные сети.....	30
1.3. Компонировка производственного здания.....	32
1.3.1. Выбор здания и определение его компоновки.....	32
1.3.2. Расположение производственных участков в здании.....	33
1.3.3. Заполнение объема здания .....	36
1.4. Нормы технологического проектирования.....	37
1.4.1. Требования к расстановке оборудования.....	37
1.4.2. Правила изображения оборудования на планировке участка .....	38
1.4.3. Нормы расстановки оборудования .....	40
1.4.4. Привязка оборудования .....	42
1.4.5. Проезды и проходы .....	43
1.5. Требования к планировке производственного участка .....	44
1.5.1. Строительные нормы и правила .....	44
1.5.2. Противопожарные требования .....	45
1.5.3. Санитарные нормы и требования.....	53
1.5.4. Требования к охране окружающей среды.....	59
1.6. Технологические и экономические расчеты при проектировании производственного участка .....	59
1.6.1. Производственная мощность предприятия и его участков .....	59
1.6.2. Затраты труда на изготовление или ремонт машины .....	62
1.6.3. Годовой объем работ .....	63
1.6.4. Режим работы предприятия и годовые фонды времени.....	65
1.6.5. Количество технологического оборудования и рабочих мест.....	67
1.6.6. Количества грузоподъемного транспорта.....	71
1.6.7. Расчет поточных линий.....	72
1.6.8. Численность работающих .....	75
1.6.9. Производственная площадь участка.....	78
1.6.10. Расход производственных ресурсов .....	83
1.6.11. Экономические расчеты.....	89

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	91
2.1. Потребность в изготовлении и ремонте техники и производственная мощность предприятия .....	91
2.2. Затраты труда на единицу продукции .....	91
2.3. Численность работающих.....	92
2.4. Выбор видов и расчет количества оборудования .....	94
2.5. Производственная площадь участка.....	96
2.6. Взрывопожарная и пожарная опасность производства .....	96
2.7. Участок разборки агрегатов, очистки и сортировки деталей .....	98
2.7.1. Технологический процесс и организация работ .....	98
2.7.2. Оборудование участка.....	100
2.7.3. Особенности проектирования участка .....	104
2.7.4. Задание на проектирование участка .....	107
2.8. Участок восстановления деталей.....	108
2.8.1. Технологический процесс и организация участка восстановления деталей .....	108
2.8.2. Оборудование участка.....	113
2.8.3. Планировка участка .....	113
2.8.4. Задание на проектирование участка .....	115
2.9. Гальванический участок .....	116
2.9.1. Технологический процесс нанесения покрытий. Особенности технологических расчетов .....	116
2.9.2. Оборудование участка .....	119
2.9.3. Особенности составления планировок .....	121
2.9.4. Задание на проектирование участка .....	125
2.10. Комплектовочно-сборочный участок.....	126
2.10.1. Назначение, технологический процесс и организация участка ....	126
2.10.2. Оборудование участка.....	130
2.10.3. Планировка участка .....	132
2.10.4. Задание на проектирование участка .....	135
2.11. Участок окрашивания .....	136
2.11.1. Технологический процесс и особенности ремонтного окрашивания.....	136
2.11.2. Оборудование участка.....	141
2.11.3. Особенности проектирования участка .....	143
2.11.4. Задание на проектирование .....	148
2.12. Обкаточно-испытательный участок .....	149
2.12.1. Технологический процесс и организация работ.....	149
2.12.2. Оборудование участка.....	152
2.12.3. Особенности проектирования участка .....	155
2.12.4. Задание на проектирование .....	157
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	158
ЛИТЕРАТУРА.....	159
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	160

*Учебное издание*

ИВАНОВ Владимир Петрович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ  
УЧАСТКОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ  
ПРАКТИКУМ

Редактор *А.Э. Цибульская*

Дизайн обложки *И.С. Васильевой*

---

Подписано в печать 25.05.07. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 10,44. Уч.-изд. л. 10,13. Тираж 65. Заказ 445.

---

Издатель и полиграфическое исполнение –  
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

ЛИ № 02330/0133020 от 30.04.04 ЛП № 02330/0133128 от 27.05.04

211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29