

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф.ГОРБАЧЕВА»**

Кафедра технологии машиностроения

С.Н. КОВАЛЬЧУК

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Рекомендовано в качестве учебного пособия
учебно-методической комиссией специальности
151001 «Технология машиностроения»

Кемерово 2011

Рецензент:

Клепцов А.А. – зав. кафедры технологии машиностроения, председатель УМК специальности «Технология машиностроения»

Ковальчук Светлана Николаевна. Проектирование машиностроительного производства: учеб. пособие [Электронный ресурс]: для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» / С. Н. Ковальчук. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 26 Мб ; Windows 97 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. - Загл. с экрана.

Написано в соответствии с учебной программой дисциплины «Проектирование машиностроительного производства» специальности 151001 «Технология машиностроения». Предназначено для использования при изучении теоретического курса, проведении практических занятий и выполнении соответствующих разделов дипломных проектов студентами всех форм обучения, а также инженерно-техническими работниками технологических служб машиностроительных предприятий.

Изложены методы и методики проектирования цехов механосборочного производства современных машиностроительных предприятий. Приведены справочно-нормативные данные, условные обозначения, применяемые на машиностроительных планах, необходимые для проектирования. Уделено внимание планировочным решениям цехов механосборочного производства и задачам технического перевооружения производства.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
Глава 1. Основы проектирования машиностроительного производства	5
1.1. Основные задачи, этапы и последовательность проектирования	5
1.2. Генеральный план завода	9
1.3. Структура завода	9
Глава 2. Проектирование механических цехов	12
2.1. Классификация механических цехов	12
2.2. Режим работы и фонды рабочего времени	15
2.3. Производственная программа цеха	17
2.4. Основные формы организации работ в цехе	20
2.5. Методы определения трудоемкости и станкоемкости обработки	21
2.6. Определение потребного количества оборудования	23
2.7. Рабочий состав цеха и определение его численности	28
2.8. Грузооборот и площадь цеха	32
Глава 3. Проектирование вспомогательных служб	34
3.1. Заготовительное отделение	34
3.2. Заточное отделение	34
3.3. Проектирование технического контроля	35
3.4. Ремонтная база производственного цеха	36
3.5. Отделение для приготовления и раздачи СОЖ	38
3.6. Отделение для переработки стружки	39
3.7. Складские помещения	43
Глава 4. Проектирование сборочных цехов	46
4.1. Организационные формы сборки	46
4.2. Определение трудоемкости сборки	48
4.3. Определение количества рабочих мест и оборудования	49
4.4. Рабочий состав сборочного цеха	50
4.5. Площадь сборочного цеха	51
Глава 5. Проектирование внутризаводского транспорта	52
5.1. Основные виды подъемно-транспортного оборудования	52
5.2. Напольно-тележечный транспорт	53
5.3. Крановое оборудование	54
5.4. Подвесной транспорт	55
5.5. Напольные конвейеры и транспортеры	57

5.6. Промышленные роботы	58
5.7. Транспортные устройства, применяемые при сборке	60
5.8. Расчет потребного количества подъемно-транспортного оборудования	63
Глава 6. Производственные здания	65
6.1. Классификация зданий	65
6.2. Одноэтажные здания	66
6.3. Многоэтажные здания	70
6.4. Расчет высоты пролетов здания	70
Глава 7. Планировка и компоновка цеха	74
7.1. Планировка оборудования и рабочих мест	74
7.2. Общая планировка механического цеха	82
7.3. Планировка сборочного цеха	82
7.4. Компоновка цехов	85
7.5. Организация рабочего места	88
Глава 8. Техничко-экономические показатели проекта механического цеха	90
8.1. Основные технико-экономические показатели	90
8.2. Дополнительные технико-экономические показатели	91
ПРИЛОЖЕНИЕ	92
Список литературы	102

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проектирование является первым и основным этапом капитального строительства, обеспечивающим создание новых и реконструкцию действующих механосборочных и вспомогательных цехов и малых предприятий машиностроительного профиля. Проектирование является сложным и трудоемким процессом, в ходе которого одновременно решаются технические, экономические и организационные задачи. Основной целью проектирования является разработка наиболее экономичных проектов цехов и малых предприятий, обеспечивающих выпуск высококачественной продукции при наиболее благоприятных условиях труда. В современных условиях проектирование цехов и малых предприятий механосборочного профиля становится комплексной проблемой, объединяющей передовые достижения технологии машиностроения, экономики и организации промышленности, строительства, транспорта. На проектирование цеха или малого предприятия, строительство, монтаж и полное освоение производства уходит несколько лет.

Настоящее учебное пособие ставит целью ознакомить студентов с принципами проектирования основных и вспомогательных цехов механосборочного производства новых и реконструируемых предприятий и привить им соответствующие навыки.

Актуальность этой задачи обусловлена тем, что многие предприятия в настоящее время переходят на выпуск новой номенклатуры продукции или существенно ее расширяют в соответствии с требованиями рынка, организационно перестраиваются. Взамен крупных возникает много малых предприятий механосборочного профиля, по организационной структуре, мало отличающихся от средних и малых механосборочных или вспомогательных цехов, как правило, с широкой номенклатурой выпускаемой продукции, гибко реагирующих на изменение потребностей рынка. В связи с этим, задачи проектирования новых малых предприятий и расчета реконструируемых цехов и участков все чаще встречаются в повседневной работе инженеров-технологов, а отсутствие надлежащих знаний и информации в этой области может привести к неоправданным затратам на организацию нового производства или к просчетам, сводящим на нет все усилия по организации выпуска конкурентоспособной продукции.

Предлагаемое пособие дает возможность будущим специалистам освоить методы проектирования машиностроительных цехов, участков и основные задачи, которые необходимо решать на каждом этапе освоения технологического процесса.

Глава 1

Основы проектирования машиностроительного производства.

1.1. Основные задачи, этапы и последовательность проектирования

При разработке проектов реконструкции существующих или создания новых цехов машиностроительных предприятий необходимо решать ряд задач. Это экономические, технические и организационные задачи.

К первым задачам относится экономическое обоснование:

- выбора объекта производства и степени специализации цеха;
- производственной программы;
- выбора места расположения проектируемого объекта на генеральном плане прилегающей местности (предприятия);
- выбранных источников снабжения цеха или предприятия сырьем, материалами, полуфабрикатами, энергией всех видов, водой;
- необходимых размеров основных и оборотных средств.

К экономическим задачам необходимо отнести определение себестоимости новой продукции с учетом затрат на конструкторское и технологическое сопровождение, а также определение экономической эффективности сделанных затрат.

Технические задачи включают в себя:

- проектирование технологических процессов обработки и сборки;
 - определение годовой станкоемкости механической обработки и трудоемкости сборки;
 - определение потребного количества и состава основного и вспомогательного оборудования;
 - определение и расчет потребного количества и состава работающих в цехе;
 - расчет потребного количества сырья, материалов и энергии всех видов;
 - разработку систем транспорта, освещения, отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации;
 - расчет производственных, вспомогательных, административно-конторских и санитарно-бытовых площадей цеха, разработку внутренней планировки производственных корпусов и вспомогательных зданий;
 - определение размеров, типов и форм зданий, разработку их конструкций и взаимного расположения на генеральном плане прилегающей местности (предприятия);
 - разработку мероприятий по охране труда, пожарной безопасности;
- Организационные задачи охватывают:

- определение структуры управления цехом или МП, включая административные, технические и финансово-хозяйственные службы;
- установление содержания и порядка прохождения документации, форм планирования, отчетности и контроля;
- решение вопросов научной организации труда и рабочих мест;
- разработку мероприятий по подготовке кадров и др.

За последнее столетие резко возросло негативное воздействие человека на природу. При этом скорость негативных эффектов значительно превышает восстановительные возможности природной среды. Основными загрязнителями природы являются промышленные предприятия. Несовершенство современных технологий не позволяет полностью перерабатывать минеральное сырье. Большая часть его возвращается в природу в виде отходов, которые представляют собой бросовое неиспользованное сырье. К основным видам промышленных отходов относятся осадки очистных сооружений промышленных предприятий, нефтепродукты, смазочно-охлаждающие и закалочные жидкости, отходы литейного производства, шламы, и другие токсичные остатки. В настоящее время не утилизируемые промышленные отходы в своем большинстве хранят на территории самих предприятий, а также вывозят их, загрязняя почву, поверхностные и подземные воды.

Поэтому, одной из важнейших задач проектирования новых промышленных предприятий и цехов является обеспечение экологической безопасности окружающей среды. Это возможно только при использовании безотходных замкнутых промышленных технологий. Реализация задачи использования внутризаводских отходов основывается на новейших достижениях науки, техники, технологии и позволяет решить сразу две проблемы: во-первых, сократить вовлечение в производство новых ресурсов, а во-вторых, прекратить загрязнение окружающей среды.

Принятая в нашей стране методика проектирования предусматривает разделение проектирования на два последовательных этапа: предпроектный, на котором определяют рациональность и эффективность строительства или реконструкции, и проектный, на котором разрабатывают проект цеха в одну или две стадии в зависимости от масштаба выпуска и сложности объекта производства.

Предпроектные работы проводят в 2 подэтапа:

- предпроектное обследование и разработка технико-экономического обоснования (ТЭО);
- разработка и утверждение технической заявки на создание и внедрение производственной системы (например, цех или участок) или технического задания на проектирование.

Проектирование участков и цехов осуществляют на основании технического задания. Разработку задания на проектирование осуществляет Заказчик проекта совместно с проектной организацией.

В задании на проектирование указывают следующее:

- обоснование выбора площадки для размещения проектируемого объекта, сведения о размерах, рельефе, условиях освоения;
- номенклатура объектов производства;
- объем выпускаемой продукции в натуральном и стоимостном выражениях;
- режим работы цеха, участка;
- эффективные фонды времени оборудования, рабочих мест и рабочих;
- требования по защите окружающей среды и утилизации отходов;
- необходимость разработки автоматизированной системы управления производством;
 - намечаемые сроки строительства;
 - стадийность проектирования;
 - перечень основных требований к архитектурно-художественному оформлению и благоустройству территории.

К заданию на проектирование прикладывают заключение головного института отрасли о техническом уровне изделий, подлежащих выпуску и их перспективности.

Проектирование цеха или участка осуществляют в одну или в две стадии. Стадией называется определенный объем проектных работ, которые необходимо выполнить в данный проектный период.

Если при проектировании в достаточно большой степени используют типовые и повторно применяемые ранее разработанные технические решения (а также при проектировании несложных объектов), то разрабатывают технический проект, т.е. проектирование ведут в одну стадию. При этом типовые или повторно применяемые проекты тщательно анализируют на соответствие их современному уровню науки и техники, требованию норм технологического проектирования, требованиям экологической безопасности и, при необходимости, вносят в них соответствующие изменения.

В случае применения новой неосвоенной технологии производства, нового высокопроизводительного технологического оборудования и при особо сложных условиях строительства проектирование цеха ведут в две стадии: сначала выполняют технический проект, а затем, после его утверждения, разрабатывают рабочие чертежи.

При раздельном проектировании на первой стадии решают комплекс технических, экономических и организационных задач, включающий:

- технико-экономическое обоснование производственной программы;
- выбор и технико-экономическое обоснование конкурирующих вариантов получения заготовок деталей;
- выбор форм организации производства;

- разработку технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий (при многономенклатурном производстве – деталей и изделий – представителей); - расчет количества и определение состава основного и вспомогательного металлорежущего и подъемно-транспортного оборудования, выбор типов поточных и автоматических линий, гибких производственных систем и, при необходимости, их проектирование;
- определение численности и состава работающих в цехе;
- предварительный расчет производственных, вспомогательных, административно-конторских и санитарно-бытовых площадей цеха;
- разработку компоновки цеха, выбор типов производственного и вспомогательного зданий;
- разработку технологической планировки цеха и мероприятий по охране труда работающих, экологии производства, пожарной безопасности, гражданской обороне;
- экономическое обоснование проектных решений. Расчет сметы строительства, капиталовложений, себестоимости продукции, фондов заработной платы и т.п.;
- определение технико-экономических показателей проектируемого цеха.

На второй стадии детализируют технические решения, принятые на первой стадии, и разрабатывают следующие чертежи:

- оригинального технологического оборудования;
- специальных средств механизации и автоматизации технологических операций;
- технологических планировок (рабочие чертежи);
- специальных элементов и конструкций зданий;
- специальной строительной технологической оснастки и др.

При выполнении проектов в одну стадию детальное проектирование цеха не осуществляют, так как используют типовые проекты аналогичных цехов с хорошими технико-экономическими показателями. Поэтому при одностадийном проектировании главным образом совершенствуют выбранный (базовый) проект с учетом последних достижений науки и техники и требований экологической безопасности. Это обеспечивает минимально возможные сроки проектирования и строительства.

1.2. Генеральный план завода

Первичным документом, на основании которого ведется подробная разработка рабочих чертежей зданий и сооружений является генеральный план.

Генеральный план завода - это чертеж, на котором нанесено расположение всех его зданий и сооружений, рельсовых и безрельсовых дорог, подземных и наземных сетей, увязанных с рельефом и благоустройством территории.

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

1. Машиностроительные заводы с полным производственным циклом, включающим все этапы изготовления машины; такие заводы имеют все три основные группы цехов – заготовительные, обрабатывающие и сборочные.

2. Машиностроительные заводы, выпускающие только заготовки для различных деталей машин, т.е. отливки, поковки, штамповки, которыми они снабжают другие машиностроительные заводы. Основные цеха – крупные литейные и кузнечные, кроме того в ряде случаев на таких предприятиях производится предварительная механическая обработка (обдирка) для выявления поверхностных дефектов, а также для снижения объема транспортируемого металла.

3. Машиностроительные заводы, производящие механическую обработку заготовок, полученных с других предприятий и сборку машин, а также заводы, производящие только сборку машин из деталей, узлов и агрегатов, полученных с других заводов («отверточная сборка» - часто применяется при начале продвижения продукции на новом рынке). В состав таких заводов входят обрабатывающие (механические) и сборочные цехи, во втором случае – только сборочные.

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

- расположение источников сырья и энергоносителей;
- развитие транспортной инфраструктуры (ж/д, авто, речного и морского транспорта);
- наличие рабочей силы и возможностей ее привлечения;
- удаленность от основных рынков сбыта;
- наличие свободных земельных ресурсов.

Основные принципы, лежащие в основе проектирования генерального плана:

- прямоточность технологических процессов;
- использование минимальной площади под застройку;
- сокращение коммуникаций;
- обеспечение безопасности, благоприятных условий труда и перемещения рабочих по территории.

1.3. Структура завода.

Цеха завода подразделяются на производственные (основные), вспомогательные и обслуживающие.

Основные производственные цеха – те, в которых выполняется обработка и сборка деталей, сборочных единиц и изделий, составляющих ос-

новную производственную программу предприятия. Среди них выделяют: заготовительные, обрабатывающие и сборочные цеха.

К заготовительным относятся: раскройно-заготовительные (правка, резка, зацентровка, обдирка сортового металла, раскрой листового металла); литейные (чугунного, стального, цветного литья, специальных методов литья); кузнечные (кузнечно-штамповые и кузнечно-прессовые),

К обрабатывающим относятся: механические; термические; прессовые (холодной штамповки); цеха металлических конструкций; металлопокрытий; окрасочные; деревообрабатывающие и др.

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

Вспомогательные цеха – обеспечивают нормальное функционирование основных производственных цехов или завода в целом: инструментальные; ремонтно-механические; ремонтно-строительные; электроремонтные; экспериментальные, модельные, абразивные и др.

Обслуживающие – цеха и устройства, выполняющие функции хозяйственного и частично технического обслуживания завода. Иногда их называют хозяйствами (службами).

Складское хозяйство включает в себя: материальные склады; склады твердого и жидкого топлива; склады средств производства (инструментальный, абразивный, склад штампов, приспособлений, металла, полуфабрикатов и т.д.).

Транспортное хозяйство (транспортный цех): устройства рельсового транспорта (депо); безрельсовый транспорт (гараж автомобилей, гараж и зарядная станция для электрокар и т.д.)

Обслуживающие подразделения: заводоуправление; центральная заводская лаборатория; столовая; медпункты; учебная сеть; охрана, сторожевые и пропускные пункты; связь и сигнализация; электронно-вычислительные и др. подразделения.

После определения состава служб и подразделений необходимо определить функциональные связи между цехами и др. подразделениями завода. Для этой цели составляют технологическую схему производства. Она дает наглядное представление о последовательности производственного процесса и помогает установить рациональное расположение зданий и сооружений предприятия.

Пример технологической схемы машиностроительного завода приведен на рис.1.

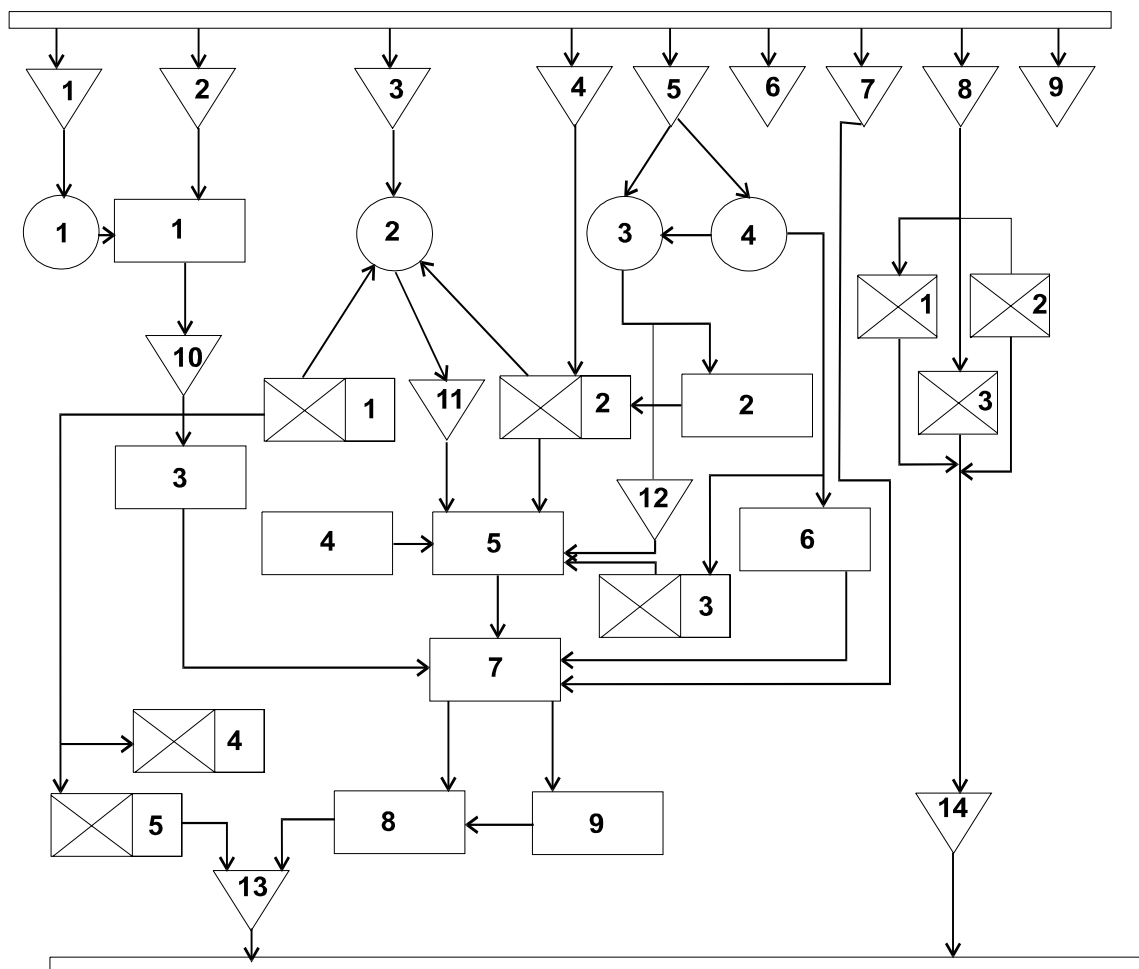


Рис. 1. Технологическая схема машиностроительного производства

▽ - склады.

1 – круглых материалов; 2 – пиломатериалов; 3 – шихтовых и формовочных материалов; 4 – инструментальных сталей; 5 – металлов; 6 – химических материалов; 7 – полуфабрикатов; 8 – топлива; 9 – ГСМ; 10 – сухих пиломатериалов; 11 – отливок; 12 – поковок; 13 – готовой продукции; 14 – отвал.

○ - заготовительные цеха;

1 – лесопильный; 2 – литейный; 3 – кузнечный; 4 – раскройно-заготовительный.

□ - обрабатывающие и сборочные цехи;

1 – лесосушильный; 2 – первый термический; 3 – деревообрабатывающий; 4 – гальванический; 5 – механический; 6 – холодной штамповки, сварочный; 7 – сборочный; 8 – окрасочный; 9 – испытательная станция;



- вспомогательные цеха;

1 – модельный; 2 – инструментальный; 3 – ремонтно-механический; 4 – ремонтно-строительный; 5 – тарный;



- энергетические устройства;

1 – ТЭЦ; 2 – газогенераторная станция; 3 – центральная котельная;

Глава 2

Проектирование механических цехов.

2.1. Классификация механических цехов.

При классификации механических цехов учитывают следующие признаки, которые существенно влияют на структуру цеха:

- Тип (характер) производства;
- Форма организации производства;
- Форма организации технологических процессов;
- Характер конструкции и вес изделия (4 класса цехов);
- Размер цеха (по условному количеству металлорежущих станков).

1. Классификация по типу производства.

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 показателем для определения типа производства является коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (1)$$

где $\sum O$ – число технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца цехом или участком; $\sum P$ – число рабочих мест.

Единичное производство: (характерно для тяжелого машиностроения, судостроения, химического машиностроения, ремонтных и инструментальных цехов). Имеет следующие особенности:

- изделия изготавливаются в малых количествах, с небольшой повторяемостью или вообще без повторяемости;
- используются универсальные станки, оснастка и инструмент.

Для единичного производства величина $K_{з.о.}$ не регламентируется.

Серийное производство: (самый распространенный тип производства)

- изготовление деталей производится партиями. В зависимости от типоразмера детали и размера партий выделяют мелко- средне- и крупно-серийное производство. В серийном производстве ТП разделен на отдельные операции, закрепленные за определенными станками.

- применяется самое разнообразное оборудование от универсального до специализированного и агрегатных станков.

Коэффициент закрепления операций $1 < K_{з.о.} < 10$ для крупносерийного; $10 < K_{з.о.} \leq 20$ для среднесерийного; $20 < K_{з.о.} \leq 40$ для мелкосерийного.

Массовое производство – дальнейшее развитие серийного способа производства (наиболее совершенная организация производственного процесса). Изготовление изделий происходит путем непрерывного выполне-

ния на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций.

Коэффициент $K_{з.о} = 1$ для массового производства.

На начальной стадии проектирования для определения типа производства можно воспользоваться табл. 1 с обязательной проверкой принятых решений после расчета числа технологических операций и определения количества единиц технологического оборудования (при выполнении дипломных проектов).

Для каждого типа производства характерны свои особенности ТП и форма организации производства, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

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

2. Классификация по форме организации производства.

Различают следующие формы организации производства:

- узловая;
- технологическая;
- смешанная.

По узловой форме за каждым цехом закрепляются все детали определенного узла или изделия. Наряду с механической обработкой может производиться сборка. По узловой форме организовано массовое и крупносерийное производство. К недостатку такой организации производства можно отнести дублирование оборудования и транспортных средств.

По технологической форме детали разных узлов группируются по технологически сходному и конструктивному подобию. В цехах обрабатываются детали вне зависимости от их принадлежности к какому-либо узлу. Сборочные цехи предусматривают как самостоятельные по видам машин. По технологической форме организовано серийное производство.

По смешанной форме часть участков организовано по технологическому признаку, а часть по узловому.

3. Классификация по форме организации технологических процессов.

Различают две формы организации технологических процессов: групповую и поточную. В свою очередь, групповая организация производства может быть поточной и непоточной.

Групповая организация производства характеризуется совместным изготовлением группы деталей (или других изделий) различной конфигурации на специализированных рабочих местах и основана на использовании типовых технологических процессов.

В условиях крупно- и среднесерийного производства применяют поточно-групповую организацию технологических процессов, в основу которой положены унифицированные групповые технологические процессы. При поточной форме определяется такт производства τ :

$$\tau = \frac{60F\delta}{N}, \quad (2)$$

где $F\delta$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч; N – годовая производственная программа, шт.

В мелкосерийном и единичном производствах специализация участков и цехов основывается на применении типовых технологических процессов. Для них характерна групповая непоточная организация технологических процессов.

4. Классификация цехов по характеру конструкции и весу изделий.

I класс – изделия с черным весом до 100 кг.

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

II класс – изделия с черным весом до 2 т.

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

III класс – изделия с черным весом до 15 т (изделия тяжелого машиностроения):

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

IV класс – изделия особо тяжелого машиностроения (черный вес более 15 тонн).

5. Классификация цехов по количеству металлорежущих станков.

По количеству установленного оборудования цеха бывают малые, средние и крупные. Классификация приведена в табл. 2.

Таблица 2

Классификация цехов по количеству металлорежущих станков

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

2.2. Режим работы и фонды рабочего времени

Понятие режим работы включает количество рабочих дней в году и рабочих смен в сутки, а также продолжительность каждой смены в часах.

Количество рабочих смен в сутки зависит от характера производства, программы и загрузки оборудования. Заготовительное и сборочное производство проектируют для работы в две смены. Отдельные участки, в случае их недостаточной загрузки, иногда рассчитывают на работу в одну смену.

Различают календарный, номинальный и действительный (расчетный) фонды времени работы оборудования и рабочих.

Полный календарный годовой фонд времени равен произведению числа часов в сутки на число календарных дней в году $24 \times 365 = 8760$ ч.

Номинальный годовой фонд времени работы рабочих и оборудования F – количество часов в году в соответствии с режимом работы, без учета потерь. При количестве рабочих дней в году 253 применяют: при односменной работе 2070 ч, при двухсменной 4140 ч. В других случаях рассчитывают по формуле:

$$F = D_c T_{см} D, \quad (3)$$

где D_c – число рабочих смен; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч.; D – число рабочих дней в году.

Действительный (расчетный) годовой фонд времени работы рабочего $F\delta$ выражает время, которое полностью используется для производства, с учетом потерь на отпуск и болезни (табл. 3).

При расчете действительного фонда времени работы оборудования $F\delta$ (табл. 4) учитываются потери, связанные с его простоем при ремонте. Время ремонта определяется нормами планово-предупредительного ремонта, устанавливаемыми в зависимости от режима работы и сложности оборудования.

Таблица 3

Действительный годовой фонд времени работы рабочего

Продолжительность рабочей недели, ч	Продолжительность основного отпуска, Дн.	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч
41	18	2070	11	1840
41	24	2070	12	1820
36	24	1830	12	1610

Таблица 4

Действительный годовой фонд времени работы оборудования при 41-часовой рабочей неделе

Оборудование	При одной смене			При двух сменах		
	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч
1. Металлорежущее оборудование						
Станки массой, т:						
до 10	2070	1,5	2040	4140	2	4055
более 10		3,5	2000		4	3975
Станки с ПУ и станки типа «обрабатывающий центр», т						
до 10			-		5	3935
более 10			-		7	3850
Агрегатные станки			-		3	4015
2. Кузнечно-прессовое оборудование						
Прессы механические, кН						

до 1000	2070	1	2050	4140	1,5	4080
3150			-		3	4015
Прессы гидравлические, кН до 8000			-		10	3725
Ножницы, машины гибочные и правильные		2,5	2020		3	4015
Молоты			-		1	4100
3. Сборочно-сварочное оборудование						
Оборудование для сборки-сварки: манипуляторы, позиционеры	2070	3	2010	4140	4,5	3955
Источники питания для электродуговой сварки:						
трансформаторы		1,5	2040		2	4055
выпрямители		4	1985		4,5	3955
Полуавтоматы и автоматы для дуговой сварки под флюсом и в среде защитных газов		5	1965		5,5	3910
Рабочие места ручных операций		-	2070		-	4140
Сборочное автоматическое и полуавтоматическое оборудование		3,5	2000		4	3970
Испытательные стенды		2,5	2020		3	4015

2.3. Производственная программа цеха.

Основой для проектирования цеха является его производственная программа, составленная исходя из производственной программы завода. В зависимости от типа производства, характера выпускаемой продукции и стадии проектирования производственная программа может быть точной, приведенной и условной.

Производственная программа называется точной, когда номенклатура всех подлежащих изготовлению изделий и деталей (включая запчасти) точно установлена и обеспечена рабочими чертежами, спецификациями, ТУ. Проектирование предусматривает подробную разработку технологических процессов, маршрутных, операционных карт, эскизов и схем, технического контроля, нормирования операций. Этот вид проектирования применяется для массового и крупносерийного производства, где требуется большая точность.

Для единичного, мелкосерийного и серийного производства программа составляется в виде перечня изготовленных в цехе изделий или узлов с указанием их количества и массы. При этом технологический процесс изготовления составляется только для типового изделия. Все остальные изделия, входящие в программу, приводятся к типовым. В этом случае нет необходимости иметь полный перечень обрабатываемых деталей. Чертежи, как правило, имеются только на изделия-представители, по которым ведутся расчеты. Такая производственная программа называется приведенной.

При проектировании цехов для обработки деталей изделий, конструкции которых еще не разработаны и точная номенклатура изготавливаемых цехом изделий неизвестна (экспериментальные цехи), выбираются условные представители, по которым можно с достаточным приближением получить необходимые исходные данные. По принятым условным представителям и ведется проектирование. В этом случае программа является условной.

Приведенная программа определяется следующим образом:

- вся номенклатура изделия разбивается на группы, в каждую из которых входят изделия, сходные по конструкции и технологии изготовления;
- в каждой группе намечается типовое изделие представитель, по которому ведутся все расчеты;
- все другие изделия группы приводятся по трудоемкости к изделию представителю с учетом их различия в массе, серийности программы и сложности механической обработки. Эти различия оцениваются коэффициентом приведения:

$$K = K_m K_{сер} K_{сл}, \quad (4)$$

где K_m – коэффициент приведения по массе; $K_{сер}$ – коэффициент приведения по серийности; $K_{сл}$ – коэффициент приведения по сложности.

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{M_x}{M}\right)^2} \quad (5)$$

где M_x – масса приводимого изделия; M – масса изделия представителя.

$$K_{сер} = \left(\frac{N}{N_x}\right)^{0.15 \div 0.2} \quad (6)$$

где N – годовой выпуск изделия представителя; N_x – годовой выпуск приводимого изделия.

Показатель степени выбирается равным 0,15 для среднего и мелкого машиностроения и 0,2 – для тяжелого.

$K_{сл}$ – учитывает различие в сложности конструкций изделий и является в значительной степени субъективным. Для механических цехов при определении $K_{сл}$ учитывают главным образом различие в точности и чистоте обработки.

В проектных организациях:

$$K_{сл} = \left(\frac{H_x}{H}\right)^{0,5}, \quad (7)$$

где H_x – число оригинальных деталей в приводимом изделии; H – число оригинальных деталей в изделии-представителе. $K_{сл}=1$ – для изделий одинаковой сложности.

Приведенная программа для каждого изделия

$$Nnp = N_x K. \quad (8)$$

В результате взамен заданного количества изделий с обширной номенклатурой получается сокращенная номенклатура с условным количеством изделия, по которой ведут дальнейшие расчеты. Следует, однако, иметь в виду, что общая масса изделий, заданных по программе, остается без изменений.

Пример расчета приведенной программы представлен в табл. 5.

Таблица 5

Ведомость расчета приведенной годовой программы

Заданная программа				Приведенная программа					
Наименование изделия	Число изделий	Масса, кг		Наименование изделия-представителя	K1	K2	K3	K	Приведенное число изделий
		Одно изделие	Годовая программа						
Деталь А	4000	0,8	3200	Деталь А	1,0	1,0	1,0	1,0	4000
Деталь Б	2000	0,6	1200		0,82	1,1	1,0	0,9	1800
Деталь В	1000	0,4	400		0,63	1,21	1,0	0,76	760
ВСЕГО	7000	-	4800						6560

2.4. Основные формы организации работ в цехе.

Каждому из видов производств (единичному, серийному и массовому) свойственны соответствующие формы организации работы и способы расположения оборудования, которые определяются характером изделия и производственного процесса, объемом выпуска и рядом других факторов.

Существуют следующие основные формы организации работы:

- По видам оборудования**, свойственная главным образом единичному производству; для отдельных деталей применяется в серийном производстве. Станки располагаются по признаку однородности обработки, т.е. создаются участки станков одного вида обработки – токарных, строгальных, фрезерных и др.
- Предметная**, свойственная главным образом серийному производству; для отдельных деталей применяется в массовом производстве. Станки располагаются в последовательности технологических операций для одной или нескольких деталей, требующих одинакового порядка обработки. В этой же последовательности образуется и движение деталей. Обработка деталей на станках производится партиями; при этом время выполнения операции на отдельных станках может быть не согласовано с временем операции на других станках. Изготовленные детали во время работы хранятся у станков и затем транспортируются целой партией. Здесь же может производиться и контроль деталей.
- Поточно-серийная или переменнo-поточная**, свойственная серийному производству. Станки располагаются также в последовательности технологических операций для деталей, обрабатываемых на данной станочной линии. Производство идет партиями, причем детали каждой партии могут несколько отличаться одна от другой размерами или конструк-

цией, допускающими, однако обработку их на одном и том же оборудовании. Производственный процесс ведется таким образом, что время выполнения операции на одном станке согласовано с временем работы на следующем станке; детали данной партии перемещаются со станка на станок в последовательности технологических операций, создавая непрерывность движения деталей по станкам. Переналадка станков, приспособлений и инструментов при переходе на обработку сходных деталей других партий обеспечивается предварительной подготовкой. Норма времени на каждую операцию должна быть примерно одинакова.

4. **Прямоточная**, свойственная массовому (и в некоторой мере крупносерийному) производству; станки располагаются в последовательности технологических операций, закрепленных за определенными станками; детали со станка на станок передаются поштучно. Но синхронизация времени операций выдерживается не на всех участках линии, т.е. время выполнения отдельных операций не всегда равно (или кратно) такту; вследствие этого около станков, у которых время выполнения операции больше такта, создаются заделы необработанных деталей. Такая форма работы называется иногда пульсирующим потоком. Транспортирование деталей от одного рабочего места к другому осуществляется рольгангами, наклонными желобами и др. транспортными устройствами, иногда применяются и конвейеры, служащие здесь только в качестве транспортеров.

5. **Непрерывным потоком**, свойственная только массовому производству. При такой форме организации работы станки располагаются в последовательности операций технологического процесса, закрепленных за определенными станками, время выполнения отдельных операций на всех рабочих местах примерно одинаково или кратно такту, благодаря чему достигается синхронизация операций и создается такт работы для всех рабочих мест поточной линии.

Различают несколько разновидностей работы непрерывным потоком:

- а) работа непрерывным потоком с периодической подачей деталей (изделий) простыми транспортными устройствами без тягового элемента (рольганги, склизы, скаты, наклонные желоба и т.д.)
- б) работа непрерывным потоком с периодической подачей деталей (изделий) транспортными устройствами с тяговым элементом. Передвижение деталей от одного рабочего места к другому производится при помощи механических транспортирующих устройств – конвейеров, которые движутся периодически, толчками. Конвейер перемещает деталь через промежуток времени, соответствующий величине такта работы, в течение которого конвейер стоит, и выполняется рабочая операция, продолжительность которой примерно равна величине такта работы.
- в) работа непрерывным потоком с непрерывной подачей деталей (изделий) также механическими транспортными устройствами с тяговым элементом. В этом случае механический конвейер движется непрерывно, пе-

ремеща расположенные на нем детали от одного рабочего места к другому. Операция выполняется во время движения конвейера, при этом деталь или снимается для выполнения операции (обработка на станках) или остается на конвейере, и в этом случае операция выполняется во время его движения (сборка изделия). Скорость движения детали вместе с конвейером соответствует такту, который поддерживается механически.

Решающий фактор, обуславливающий соблюдение принципа непрерывного потока – такт работы.

2.5. Методы определения трудоемкости и станкоемкости обработки

Трудоемкостью изделия называют время, затраченное на его изготовление и выраженное в человеко-часах ($T_{чел-ч}$). Определяют трудоемкость по нормативам или при точном проектировании по формуле:

$$T_{чел.-ч} = T_o + T_v + T_{op} + T_{tex} + T_{пер}, \quad (9)$$

где T_o – время выполнения основной работы, часто называемое машинным временем; T_v – вспомогательное время, которое включает закрепление заготовки, пуск станка, подвод инструмента, контроль и т.п.; T_{op} – время организационного обслуживания рабочего места, затрачивается на осмотр и опробование оборудования, раскладку и уборку инструмента, смазку и чистку станка; T_{tex} – время технического обслуживания, затрачивается на регулировку и подналадку станка в процессе работы, замену затупившегося инструмента, правку шлифовального круга, удаление стружки; $T_{пер}$ – время перерывов на личные потребности рабочего.

Расчетная трудоемкость включает все нормируемое по тех. процессу время обработки на станках и ручных операциях, причем, при многостаночном обслуживании суммарное время обработки на станках, обслуживаемых одним рабочим, для определения трудоемкости делят на число обслуживаемых станков.

При расчете количества оборудования необходимо иметь данные о станкоемкости изделия, т.е. о времени, затраченном на изготовление изделия и выраженном в станко-часах работы оборудования ($T_{ст-ч}$).

Ориентировочно связь между трудоемкостью и станкоемкостью выражается через среднее значение коэффициента многостаночного обслуживания K_m - среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим:

$$T_{ст-ч} = T_{чел-ч} K_m, \quad (10)$$

Трудоемкость изготовления детали или изделия в условиях серийного производства определяется по штучно-калькуляционному времени $T_{шт-к}$; в

условиях массового производства – по штучному времени $T_{шт}$, а продолжительность операций должна быть равна или кратна такту.

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

$$\dot{O}_{\Sigma} = \dot{O}_{\Sigma\zeta} \hat{E} \delta \hat{E} \acute{o}, \quad (11)$$

где $\dot{O}_{\Sigma\zeta}$ - годовая станкоемкость изготовления деталей по заводским данным; K_p - коэффициент изменения станкоемкости на годовой проектный объем.

$$K_p = \frac{N_{np}}{N_n}, \quad (12)$$

где N_{np} - программа выпуска в проектном варианте; N_n - программа в базовом производстве; K_y - коэффициент ужесточения, представляющий собой отношение станкоемкости изготовления деталей на участке или в цехе после внедрения новой технологии T_{np} к станкоемкости изготовления аналогичных деталей по действующей на заводе технологии.

$$K_p = \frac{T_{npi}}{T_i} \quad (13)$$

Трудоемкость разметочных, моечных, слесарных и прочих дополнительных работ при механообработке (% от станкоемкости) зависит от типа производства: 8-15% - для единичного и мелкосерийного; 5-10% - для среднесерийного; 3-6% - для крупносерийного и массового.

2.6. Определение необходимого количества оборудования.

Определение количества и выбор типов оборудования для выполнения данной производственной программы является основным и наиболее ответственным вопросом при расчете цеха.

Определение количества станков механического цеха, необходимого для обработки деталей по заданной производственной программе, производится двумя методами:

- по данным технологического процесса
- по технико-экономическим показателям.

В зависимости от типа производства, стадии проектирования и требуемой точности расчет может вестись точно или укрупненно.

Расчет оборудования по данным тех. процесса (точным способом) ведется при разработке технического проекта цехов серийного и массового производства, когда трудоемкость определяется по подробно разработанным тех. процессам. В этом случае для обычного серийного (непоточного)

производства расчет ведется по каждому типоразмеру станков, а для точно-массового и поточно-серийного – для каждой операции.

Укрупненный метод или расчет по технико-экономическим показателям применяется в тех случаях, когда нет достаточных данных для точного расчета или его проведение невозможно из-за особо кратких сроков проектирования. Это часто имеет место при проектировании цехов единичного и мелкосерийного производства, а также при разработке технического задания цехов всех видов производства.

Определение количества станков в серийном производстве.

При определении количества оборудования цехов серийного производства точным способом расчет ведется по каждому типоразмеру станка на основе подсчета годовой трудоемкости обработки всех деталей, закрепленных за данным типом станка. Проектные расчеты основного количества станков ведут для 2-сменного режима работы, а для уникальных, крупных и тяжелых станков – для 3-сменного.

Потребное количество станков данного типа:

$$C_p = \frac{T_{шт-к}}{F_{д.об}}, \quad (14)$$

где C_p – расчетное количество станков данного типоразмера; $T_{шт-к}$ – трудоемкость годового количества всех деталей на станках данного типоразмера в станко-часах; $F_{д.об}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при 2-х сменной работе в часах.

$$T_{шт-к} = \frac{T_{шт-к1} N_1}{60} + \frac{T_{шт-к2} N_2}{60} + \dots + \frac{T_{шт-кn} N_n}{60}, \quad (15)$$

где $T_{шт-к1}, T_{шт-к2}, \dots, T_{шт-кn}$ – штучно-калькуляционное время 1, 2, ..., деталей на станках данного типа в мин; N_1, \dots – соответственно годовое количество одноименных деталей, обрабатываемых на станке.

Полученное расчетом количество станков округляется до целого числа, называемого принятым числом станков C_n .

Для определения степени загрузки и времени станков данного типоразмера пользуются коэффициентом загрузки оборудования. Этот коэффициент определяется отношением расчетного числа станков к принятому:

$$\eta_з = \frac{C_p}{C_n} = \frac{T_{шт-к}}{\Phi_{д.об} C_n}, \quad (16)$$

Средний коэффициент загрузки оборудования по участку, отделению или цеху:

$$\eta_{cp} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n}, \quad (17)$$

Средние значения коэффициента загрузки оборудования по цеху принимаются: для единичного и мелкосерийного производства: 0,8–0,85 и выше; для серийного производства – не ниже 0,75–0,85. Если по отдельным типам станков коэффициент загрузки получается более низким, то его необходимо догрузить или совсем разгрузить, перенеся работы на другие станки. Пример построения графика загрузки оборудования приведен на рис. 2.

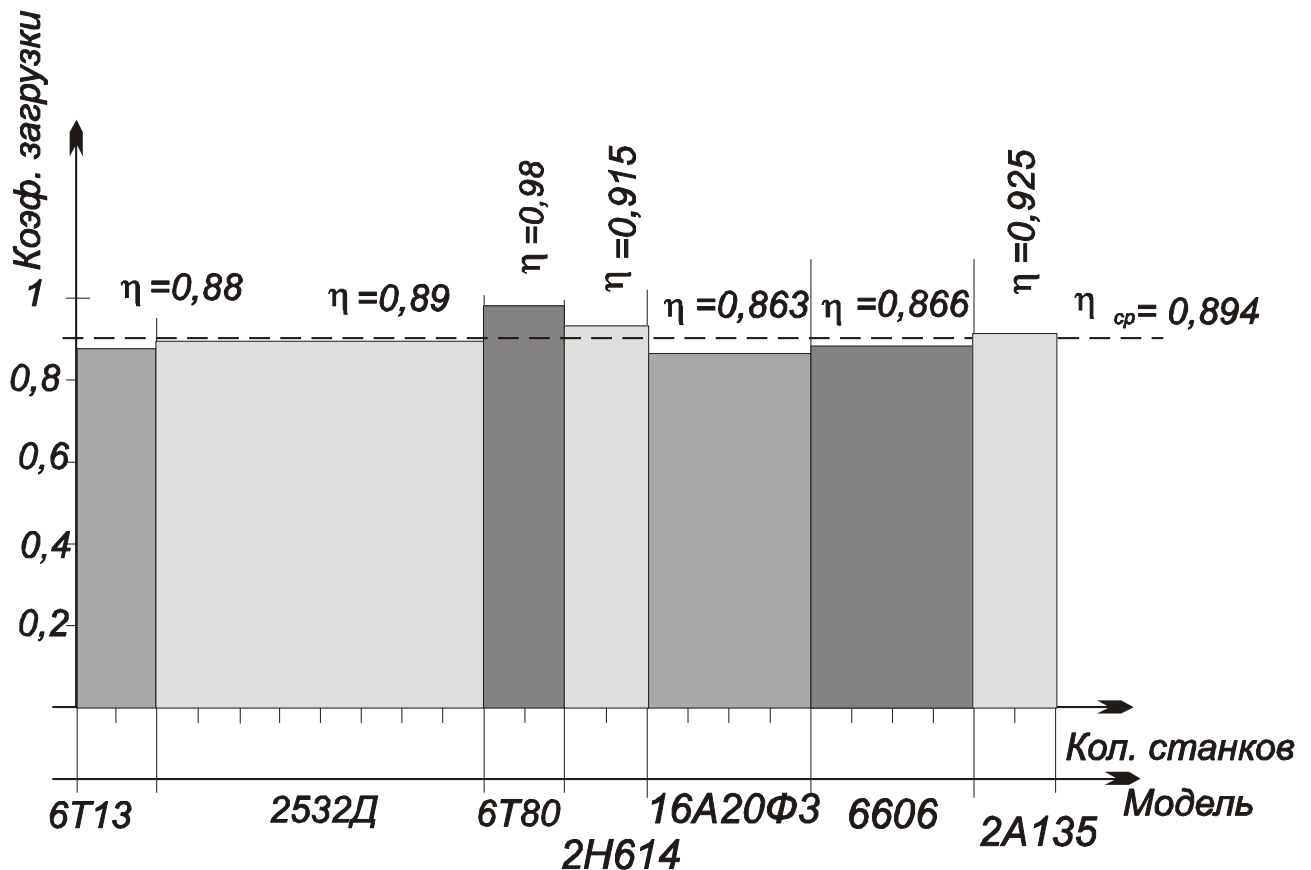


Рис. 2. Пример построения графика загрузки оборудования

Коэффициент использования станка по основному времени равен отношению основного времени к штучно-калькуляционному. Он характеризует использование станка непосредственно для машинной работы, т.е. для снятия стружки (обработки детали):

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{шт-к}}, \quad (18)$$

Средний коэффициент использования по основному времени:

$$\eta_{0ср} = \frac{\sum T_0}{\sum T_{шт-к}}, \quad (19)$$

Чем меньше $T_{всп}$, $T_{обсл}$, $T_{отд}$ и $T_{пз}$, тем лучше станок используется по основному времени. В серийном производстве $\eta_{0ср} \geq 0,65$.

График для коэффициента использования станка по основному времени строится аналогично графику коэффициента загрузки.

Определение количества станков для поточно-массового и поточно-серийного (переменно-поточного) производства.

Количество станков для поточного производства определяется исходя из времени, необходимого для выполнения отдельных операций и такта выпуска. В этом случае для создания непрерывности потока необходимо достичь синхронизации операций в соответствии с принятым тактом.

$$C_p = \frac{t_{шт}}{\tau}, \quad (20)$$

$$\tau = \frac{60F_{д.об}}{N}, \quad (21)$$

Подставив это значение в формулу (20) получим:

$$C_p = \frac{t_{шт} N}{60F_{д.об}}, \quad (22)$$

где C_p – расчетное количество станков для выполнения одной операции в поточной линии.

Расчетное количество станков обычно округляется до ближайшего большего целого числа, получают принятое число станков – C_n .

При поточно-серийном производстве расчетное количество станков определяется по формуле:

$$C_p = \frac{t_{ум1}N_1 + t_{ум2}N_2 + \dots + t_{умn}N_n}{60F_{д.об}K_n}, \quad (23)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий время на переналадку линии с одного наименования детали на другое; обычно $K_n \approx 0,95$.

Средний коэффициент загрузки оборудования всей линии определяется отношением расчетного числа станков линии к принятому. Для поточно-массового производства средний коэффициент загрузки η_3 может быть меньше, чем в обычном серийном производстве. Это объясняется применением в непрерывно-поточных линиях специальных, специализированных агрегатных и автоматических станков, настроенных на определенную операцию. Однако производительность каждого станка значительно выше, чем в обычном серийном. η_{3cp} должен быть не ниже 0,65–0,75.

Определение количества станков по технико-экономическим показателям (укрупненным способом).

Этот метод имеет большую практическую ценность при проектировании заводов и цехов при коротких сроках проектирования. Точность результата вполне достаточна для практических целей.

В основу расчета принимают следующие технико-экономические показатели:

- годовой выпуск с одного станка при работе в одну смену (или несколько смен), выраженный в тоннах или штуках готовой продукции;
- число станко-часов, необходимое для обработки одного комплекта деталей одного изделия или 1 т изделий.

Указанные показатели берут из практики наиболее передовых заводов, утвержденных передовых проектов.

Для многих машин средних размеров годовой выпуск в одну смену составляет 35–40 т. Число станко-часов, затрачиваемых для изготовления 1 т. изделий составляет 50–57 станко-часов.

$$C_p = \frac{Q}{qm}, \quad (24)$$

где Q – годовой выпуск продукции в тоннах (штуках); q – годовой выпуск с одного станка в одну смену в тоннах (штуках); m – число рабочих смен.

Расчетное количество станков по показателю, выражающему число станко-часов, затрачиваемых на 1 т или на 1 шт. готовых изделий определенных по формуле:

$$C_p = \frac{hN}{F_{д.об}}, \quad (25)$$

где h – количество станко-часов, затрачиваемых на 1 т или на 1 штуку готовых изделий.

Общее количество станков, подсчитанных по этим формулам для всего цеха, распределяется по видам (типам) в процентном соотношении, принимаемом по данным проектов механических цехов соответствующей отрасли, пример в табл. 6.

Полученное количество станков округляют до целого числа в ту или другую сторону, но общее число станков не должно выходить за пределы.

Более подробное деление станков по типам и размерам в пределах каждого вида – по аналогии с существующими цехами передовых предприятий отрасли.

Таблица 6

Количество типов станков в зависимости от общего числа станков цеха

Автомобильный завод	Станкостроительный завод
- токарные – 26%	- токарно-винторезные – 19,2%
- расточные – 2,5%	- токарно-револьверные – 3,7%
- сверлильные – 17%	- расточные – 6%
- фрезерные – 9,7%	- сверлильные – 10,6%
- зубообрабатывающие – 6,6%	- фрезерные – 15%
- протяжные – 2%	- шлифовальные – 12,2%
- шлифовальные – 16,2%	- зубообрабатывающие – 6%
- прочие – 20%	- спец. и агрегатные – 15%
	- прочие – 12,3%

2.7. Рабочий состав цеха и определение его численности.

В работе механического цеха участвуют:

1. Производственные рабочие (гл. образом станочники).
2. Вспомогательные рабочие
3. МОП – младший обслуживающий персонал,
4. Служащие,
5. ИТР – инженерно-технические работники,
6. СКП – счетно-конторский персонал.

В зависимости от типа производства и требуемой точности применяются различные методы расчета количества производственных рабочих.

Количество производственных рабочих для единичного и серийного производства количество производственных рабочих станочников по виду работы (специальности) и по квалификации (разрядам) может определяться двумя способами:

- по количеству общего нормированного времени, необходимого для изготовления годовой программы изделий;
- по заданному количеству станков.

1. Расчет по общему нормированному времени.

$$R_{ст} = \frac{T \sum_{шт-к}}{F_{д.р} K_m}, \quad (26)$$

где T – трудоемкость годового выпуска изделий в человеко-часах; $F_{д.р}$ – действительный годовой фонд времени работы рабочего в час (табл. 3); K_m – коэффициент многостаночного обслуживания, или количество станков, обслуживаемых одним рабочим.

2. Расчет по заданному количеству станков.

$$\eta_3 = \frac{T \sum_{шт-к}}{F_{д.об} C_n}, \quad (27)$$

отсюда $T \sum_{шт-к} = F_{д.об} \cdot C_n \cdot \eta_3$. Подставив это значение в (21), получим:

$$R_{ст} = \frac{F_{д.об} C_n \eta_3}{F_{д.р} K_m}, \quad (28)$$

Зная трудоемкость на каждом типе станков, определяют количество рабочих-станочников по специальностям.

В проектной практике для определения K_m по участку (цеху) используют опытные данные из соответствующих отраслей машиностроения:

массовое производство	– $K_m = 1,8 - 2,2$
крупносерийное	– $K_m = 1,5 - 1,8$
серийное	– $K_m = 1,3 - 1,5$
мелкосерийное	– $K_m = 1,1 - 1,2$

Для конкретного вида оборудования K_m определяют по нормам многостаночного обслуживания (табл. 7) или для точных расчетов путем построения циклограмм (рис. 3).

Все принятое количество производственных рабочих должно быть разбито по сменам так, чтобы в первую смену работало все оборудование или: для серийного и мелкосерийного производства в первую смену назначают 55% всех рабочих; для поточных линий - 50%.

Пример расчета основного технологического оборудования и производственных рабочих приведен в табл. 8.

Нормы многостаночного обслуживания

Тип станков	Число станков, обслуживаемых одним станочником
Универсальные: токарные, сверлильные, фрезерные, протяжные, строгальные, долбежные	1
Фрезерные крупные и продольно-строгальные	1-2
Станки с программным управлением	2-3
Токарные многорезцовые и копировальные полуавтоматы	2-3
Одношпиндельные прутковые автоматы	4-5
Зубофрезерные, зубодолбежные	4-5
Круглошлифовальные и внутришлифовальные полуавтоматы	1-2
Круглошлифовальные бесцентровые: с ручной загрузкой	1
с магазинной загрузкой	2

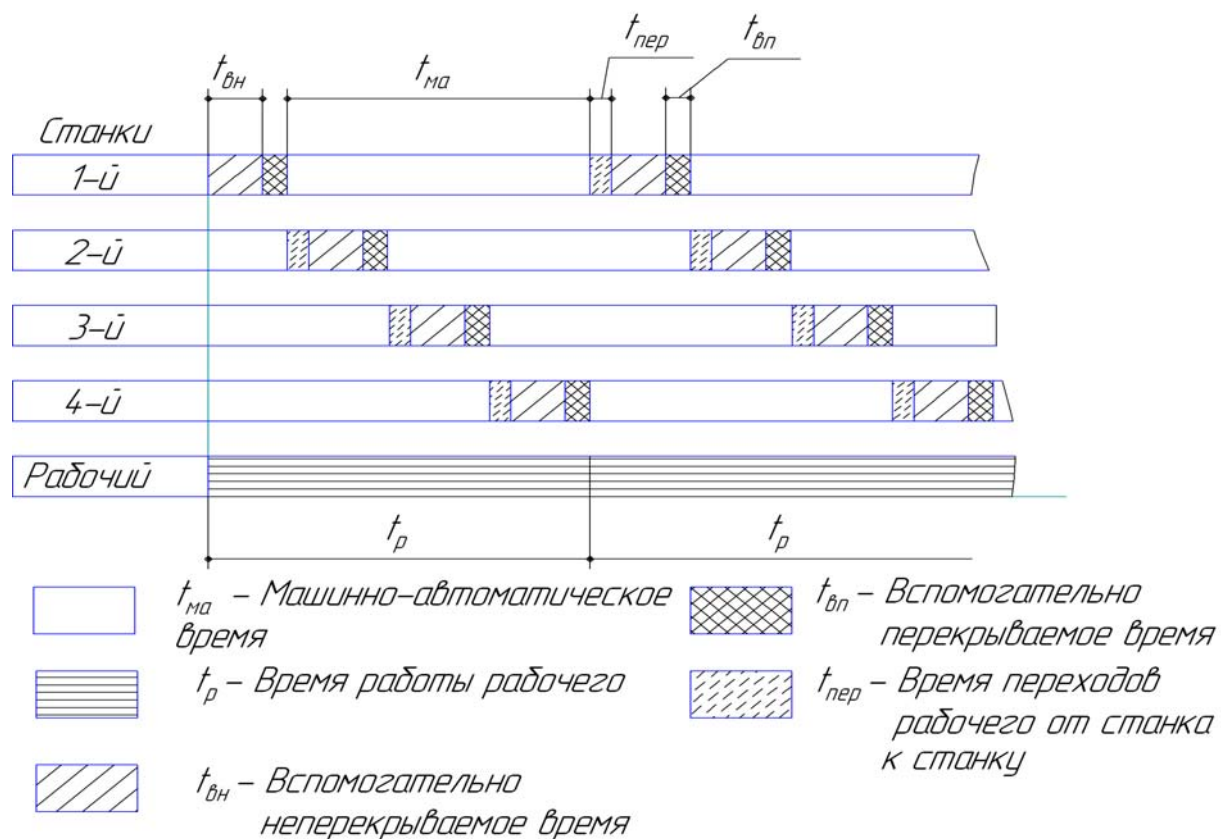


Рис. 3. Циклограмма многостаночной работы

Расчет основного технологического оборудования и рабочих мест

№ п/п	Наименование детали	Количество, шт.	Масса, кг		Трудоемкость (станкоемкость), ст.-ч.								
			1 дет.	про- граммы	Токарная 16А20Ф3		Фрезерная 6Е80Ф20		Токарная 1Е365Б		Сверлильная 2Н125		Итого
					1 дет.	прог- рамма	1 дет.	прог- рамма	1 дет.	прог- рамма	1 дет.	прог- рамма	
1	Деталь А	4000	0,8	3200	0,8	3200	1,1	4400	0,5	2000	0,3	1200	
2	Деталь Б	2000	0,6	1200	0,72	1440	1,0	2000	0,45	900	0,27	540	
3	Деталь В	1000	0,4	400	0,61	610	0,84	840	0,38	380	0,23	230	
	Итого станкоемкость			4800		5250		7240		3280		1970	

Действительный фонд времени оборудования	3890		3890		4015		4015	
Расчетное количество оборудования	1,35		1,86		0,82		0,49	
Принятое количество оборудования	2		2		1		1	6
Коэффициент загрузки оборудования	0,68		0,93		0,82		0,49	0,73
Коэффициент многостаночности	2		2		1		1	
Трудоемкость	2625		3620		3280		1970	
Действительный фонд времени рабочего	1820		1820		1820		1820	
Расчетное количество рабочих	1,4		1,99		1,8		1,1	
Принятое количество рабочих	2		2		2		2	8

Определение количества вспомогательных рабочих, ИТР, СКП, МОП

К вспомогательным относят рабочих, выполняющих работы по обслуживанию основного производства. Это слесари-ремонтники, заточники режущего инструмента, электромонтеры, сварщики, кладовщики, стропальщики, водители напольного транспорта, уборщики стружки, контролеры.

Численность всех вспомогательных рабочих определяют как 20–25 % от производственных рабочих.

Инженерно-технические работники (ИТР) осуществляют руководство цеха или занимают должности технологов, экономистов, механиков, энергетиков.

Счетно-конторский персонал (СКП) выполняет работы по отчетности, снабжению, финансированию.

Младший обслуживающий персонал (МОП) – уборщики производственных помещений, гардеробщики, курьеры.

Численность ИТР, СКП, МОП определяют по штатному расписанию или укрупнено в процентном отношении от производственных рабочих. ИТР – 15–20 %, СКП – 1–2 %, МОП – 2–3 %.

Пример сводной ведомости работающих приведен в табл. 9.

Таблица 9

Сводная ведомость работающих на участке

Категория работающих	Общее число работающих	Число работающих	
		в первую смену	во вторую смену
Рабочие:			
производственные	8	4	4
вспомогательные	2	1	1
Общее число рабочих	10	5	5
Служащие: ИТР	2	1	1
СКП	1	1	-
Всего служащих:	3	2	1
МОП	1	1	-
Всего работающих:	14	8	6

2.8. Грузооборот и площадь цеха

Грузооборот цеха (участка) – это объем перевозок в тоннах, перерабатываемых за определенный промежуток времени. Для определения грузооборота по цеху (участку) определяют потребность в основных и вспомогательных материалах, заготовках, комплектующих деталей и узлов. Данные по грузообороту отображены в табл. 10.

Таблица 10

Сводные данные по грузообороту

Материал и детали	Откуда и куда поступают	Количество тонн в год
	А. участок получает	
Литье	Сталелитейный цех	2,000
Поковки	Кузнечно-прессовый цех	3,100
Обработан. детали	Термический цех	1,300
		6,400
	Б. участок отправляет	
Готовые детали	На склад деталей	4,800
Отходы (стружка)	На склад отходов	1,600
		6,400

Площадь цеха по назначению делят на производственную, вспомогательную, служебно-бытовых помещений.

К производственной площади относят участки, занятые: производственным оборудованием; рабочими местами для выполнения сборочных и сварочных операций; транспортным оборудованием; местами складирования заготовок и готовых изделий; рабочих мест контролеров; испытательными стендами и установками; окрасочными участками; участками консервации и упаковки изделий; проходами и проездами между рядами оборудования за исключением магистральных проездов.

К вспомогательной площади относится территория цеха, занятая энергетическими и сантехническими устройствами, кладовыми, антресолями, а также магистральными и пожарными проездами.

Сумма производственной и вспомогательной площади называется общей «технологической» площадью цеха.

В зависимости от разрабатываемой стадии проекта площадь цеха определяется укрупненно и точно. Для укрупненного расчета производственная площадь цеха или участка F определяется по показателю удельной площади, приходящейся на единицу оборудования.

$$F = F_{\text{уд}} n, \quad (30)$$

где $F_{\text{уд}}$ – удельная площадь на единицу оборудования цеха (табл. 11); n – принятое число оборудования.

Таблица 11

Удельные площади механических цехов

Размер принятого оборудования	Удельная площадь, м ²
Малые станки	14 – 18
Средние станки	18 – 22
Крупные станки	25 – 70
Особо крупные	70 – 200

Глава 3

Проектирование вспомогательных служб

К вспомогательным отделениям относятся:

- заготовительное отделение;
- заточное отделение;
- контрольное отделение;
- ремонтное отделение (ремонтная база);
- мастерская для ремонта приспособлений и инструмента;
- изготовление СОЖ;
- переработка стружки;
- цеховой склад материалов и заготовок;
- промежуточный и межоперационный склад;
- инструментально-раздаточный склад;
- склады приспособлений, абразивов, масел, вспомогательных материалов.

3.1. Заготовительное отделение.

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

Может быть совмещено со складом материалов и заготовок и является частью его хозяйства или же для крупных предприятий может быть самостоятельным.

Оборудование – отрезные станки, дисковые пилы, приводные ножовки, центровальные и фрезерно-центровальные станки, правильные, обдирочные станки, прессы для правки и др.

Определение потребного количества оборудования производится на основании разработанного тех. процесса на заготовительные операции:

$$S_p = \frac{\sum T_{шт-к.заг}}{F_{д.об.}}, \quad (31)$$

Удельная площадь обычно составляет 25 – 30 м².

Площадь считается :

$$S = S_{уд} C_{ст}, \quad (32)$$

3.2. Заточное отделение.

С целью улучшения качества заточки режущего инструмента заточка выполняется централизованно.

Основное оборудование – заточные станки.

Точный расчет заточных станков как правило не производится из-за большой трудоемкости расчетов и отсутствия полных исходных данных.

Потребное количество заточных станков общего назначения в среднем составляет 4 – 6% от количества станков, обслуживаемых заточкой.

После заточки часто применяют доводку режущего инструмента с целью улучшения качества отделки и повышения производительности.

Особое значение имеет доводка для твердых сплавов, т.к. они обладают большой твердостью и хрупкостью. После доводки выкрашивание в значительной степени устраняется. Доводка производится на специальных станках, количество которых принимается равным приблизительно $\frac{1}{2}$ количества заточных станков, на которых затачивается инструмент, подлежащий доводке.

Удельная производственная площадь заточного отделения составляет 8 – 10 м², а уд. общая площадь этого отделения – 10 – 12 м² на 1 станок. Во вспомогательную площадь этого отделения входят:

- 1) площадь для хранения чертежей перетачиваемого инструмента;
- 2) площадь для хранения абразивных кругов и приспособлений к станкам заточного отделения.

Заточное отделение следует располагать рядом с инструментальным складом.

Количество рабочих – 1,7 – 2 чел. на один заточной станок при работе в 2 смены.

3.3. Отдел технического контроля.

В механических цехах устраиваются контрольные отделения, которые являются частями (отделениями) заводского ОТК. Контрольное отделение проверяет:

- качество материала (путем наружного осмотра);
- правильность размеров, полученных при обработке;
- качество поверхности (эталон чистоты).

Разновидности контроля:

- непосредственно на рабочем месте на станке;
- на специальных контрольных площадках (пунктах);
- в контрольном отделении цеха.

Кроме того, контроль, выполняемый в цехах, может быть летучий, промежуточный и окончательный.

Летучий – в форме периодических проверок деталей в процессе их изготовления для предупреждения массового брака. Наиболее эффективным методом летучего контроля является статистический контроль, применяемый в серийном и массовом производстве. Летучему контролю подвергаются первые детали, обработанные после наладки или переналадки станка, а другие детали – после определенных операций.

Промежуточный контроль – производится между операциями, когда деталь прошла одну операцию. Производится в единичном и серийном

производствах на контрольных площадках, установленных в конце каждой группы станков (указывается в планировке).

При расположении станков по порядку технологического процесса контрольные площадки располагаются у станков, после которых производится контроль (расточных, шлифовальных, хонинговальных, отделочных и т.п.)

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

Окончательному и промежуточному контролю подвергаются или все детали (сплошной контроль) или выборочно. В случае обнаружения брака при обработке на поточной линии все последующие операции подвергают сплошному контролю до устранения обнаруженных отклонений.

Подробный расчет потребного количества контролеров производится на основе разработанных контрольных карт. Но это требует значительного времени. На практике контролеров принимают в процентном отношении от числа станочников:

- в серийном производстве – 5–7 % от числа станочников;
- в массовом производстве – 12–15 % от числа станочников.

Площадь контрольных пунктов и контрольного отделения можно определить путем планировки всех рабочих мест работников контроля, оборудования и инвентаря.

Укрупненно:

$$S_{\text{конт.отд.}} = R_{\text{контр}} \cdot (5 \div 6) \cdot (1,5 \div 1,75), \quad (33)$$

где $R_{\text{контр}}$ – количество контролеров; $S_{\text{уд}} = 5 - 6 \text{ м}^2$ на 1 работника в контрольном отделении; коэффициент 1,5 – 1,75 учитывает расположение оборудования инвентаря и проходов.

Часто площадь $S_{\text{конт.отд}}$ принимают равной 3 – 5 % от площади станочного отделения. Контрольное отделение располагается в механическом цехе по пути в сборочный цех, перед промежуточным складом и его выгораживают перегородками. Там должна поддерживаться нормальная температура ($t = 20 \pm 1^\circ\text{C}$).

3.4. Ремонтная база производственного цеха

Предназначается для поведения межремонтного обслуживания производственного оборудования, а также для проведения ремонтных работ (мелкий и средний ремонт).

Количество станков в ЦРБ укрупненно может быть определено в зависимости от количества оборудования механического цеха, обслуживаемого ремонтной базой (табл.12)

Таблица 12

Количество станков в ЦРБ

Количество оборудования в мех. цехе	Кол-во станков в ЦРБ	Количество оборудования в мех. цехе	Кол-во станков в ЦРБ
до 150	2 – 4	700	9 – 12
200	3 – 5	800	10 – 13
300	4 – 6	1000	12 – 15
400	5 – 7	1200	15 – 18
500	6 – 8	1500	18 – 20
600	7 – 9		

Если число станков ремонтной базы не превышает $C_{рем} < 5$ станков, то целесообразно организовать объединенную рем. базу для обслуживания нескольких цехов, особенно при их размещении в одном корпусе.

Число рабочих станочников ЦРБ определяется по числу принятых станков с коэффициентом загрузки $\eta_z = 0,6-0,8$ и коэффициентом много-станочного обслуживания $K_m = 1,05 - 1,1$.

$$R_{ст} = \frac{C_{рем} \eta_z F_{д.об}}{F_{д.раб} K_m}, \quad (34)$$

Число слесарей – (60–100) % от числа станочников,

Число вспомогательных рабочих – (18–20) % от числа станочников + слесарей.

ИТР – 9 – 12 % от общего числа рабочих;

Служащих = 1,5 – 2,5 %

МОП – 1,0 – 1,5 %

Общая площадь ремонтной базы определяется по показателю общей удельной площади на единицу основного оборудования ремонтной базы по табл. 13.

Таблица 13

Площадь ремонтной базы

Число единиц осн. оборудования, шт.	Общая площадь на ед. осн. оборудования, м ²	В т.ч. площадь склада зап. частей.
3 – 6	31 – 32	4
7 – 10	29 – 30	3,5
11 – 15	27 – 28	3
св. 16	27	2,5

3.5. Отделение для приготовления и раздачи СОЖ.

Снабжение металлорежущих станков механического цеха СОЖ (эмульсии, содовый раствор, сульфозфрезол) может быть организовано следующим образом:

1. Централизованным циркуляционным.
2. Централизованным групповым.
3. Децентрализованным.

При **централизованном циркуляционном** способе СОЖ подается к станкам по трубопроводам и отработанная жидкость самотеком по подземным трубопроводам возвращается к установке. Применяется в цехах, имеющих большое количество однотипных станков, работающих на одинаковых по составу СОЖ.

При **централизованном групповом** способе СОЖ по трубам из центральной установки подается к разборным кранам, распределяющим жидкость по группам станков или по отдельным станкам. При этой системе отработанные эмульсии и водные растворы отводятся в канализацию, а отработанное масло передается для регенерации. Применяется в цехах, имеющих большое количество разнотипных станков, требующих разных по составу охлаждающих жидкостей.

Децентрализованный – предусматривает подачу СОЖ в таре; отработанные жидкости удаляются также, как и в предыдущем случае. Применяется в цехах с небольшим количеством станков.

Центральная установка располагается у наружной стены здания и имеет непосредственный выход наружу.

Годовой расход СОЖ определяется по формуле:

$$Q = \frac{\sum q_i C_n 253}{1000}, \text{ т/год} \quad (35)$$

где q_i – расход охлаждающей жидкости на 1 станок в сутки, кг (табл. 15); C_n – принятое количество станков; 253 – число рабочих дней в году.

Площадь отделения для приготовления и раздачи СОЖ определяется укрупненно в зависимости от количества производственного оборудования (табл. 14).

Площадь склада масел: $S_m = 10\text{--}20 \text{ м}^2$.

Таблица 14

Площадь отделения для приготовления и раздачи СОЖ

Кол-во обор.	30 – 60	60 – 100	100 – 200	200 – 300	300 – 400
$S_{сож}, \text{ м}^2$	35 – 40	40 – 50	50 – 75	75 – 100	100 – 120

Таблица 15

Марка и расход СОЖ на 1 станок в сутки, кг

№ п/п	Оборудование	Марка СОЖ или масла	Расход в сутки на 1 ст.
1.	Одношп. ток. автомат, резьбо-фрезерный, резьбонарезной	сульфофрезол	2,3кг
2.	Резбошлифовальный	сульфофрезол	2,5кг
3.	Зубообрабатывающий	сульфофрезол	4,1кг
4.	Многошпindelный автомат	сульфофрезол	5,4кг
5.	Электроискровой	керосин	2,5кг
6.	Металлорежущий	эмульсол	0,3кг
		сода	0,03кг
		индустр. масло 20, 30, 45	0,2 кг – мелкое оборудование.; 0,44кг – среднее; 0,7 - крупное

3.6. Отделение для переработки стружки.

Современные станки, оснащенные десятками режущих инструментов и работающие на высоких скоростях, дают до 100кг стружки в час. В целом на машиностроительных предприятиях страны в настоящее время образуется 6–7 млн. т стружки в год. Это сделало необходимым разработку многих специальных средств для уборки и утилизации стружки. Наиболее эффективный способ переработки стружки – ее брикетирование. Брикет имеет форму цилиндра $\varnothing 140\text{--}180$ мм, $h = 40\text{--}100$ мм, массой 5–8 кг.

Стружка может перерабатываться также в пакеты, однако по эффективности они уступают брикетированию. Особые трудности вызывает переработка стальной витой (сливной) стружки, которая предварительно должна дробиться для обработки на станке путем применения специальных стружколомов, экранов и т.п.

Схема уборки стружки.

1. Дробление на станке.
2. Транспортирование в люк или короб.
3. Транспортирование от станка к сборным коробам (у проездов).
4. Транспортирование в отделение.
5. Переработка стружки в брикеты (пакеты).

Для уборки стружки из рабочей зоны современные многошпindelные станки имеют специальные устройства шнекового, скребкового или

инерционного типа, которые перемещают стружки в короб или люк, расположенные с тыльной стороны станка.

Транспортирование стружки от станков к сборным коробам или бункерам производится при помощи электротележек и погрузчиков, электротельферов на монорельсе, мостовых кранов, кран-балок, транспортеров. Сборные короба транспортируются в отделение для переработки стружки теми же транспортными средствами. Наиболее эффективно применение транспортеров или конвейеров, расположенных под полом. В этом случае применяются конвейеры следующих типов: шнековые (винтовые), скребковые, ершово-штанговые, цепные, пластинчатые, ленточные, инерционные, гидравлические, пневматические и др.

Винтовой (шнековый) конвейер состоит из неподвижного желоба, внутри которого вращается вал с винтом (рис. 4). Недостаток – малая длина стружки и ограниченная длина винта (3–4 м).

Скребково-штанговый конвейер состоит из желоба 1, штанги 2 с шарнирно закрепленными на ней скребками 3, направляющей планки 4 и при движении штанги в направлении стрелки, скребки, упираясь тыльной стороной в штангу, занимают вертикально положение и сдвигают лежащую впереди стружку. При движении штанги назад скребки, встречая сопротивление стружки, поворачиваются вокруг осей 6 и скользят по поверхности стружки. Приводом служит пневмо- или гидроцилиндр с золотниками. Применяется для чугуновой стружки, можно устанавливать конвейер под углом до 30° , что обеспечивает механизированную погрузку в тару.

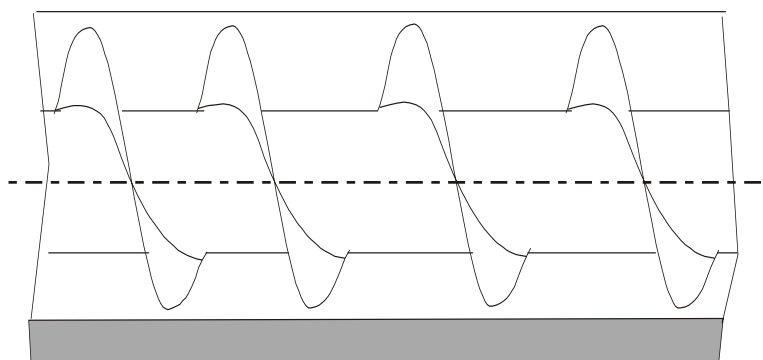


Рис. 4. Секция винтового конвейера

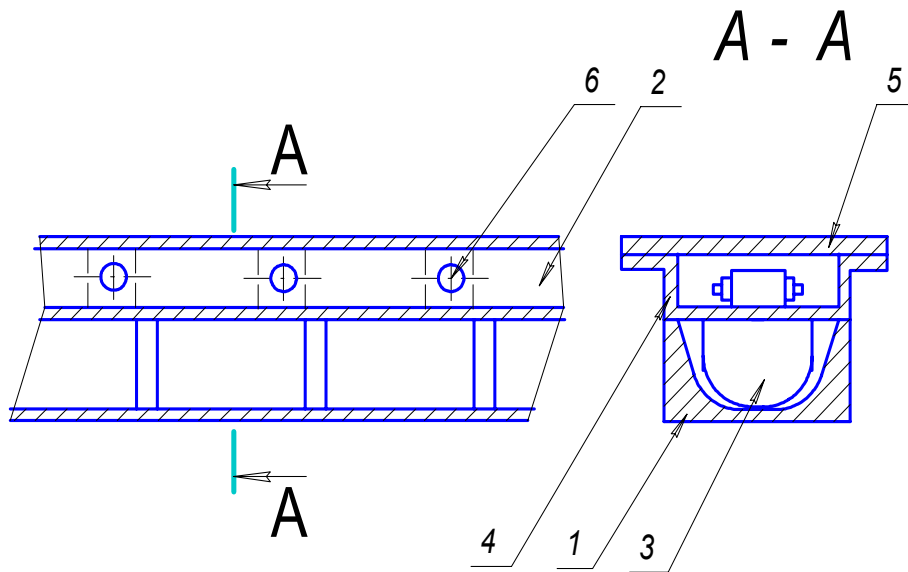


Рис. 5. Секция скребково-штангового конвейера

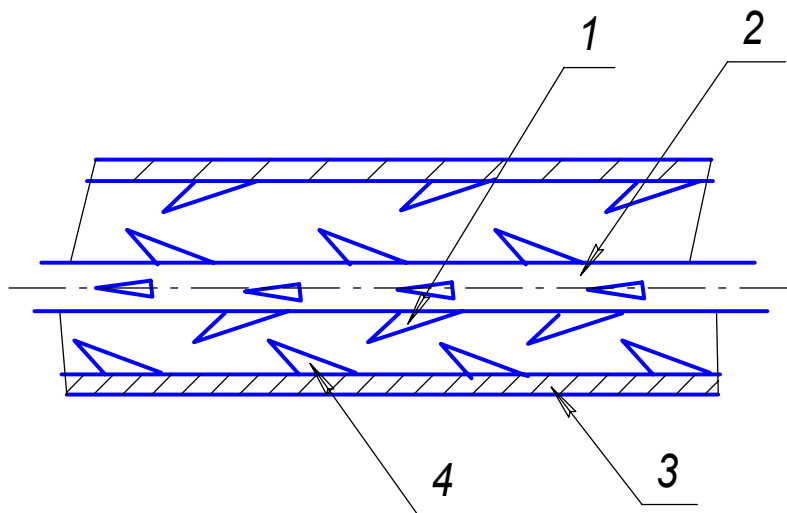


Рис. 6. Секция ершово-штангового конвейера

Ершово-штанговый конвейер (рис. 6) имеет наклонные шипы 1, приваренные к штанге 2, которая совершает возвратно-поступательные движения по желобу 3. На внутренней стороне желоба имеются приваренные шипы 4.

При рабочем движении штанги витая стружка захватывается шипами 1 и проталкивается по желобу. При возвратном движении штанги шипы 1 проскальзывают сквозь стружку, не захватывая ее, а шипы 4 удерживают стружку.

Недостатки механических конвейеров – быстрый износ, сложность ремонта, ограниченное применение. Поэтому в ряде случаев более выгодно применять гидравлические и пневматические конвейеры.

Гидроконвейеры – служат для транспортирования мелкой стружки из любого металла при обилии СОЖ.

Пневмоконвейеры – для транспортирования чугуновой и мелкой алюминиевой и стальной стружки.

В табл. 16 приведены рекомендации по выбору систем уборки стружки.

Площадь отделения для сбора и переработки стружки определяется в зависимости от количества производственного оборудования цеха по табл. 17.

Таблица 16

Рекомендуемые конвейеры для стружки

Вид стружки	Линейные конвейеры		Магистральные конвейеры	
	Тип	Ширина, мм	Тип	Ширина, мм
Стальная	Пластинчатые и винтовые	400-500	Пластинчатые	800
Чугунная	Скребокковые и вибрационные	180-500	Скребокковые и ленточные	800
Шлифовальный шлам	Установка для гидросмыва	250-450	Пластинчатые и вибрационные	600

Таблица 17

Площадь отделения для сбора и переработки стружки

Кол-во станков	до 60	60 – 100	100 – 200	200 – 300	300 – 400
$S_{отд}$, м ²	65 – 75	75 – 85	85 – 105	110 – 125	130 – 180

3.7. Складские помещения.

Различают:

- цеховой склад материалов и заготовок;
- инструментально-раздаточная кладовая (ИРК).
- склад готовых деталей.

Цеховой склад материалов и заготовок предназначается для хранения запасов пруткового и другого материала и заготовок (отливок, поковок, штамповок и др.) и по возможности должен быть объединен с заготовительным отделением. Такие склады устраиваются при механических цехах единичного и серийного производства. В цехах поточно-массового производства вместо таких складов предусматриваются складские площадки в начале каждой поточной линии (а в конце линии – площадки для временного хранения готовых деталей).

Запас материалов и заготовок должен быть невелик и содержать минимум, необходимый для бесперебойной работы станков (табл. 18).

Таблица 18

Запас материалов и заготовок на складе

Род материала и заготовок	Нормы запаса на складе в днях				
	ед. пр-во	м/сер.	сп/сер.	кр/сер.	массовое
Сортовой материал, мелкие и средние отливки и поковки	10	8	6	4	2 (на площадках)
Крупные отливки и поковки	10	8	6	1,5	0,5 (на площадках)

Для достижения прямого и кратчайшего пути движения материалов и заготовок склад располагают в начале цеха, при этом он может размещаться:

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

Прутковый материал хранится горизонтально в штабелях стойках, клеточных и крючковых стеллажах или вертикально в пирамидальных стеллажах.

Крупные и средние поковки и отливки хранятся на полу отдельными штуками или в штабелях; мелкие – на полочных складах с гнездами.

Площадь для хранения заготовок в штабелях на полу определяется по нагрузке на 1 м² площади пола, которая принимается 2–3 т:

- для сортового материала – 2,5–3 т;
- для литья поковок и штамповок мелких и средних размеров – 2–3 т;
- для крупных заготовок – до 2,5 т.

Исходя из допускаемой грузонапряженности площади пол и принято-го для образования запаса количества дней, можно подсчитать потребную площадь по следующей формуле:

$$S_0 = \frac{Q_0 a_{cp}}{D g_{cp} K_u}, \quad (36)$$

где Q_0 – общий черновой вес материалов или заготовок, подлежащих механической сборке в течение года, т; a_{cp} – среднее количество дней, на которое принимается запас материала; D – количество рабочих дней в году; g_{cp} – среднедопустимая нагрузка на площадь цеха, т/м²; K_u – коэффициент использования площади склада – отношение полезной площади склада к его общей площади, включая проходы, проезды $K_u = 0,4–0,5$.

$$S_{cc} = (10 \div 15\%) S_{цех}. \quad (37)$$

Инструментально-раздаточная кладовая (ИРК) служит для снабжения рабочих мест (станочников и слесарей) инструментом и приспособлениями. В небольших и средних механических цехах для всех видов инструмента (режущего, вспомогательного и измерительного) и приспособлений устраивается один инструментально-раздаточный склад.

Для крупных цехов с количеством станков ≥ 200 , иногда устраивают отдельные специализированные склады режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, приспособлений и абразивов. ИРС располагается в цехе рядом с заточным отделением в центральной части цеха.

Площадь ИРК и площадь склада приспособлений определяются по числу обслуживаемых рабочих мест (табл. 19, 20).

Площадь кладовой для абразивов принимается из расчета $S_{y\partial} = 0,4 \text{ м}^2$ на абразивный, заточной или полировальный станок.

Таблица 19

Площадь ИРК

Тип производства	Удельная площадь, м ² /станок
Единичное	0,7
Мелкосерийное	0,5
Крупносерийное производство	0,4
Массовое	0,25

Площадь склада приспособлений.

Тип производства	Удельная площадь, м ² /станок
Единичное	0,5
Мелкосерийное	0,4
Серийное	0,3
Крупносерийное производство	0,2
Массовое	0,1

Склад готовых деталей (промежуточный) и межоперационный склад деталей.

После проверки в контрольном отделении детали поступают на склад готовых деталей и узлов, так называемый промежуточный склад, расположенный в конце пролетов механического цеха, вслед за контрольным отделением, по пути движения деталей из механического цеха в сборочный.

Промежуточный склад служит для накопления и хранения окончательно обработанных деталей и для снабжения готовыми деталями сборочного цеха. На складах должен храниться также запас покупных изделий (приборы, нормали и пр.), которые доставляются с центрального склада завода.

На заводах поточно-массового производства часто применяются подвижные склады-конвейеры (подвесные, пластинчатые и др.), подающие детали и агрегаты непосредственно к месту сборки.

Грузонапряженность площади пола промежуточных складов принимается:

- при удельном весе материала $\rho > 4 \text{ т/м}^3$ $g = 1 \text{ т/м}^2$ для мелких и средних деталей; $g = 1,5 \text{ т/м}^2$ – для крупных деталей;
- при удельном весе $\rho < 4 \text{ т/м}^3$ – $g = 0,4 \text{ т/м}^2$ для мелких и средних деталей; $g = 0,6 \text{ т/м}^2$ для крупных деталей.

Площадь промежуточных складов подсчитывается по той же формуле, что и для цехового склада материалов и заготовок:

$$S_{ск} = m_{\Sigma} t / D q k_u, \quad (38)$$

где m_{Σ} – масса заготовок, деталей, подлежащих хранению в течении года, кг; t – время хранения на складе в календарных днях; D – число календарных дней в году, 253 дня; q – средняя грузонапряженность пола, 100–400 кг/м²; k_u – коэффициент использования площади склада. При обслуживании напольным транспортом 0,25–0,3; подвесным транспортом 0,4–0,5.

Глава 4

Проектирование сборочных цехов.

Сборочные работы являются заключительным этапом в производственном процессе, где из отдельных деталей и узлов собираются готовые изделия, качество сборочных работ значительно влияет на эксплуатационные свойства машин, их надежность и долговечность. Даже при точном изготовлении деталей и некачественной сборке машина не будет обладать необходимыми качествами.

Трудоемкость сборочных работ составляет:

- в сельскохозяйственном машиностроении – 20 – 30 %
- в автомобилестроении – 20 – 25 %
- в тяжелом машиностроении – 25 – 35 %

Сборочный цех проектируется для выполнения узловой и общей сборки, производства испытаний, окраски и упаковки изделий.

Сборочные цеха различают по типу производства, общей площади цеха и грузоподъемности подъемно-транспортных средств.

Основой для проектирования сборочного цеха является его производственная программа, включающая:

- спецификации поступающих в цех узлов и деталей;
- сборочные чертежи и технические условия на приемку и испытание изделий.

4.1. Организационные формы сборки.

Проектирование сборочных цехов так же, как и механических, ведется по точной, приведенной или условной программе.

Проектирование цехов массового и крупносерийного производства ведется по точной программе.

Проектирование сборочных цехов мелкосерийного и серийного производства при разнообразной и обширной номенклатуре ведется по приведенной программе, для составления которой все подлежащие сборке машины распределяются на группы по конструктивной и технологической однородности. В каждой группе есть типовой представитель, на который разрабатывается техпроцесс с нормированием каждой операции.

Различают две основные организационные формы сборки: стационарную и подвижную. Стационарная сборка изделия может осуществляться последовательно или параллельно. В последнем случае весь объем сборочных работ расчленяется по узлам, собираемым параллельно на разных рабочих местах, с последующей сборкой всего изделия из деталей и узлов.

При подвижной сборке собираемый объект перемещается от одного сборочного места к другому, причем за каждым рабочим местом закреп-

ляются определенные операции и рабочие. Эти основные формы сборки делятся еще на поточные и не поточные.

Поточная сборка может осуществляться как при неподвижном объекте сборки, так и при подвижном.

При неподвижном объекте поточная сборка выполняется на расположенных в линию неподвижных стандах. Каждый рабочий (или бригада рабочих) в соответствии с установленным тактом сборки выполняет одну и ту же, твердо закрепленную за ним операцию, переходя от одного станда к другому. Такая сборка обычно применяется в условиях мелкосерийного производства или при сборке крупногабаритных изделий (тяжелые станки, двигатели и пр.) и когда такт сборки достаточно велик.

Поточная сборка при подвижном объекте может осуществляться несколькими способами:

1. на непрерывно движущемся конвейере, скорость перемещения которого обеспечивает возможность выполнения сборочных операций на протяжении каждого рабочего места;
2. на конвейере с пульсирующим (периодическим) движением, когда сборка производится в периоды остановки объекта;
3. с перемещением собираемого объекта от одного рабочего места к другому вручную (по рольгангу, на рельсовых и безрельсовых тележках и др.) или с помощью специальных механических транспортирующих средств.

Основной расчетной величиной при поточной сборке является «такт сборки», определяющий период времени равномерного выпуска собранных изделий или узлов.

При поточной сборке с регламентированными перерывами на обслуживании рабочих мест, отдых и т.д. пользуются «действительным тактом сборки».

$$\tau_{\partial} = \frac{60F_{pm}}{N}, \quad (39)$$

где F_{pm} - действительный годовой фонд времени работы сборочного оборудования рабочего места за вычетом годовых потерь времени на регламентированные перерывы на обслуживание рабочих мест, отдых и прочее в часах; N – годовой выпуск изделия или узла, шт.

В проектных организациях техпроцесс сборки разрабатывается по картам или маршрутным ведомостям. Для определения последовательности операций сборки составляют технологическую схему сборки.

При разработке по картам тех. процесс разбивают на операции и переходы, указывают оборудование, инструмент, приспособление, норму времени и количество рабочих, необходимых для выполнения каждой операции.

В единичном и мелкосерийном производстве технологический процесс сборки обычно разрабатывается по маршрутным ведомостям. Технологический процесс разбивается только на операции.

4.2. Определение трудоемкости сборки.

Трудоемкость сборочных работ определяется следующими методами:

- по технологическому процессу
- методом сравнения (по производственной программе);
- по данным заводов;
- по укрупненным показателям.

По технологическому процессу – трудоемкость определяется путем нормирования операций и переходов на основе известных структурных формул:

$$T_{шт} = T_0 + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отд} \quad (40)$$

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{из}}{N} \quad (41)$$

Определение $T_{шт}$ и $T_{штк}$ производится по общемашиностроительным нормативам на слесарно-сборочные работы, разработанные для соответствующих видов производства. Т.к. при сборке основное и вспомогательное время является ручным, то их объединяют в оперативное время:

$$T_{оп} = T_0 + T_{всп}, \quad (42)$$

Трудоемкость может быть определена также и другими методами, которые рассмотрены при проектировании механических цехов.

Соотношение трудоемкости видов сборочных работ, в процентах, приведено в табл. 21.

Таблица 21

Соотношение трудоемкости видов сборочных работ, %.

Вид сборочных работ	Тип производства				
	единичн.	м/серийн.	серийное	кр/серийн.	массовое
Слесарно-пригоночные	25 – 30	20-25	15-20	10-15	-
Узловая сборка	5-10	10-15	20-30	30-40	45-60
Общая сборка	60-70	60-70	50-65	45-60	40-55

4.3. Определение количества рабочих мест и оборудования.

Количество рабочих мест определяется по трудоемкости сборки, рассчитанной одним из рассмотренных выше способов.

Для не поточного производства при точном проектировании:

$$M_p = \frac{T_{сб} N}{F_{рм} П}, \quad (43)$$

где $T_{сб}$ – трудоемкость сборки одного изделия, чел./ч; N – годовой выпуск изделий или узлов, шт; $F_{рм}$ – действительный годовой фонд времени рабочего места, ч; $П$ – средняя плотность работы.

Под плотностью работы понимают число рабочих, приходящихся на одно рабочее место. Так при работе на верстаке плотность равна 1, при работе на станках узловой и общей сборки $P_{сб} = 2, 3, 4$ и больше в зависимости от габаритов и сложности сборки.

Полученное M_p округляется до целого числа. Отношение расчетного количества рабочих мест к принятому является коэффициентом загрузки рабочих мест.

$$\eta_z = \frac{M_p}{M_{пр}}; \quad (44)$$

При укрупненном проектировании для определения количества рабочих мест всего цеха или отделения расчет ведут по формуле:

$$M_{сб} = \frac{\sum T_{сб}}{F_{рм} П_{сб} \eta_{зср}}, \quad (45)$$

где $\sum T_{сб}$ – суммарная трудоемкость годового выпуска цеха по сборке в чел/час; $\eta_{зср}$ – средний коэффициент загрузки, равный 0,75–0,8; $П_{сб} = 1,2–1,8$

При поточной сборке, в т.ч. конвейерной, при регламентированных перерывах количество рабочих мест определяется по действительному такту сборки:

$$M_p = \frac{T_u \cdot 60}{\tau_{д} П_{ср}}, \quad (46)$$

где T_u – трудоемкость сборки изделия (узла), равная суммарному оперативному времени по всем операциям, чел./ч; $\tau_{д}$ – действительный такт сборки; $П_{ср}$ – средняя плотность работы.

В состав технологического оборудования сборочного цеха входят также:

- сборочные станды;
- прессы;
- механизированные сборочные установки и инструмента (гайковерты, шпильковерты, сверлильные машинки, шлифовальные машинки и др.);
- сборочные автоматы;
- установки и станды для испытания оборудования.

При разработанном тех. процессе сборки количество указанного оборудования определяется по формулам, аналогичным применяемым для расчета количества станков в механических цехах:

$$C_{об} = \frac{T_{об}}{F_{до}}, \quad (46)$$

где $T_{об}$ – годовая трудоемкость выполнения операций на оборудовании данного типа; $F_{до}$ – годовой действительный фонд работы оборудования при принятом числе смен.

4.4. Рабочий состав сборочного цеха.

К производственным рабочим сборочных цехов (отделений, участков) относятся:

- слесари по сборке, отладке и испытанию узлов и изделий;
- слесари-электрики;
- электромонтажники по сборке и отладке электросистем;
- мойщики деталей и узлов;
- маляры и упаковщики,

а также другие профессии рабочих, связанных с выполнением работ по сборке и испытанию изделий.

Потребное количество рабочих:

$$R_{сб} = \frac{T_{сб}}{F_{др}}, \quad (47)$$

где $T_{сб}$ – годовая трудоемкость сборки или слесарно-пригоночных работ для изготовления узла или изделия, чел/час; $F_{др}$ – действительный годовой фонд времени рабочего, час.

Количество сборщиков на каждую сборочную операцию при поточной сборке:

$$R_{сб} = \frac{T_{он}}{\tau_{д}}, \quad (48)$$

где $T_{он}$ – суммарное оперативное время данной операции, мин; $\tau_{д}$ – действительный такт сборки.

На конвейерной сборке к полученному расчетному числу сборщиков необходимо добавить 2–5% резервных рабочих для замены временно отсутствующих с линии, а также для устранения задержек, дефектов и т.п.

Средний разряд производственных рабочих сборочных цехов для серийного производства составляет 3,5–4,0, для массового – 3,0–3,5.

К вспомогательным относятся крановщики, раздатчики инструмента, кладовщики, транспортные рабочие. Количество вспомогательных рабочих принимается в процентах от количества производственных рабочих на основании опытных данных:

$R_{всп} = 20-25 \%$ для серийного производства;

$R_{всп} = 15-20 \%$ для массового производства.

Младший обслуживающий персонал (МОП) – 1–3 % от общего числа рабочих;

ИТР + служащие – 12–15 % от общего числа рабочих.

4.5. Площадь сборочного цеха.

Величину общей площади цеха (включая отделения испытания, окраски, упаковки и вспомогательные службы) определяют по показателям удельной общей площади на одно рабочее место.

Удельная площадь цехов заводов автомобильной промышленности:

Сборка коробок передач - 15–20 м² на 1 раб. место.

Сборка двигателей и шасси - 20–40 м²

Регулировка и сдача автомобилей - 100–200 м²

Для серийного производства машин средних размеров (станки, двигатели, насосы, компрессоры и др.) удельная площадь на 1 производственного рабочего принимается равной 24–32 м².

При укрупненных расчетах принимают площадь сборочного отделения в процентном соотношении к площади механического цеха.

В единичном и мелкосерийном производстве площадь сборочного отделения (цеха) составляет в среднем 50–65 % площади механического цеха;

в серийном – 30–40 %

в массовом – 20–30 %

при хорошо организованном поточном производстве 10–20 %.

Данный расчет площади, однако, является предварительным. Окончательно площадь цеха определяется после распланировки оборудования с учетом проходов, проездов, мест складирования и контрольных пунктов.

Глава 5

Проектирование внутризаводского транспорта.

5.1. Основные виды подъемно-транспортного оборудования.

По назначению перевозок заводской транспорт делят на внешний и внутризаводской (межцеховой и внутрицеховой).

Внешний транспорт завода проектируют с учетом схемы районной планировки при максимальном кооперировании транспортных сооружений и средств с другими предприятиями.

При проектировании внутризаводского транспорта надо предусматривать единый транспортный процесс с перемещением материалов, заготовок и изделий из складов к местам обработки и сборки одним видом транспорта без перегрузок с одного вида транспорта на другой.

Подъемно-транспортные и погрузо-разгрузочные работы являются важными элементами производственных процессов машиностроительных заводов. От методов организации их работ во многом зависит производительность труда и условия работы. конкретные формы механизации и автоматизации транспорта и его виды зависят от вида продукции, формы, веса, размеров, типа производства, размера грузооборота и т.д.

В крупносерийном и массовом производстве степень специализации и механизации подъемно транспортных средств более высокая, чем в мелкосерийном и единичном производстве. Рекомендации по выбору оборудования для подъемно-транспортных работ даны в соответствующих нормативах. Многие элементы оборудования типизированы и частично нормализованы, а мостовые, подвесные краны и тали определяются ГОСТами.

Основными видами подъемно-транспортного оборудования для межкорпусного, межцехового и внутрицехового транспортирования являются следующие:

- железнодорожный,
- автомобильный,
- напольно-тележечный транспорт,
- крановое оборудование,
- подвесной транспорт,
- конвейеры и напольные транспортеры.

5.2. Напольно-тележечный транспорт.

Применяют для перемещения изделий в процессе изготовления между участками, расположенными в разных пролетах цеха, и между цехами. Различают: ручные тележки, электрокары (электротележки), электропогрузчики, рельсовые самоходные тележки.

Напольно-тележечный транспорт с подъемной платформой и грузозахватывающими устройствами применяется в основном внутри цехов и

складов, реже для межцеховой транспортировки. Внутри зданий используются машины с электроприводом, а для работы на открытых площадках – машины с двигателями внутреннего сгорания. Экономически оправдывается применение автотранспорта при пробеге с грузом на следующие расстояния:

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

В цехах массового и крупносерийного производства в качестве межоперационного транспорта для перевозки мелких деталей используют специальные тележки, оборудованные стеллажами разнообразной формы, в зависимости от вида транспортируемых деталей.

Типы напольно-тележечного транспорта приведены в табл. 22.

В цехах тяжелого машиностроения применяют специальные тележки с электроприводом и перемещающиеся по рельсам. грузоподъемность их от 5 до 120 т, скорость перемещения ≈ 2 км/ч.

Таблица 22

Типы напольно-тележечного транспорта.

№ п/п	Наименование	Грузоподъемность, т	Скорость передвижения, км/ч
Межкорпусная перевозка			
1.	Автопогрузчики	1 – 5	15 – 40
2.	Электропогрузчики	0,25 – 3	6 – 10
3.	Электротягачи	тяг. усил. 250–800 кгс	7 – 12
4.	Электротележки	0,5 – 5	7 – 15
5.	Тракторы с прицепными тележками	2 – 5	20
Внутрицеховой, межцеховой и внутрикорпусной транспорт.			
1.	Электропогрузчики	0,25 – 3	6 – 10
2.	Электротележки	0,5 – 5	7 – 15
3.	Электроштабелеры	0,1 – 2	3 – 7
4.	Ручные тележки	0,3 – 1,25	-

5.3. Крановое оборудование.

К этому виду оборудования относятся мостовые и подвесные кран-балки до 5 т, мостовые краны (5–75 т), монорельсы, краны-штабелеры.

Мостовые опорные краны перемещаются по путям, опорами которых являются консоли колонн. Их назначение – установка, кантование и межоперационное транспортирование. Высота подъема – 16 – 32 м, скорость передвижения 70–120 м/мин.

Мостовые и подвесные однобалочные краны (до 5 т) применяются для транспортирования внутри цехов и складов. Они имеют преимущества перед опорными:

- не требуют установки колонн для подкрановых путей, что увеличивает полезную площадь цеха;
- имеют малые габариты по вертикали, что позволяет получить большую высоту подъема груза;
- высокая маневренность, что важно в поточном производстве. Однобалочными кранами рекомендуется перемещать грузы на расстояние 30–50 м.

Консольные краны (поворотные) с электроталиями и подъемниками для непосредственного обслуживания рабочих мест. Устанавливают их на отдельных стойках или на колоннах, а также встраивают в станок. Грузоподъемность их 1–5 т, высота подъема – до 6 м.

Монорельс – однорельсовый подвесной путь (в качестве которого используют двутавровую балку), по которому могут двигаться две и более ручные тали или электротали со специальными грузозахватами. Обслуживают отдельные рабочие места или транспортируют груз на значительное расстояние. Возможна единая разветвленная транспортная система и автоматическое адресование грузов на разные уровни и этажи здания. Грузоподъемность электроталей для монорельсов 0,1–10 т, высота подъема до 6 м, скорость подъема 8 м/мин, скорость передвижения 20 м/мин. Грузоподъемность подъемников до 2 т. Недостаток – малая ширина зоны обслуживания.

Краны-штабелеры предназначены для обслуживания складов, но их иногда применяют в производственных цехах. Они сочетают в себе достоинства кранов и электропогрузчиков и бывают опорными и подвесными. У этих кранов большая производительность, простота управления, возможность обслуживания помещений с различным уровнем пола, высокая маневренность и т.д.

Основное применение кранов-штабелёров – обслуживание складов со штабельным и стеллажным хранением грузов в таре. Также применяются в производственных цехах для подъемно-транспортных работ. Грузоподъемность кранов 0,15–5 т, высота подъема груза до 12,4 м.

Разновидности кранов приведены на рис. 7.

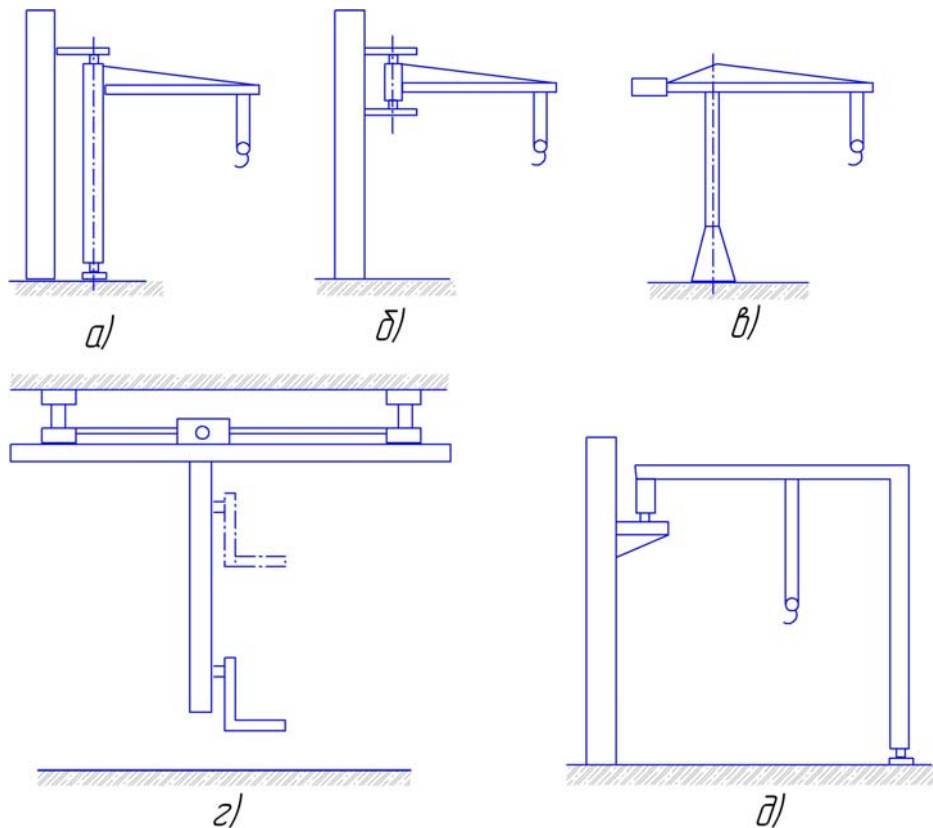


Рис. 7. Разновидности кранов

а – консольный велосипедный кран; б – консольный настенный кран; в – консольный стационарный кран; г – кран-штабелёр подвесной; д – полукозловой кран

5.4. Подвесной транспорт.

К подвесному транспорту относятся конвейеры, однорельсовые дороги, самоходные тележки и тягачи. Это гибкий в горизонтальной и вертикальной плоскости транспорт, легко приспособляемый к возможным изменениям технологического процесса, имеющий возможность доставлять грузы непосредственно к рабочим местам.

Подвесной транспорт может быть автоматического и дистанционного управления. Этот вид транспорта широко применяется для перемещения грузов между рабочими местами.

Наиболее распространенный вид подвесного транспорта – конвейеры, среди которых выделяют грузонесущие, толкающие и грузотянущие (рис.8, 9). Имеются также комбинированные конструкции конвейеров.

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

У подвесных толкающих конвейеров тяговый элемент не прикреплен к грузовой тележке, которая движется по отдельному (нижнему) грузовому пути при помощи толкателя, прикрепленного к тяговой цепи, движущейся на каретках по своему верхнему тяговому пути. Наличие двух отдельных путей: тягового и грузового дает возможность свободного включения и отключения грузовых тележек от тяговой цепи и переход их на другие пути, что является важнейшей конструктивной особенностью этого типа конвейера. Применяется в массовом и серийном производстве. Грузоподъемность – 32, 125, 500, 1250 кг. Диапазон скоростей - 0,8–24 м/мин.

Подвесные грузотянущие конвейеры служат для транспортирования груза на напольной тележке, перемещаемой по полу при помощи захвата или толкателя, укрепленного на каретке, которая перемещается по подвесному пути. Преимуществами грузотянущих конвейеров являются:

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

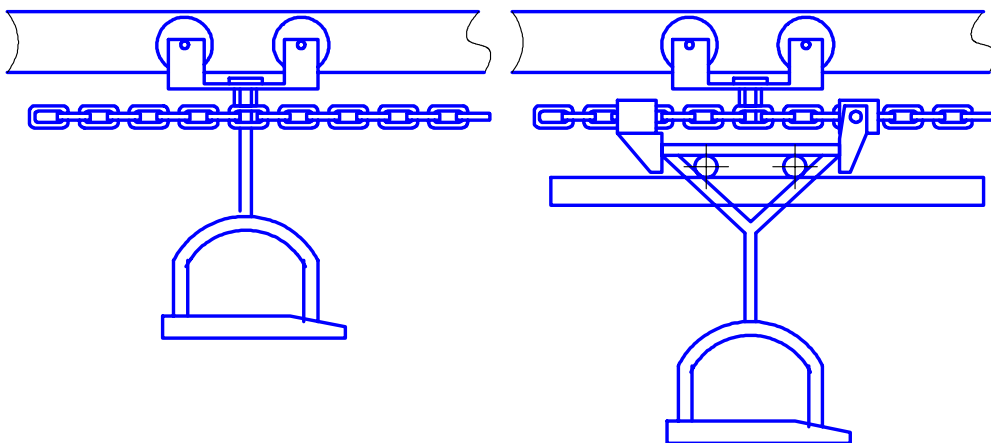


Рис. 8. Грузонесущий и подвесной толкающий конвейеры

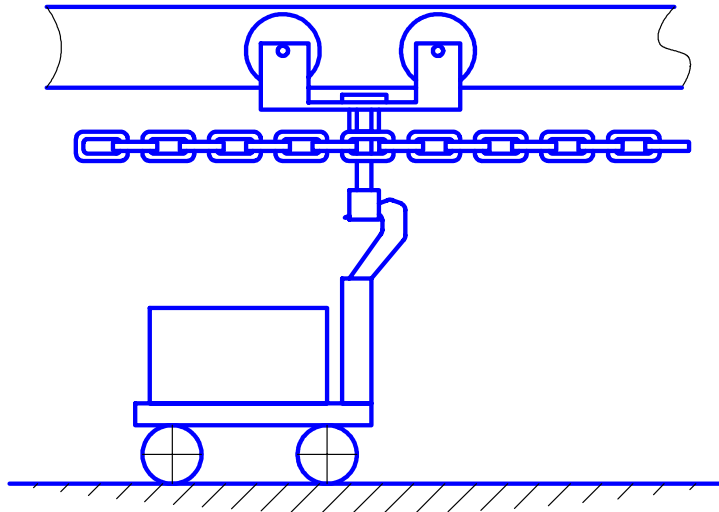


Рис. 9. Подвесной грузотянувший конвейер.

5.5. Напольные конвейеры и транспортеры.

Этот вид транспорта широко распространен в поточно-массовом и поточно-серийном производстве в основном для передачи деталей и узлов. В серийном производстве конвейеры должны быть универсальными, т.е. учитывать габариты, вес и конфигурацию деталей. Существует несколько типов напольных конвейеров:

Роликовые конвейеры (рольганги), изображены на рис. 10, получили широкое распространение в механических и сборочных цехах. Особенно удобны такие конвейеры для транспортирования корпусных деталей массой 25–100 кг с плоской опорной поверхностью, а также для мелких деталей в таре.

Они могут быть приводными и не приводными, горизонтальными и наклонными (уклон 1–3 %). Кроме того, они делятся на стационарные и переносные или передвижные, монтируемые на колесах. Как разновидность применяются шариковые конвейеры. Не приводные роликовые конвейеры допускают возможность разветвления путей с помощью переходных секций. В приводных роликовых конвейерах вращение передается на все рабочие ролики. Скорость передвижения на таком конвейере до 9 м/мин. Приводные конвейеры применяют главным образом для внутрицехового транспортирования готовых деталей и узлов на расстояние до 30 м. Приводные и не приводные конвейеры применяются для грузов массой до 1200 кг.

Скаты выполняются в виде желобов, длиной до 10 м с уклоном 1:15 – 1:10 и служат для перемещения тел вращения.

Склизы выполняют с уклоном 1:5 и применяют для перемещения плоских деталей, либо деталей в таре.

Пластинчатые конвейеры применяются в сборочных поточных линиях в качестве технологического транспорта. Эти конвейеры состоят из стани-

ны, по концам которой установлены две звездочки, приводная и натяжная. Бесконечный настил, состоящий из отдельных металлических или деревянных пластин, прикреплен с одной или двум тяговым цепям. Настил для крупногабаритных деталей располагают на уровне поля. Длина до 20 м, ширина настила 400–1600 мм; скорость 2–5 м/мин.

Ленточные конвейеры в машиностроении применяются редко и служат в основном для транспортирования мелких деталей. Для транспортных операций используются также различные разновидности тележечных, шагающих конвейеров, конвейеры на воздушной подушке.

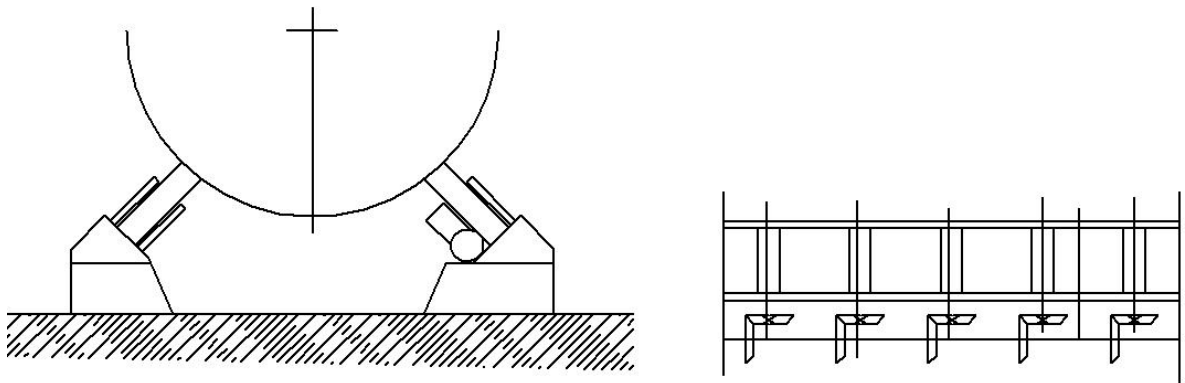


Рис. 10. Роликовые конвейера

5.6. Промышленные роботы

Это перепрограммируемые автоматические манипуляторы для обеспечения гибкой структуры производственных процессов. Основное назначение промышленных роботов (ПР) состоит в замене рабочих на тяжёлых операциях, а также в условиях, вредных для человека. ПР целесообразно применять в мелко- и среднесерийном производстве, так как переналаживаются при переходе с одного изделия на другое и приспособляются к любому оборудованию.

По выполняемым функциям ПР делят на две группы: технологические и вспомогательные (обслуживающие).

Технологические ПР специализированы по типу операций. Наиболее распространёнными являются ПР, предназначенные для сварки (точечной или шовной), разделительной резки (плазменной, лазерной, гидроабразивной), механической обработки (шлифования, полирования, сверления), окраски, пескоструйной и дробеструйной обработки, контроля.

Вспомогательные ПР предназначены для переноса заготовок и установке их в зажимных приспособлениях. Они более просты по устройству управления и конструкции, поэтому более дешёвые.

Различают следующие типы вспомогательных ПР:

- шарнирно-балансировочные манипуляторы;
- напольный ПР с одной горизонтальной выдвижной рукой;
- напольный ПР с шарнирной (складной) рукой;
- порталные промышленные роботы.

Шарнирно-балансировочные манипуляторы (ШБМ) являются устройствами, близкими к роботам. Роботами не являются, так как работают не по программе и не высвобождают рабочих. ШБМ имеют ручное управление и систему автоматического уравнивания (балансировки) рабочего органа с грузом. Автоматически осуществляется только компенсирование силы веса (с помощью гидроцилиндров), перемещения объекта задает рабочий. ШБМ заменяют краны, погрузчики, тали при обслуживании складов, погрузке и разгрузке. Выполняют подвесными, напольными и на тележках для перемещения и установки в любом месте. Грузоподъемность манипуляторов составляет 100–500 кг, допустимые перемещения звеньев по вертикали 1,5 м, горизонтали 2 м.

Напольный ПР с одной горизонтальной выдвижной рукой расположен на вертикальной колонне, вокруг оси которой осуществляется поворот руки. Такие роботы – сверхлегкие и легкие. Имеют четыре степени подвижности (три переносные и одну ориентирующую). Работают в цилиндрической системе координат, устройство управления – цикловое. Предельными следует считать значения: вылета руки 2,0–2,5 м, горизонтального хода 1,0–1,3 м, вертикального хода 0,5 м. Масса манипулятора изменяется в широких пределах: от нескольких десятков килограмм (сверхлегкие роботы) до 1 т и более, но обычно – несколько сотен килограмм.

Напольный ПР с шарнирной рукой может быть как технологическим, так и вспомогательным. Имеет пять степеней подвижности (три переносные и две ориентирующие). Устройство управления – позиционное или контурное, на основе ЧПУ. Радиус рабочей зоны превышает 2 м, грузоподъемность 5–80 кг.

Портальные промышленные роботы имеют одну или несколько качающихся рук. Имеют одну межпозиционную степень подвижности – перемещение каретки по траверсе. Каждая рука имеет три степени подвижности (две переносные и одну ориентирующую). Портальные роботы обслуживают одну или несколько единиц оборудования, установленных в ряд. Ход каретки по траверсе изменяется от 3 м (при обслуживании одного станка) до 16 м (когда робот обслуживает несколько станков), поперечные размеры рабочей зоны 1,0–2,5 м. Грузоподъемность порталных роботов составляет 20–200 кг.

5.7. Транспортные устройства, применяемые при сборке.

Поточная подвижная сборка производится на различных транспортных устройствах, к числу которых относятся конвейеры, рольганги, подвесные монорельсовые пути с тельферами, тележки, карусельные столы и пр.

Конвейеры для сборочных работ:

- напольные конвейеры тележечные – вертикально-замкнутые и горизонтально замкнутые;
- подвесные цепные;
- шагающие пульсирующие;
- ленточные;
- пластинчатые и др.

Применяя то или другое транспортное устройство можно получить прямую или кольцевую линию потока при непрерывном или прерывистом (периодическом, пульсирующем) движении.

Тележечные вертикально-замкнутые конвейеры (рис.11) применяются для прямых сборочных линий, у которых первая операция находится в начале конвейера, а последняя – в конце его. Обратная ветвь этих конвейеров располагается под рабочей ветвью, над или под полом; технологические операции можно производить по обе стороны конвейера. Эти конвейеры бывают с опрокидывающимися и неопрокидывающимися тележками.

Горизонтально-замкнутые тележечные конвейеры (рис. 12) применяются для кольцевых сборочных линий, когда процесс сборки состоит из большого количества технологических операций. Благодаря круговому движению у этих конвейеров используется вся длина его ходовой части.

Длина тележечных конвейеров для сборки бывает 15–200 м, при ширине 0,25–3,5 м. Скорость периодически действующих конвейеров – 4–5 м/мин, непрерывно действующих – 0,02–4 м/мин.

Подвесные цепные конвейеры (рис. 14) представляют собой замкнутое тяговое устройство в виде подвески для грузов. Широко применяются в поточном производстве для передачи деталей с одного рабочего места к другому и в другие цеха на заводах автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения.

Уклон при подъемах и спусках допускается до 45°, радиус закругления – 1–1,5 м. Скорость тяговой цепи – 0,1–10 м/мин.

Пульсирующий конвейер (рис. 13) – сочетает достоинства подвижной и стационарной сборки. состоит из жесткой металлической рамы, которая опирается на гидравлические домкраты грузоподъемностью $P = 1 - 3$ т.

Сборка производится на неподвижных стендовых плитах, установленных на фундаментах. Пульсирующие передвижения конвейера осуществляется на 1 шаг (от 0,5 до 1,2 м). Широко распространен в крупносерийном производстве при сборке станков.

Кроме того, в качестве транспорта при сборке используются ленточные конвейеры, рольганги, тележки (в т.ч. рельсовые) и другие виды транспорта.

При сборке на ленточных конвейерах могут применяться или длинные узкие верстаки (шириной 0,4–0,6 м), расположенные вдоль линии сборки, или индивидуальные рабочие столы, установленные перпендикулярно линии сборки (рис. 15). Второй вариант удобнее при сборке легких и точных изделий.

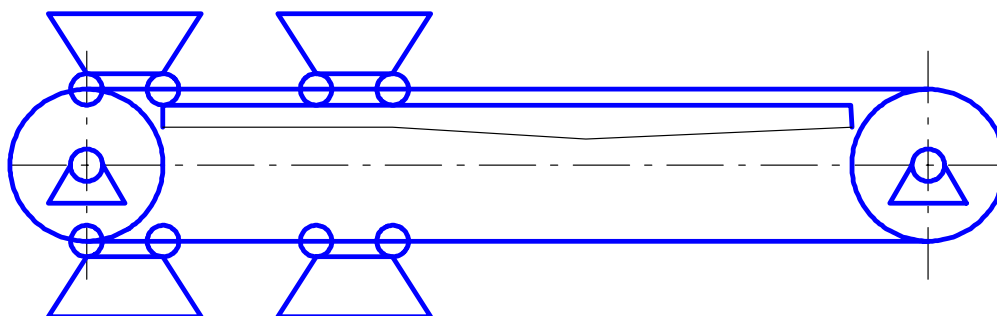


Рис. 11. Вертикально замкнутый тележечный конвейер

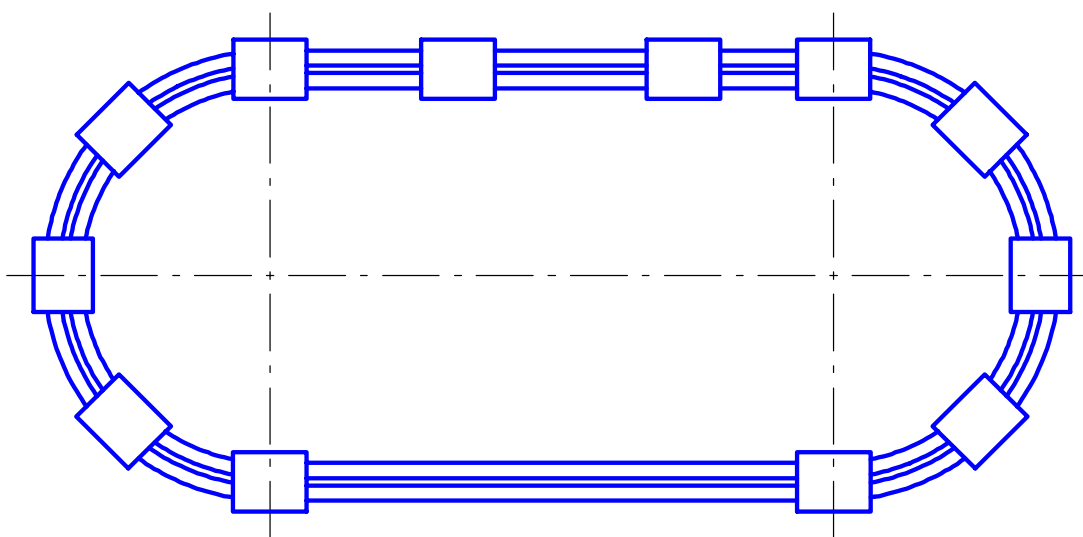


Рис. 12. Горизонтально замкнутый тележечный конвейер

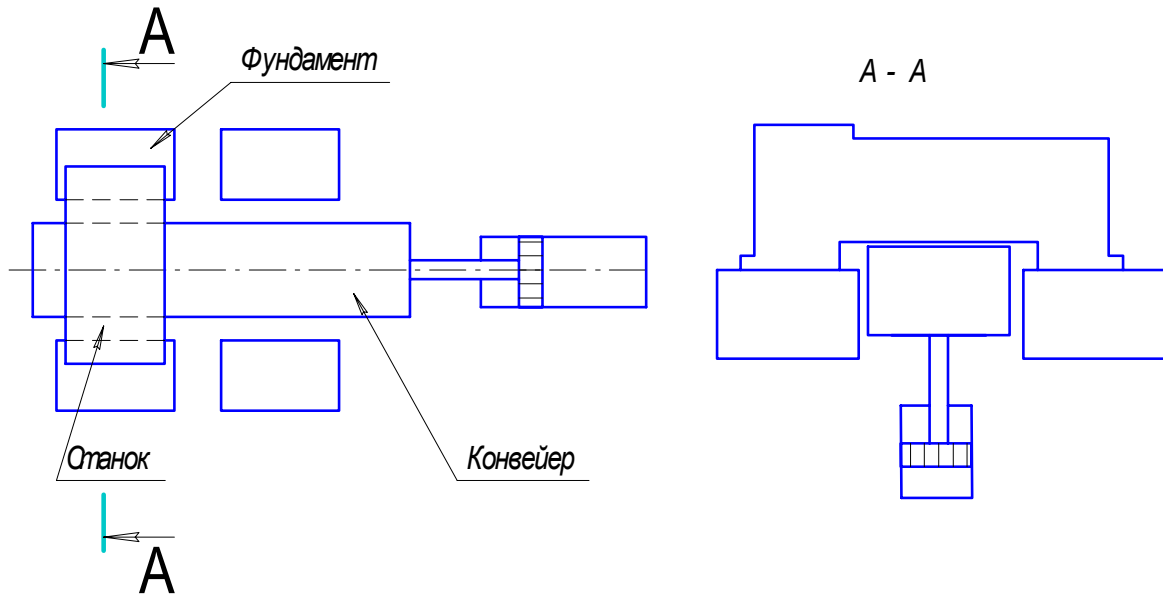


Рис. 13. Пульсирующий конвейер

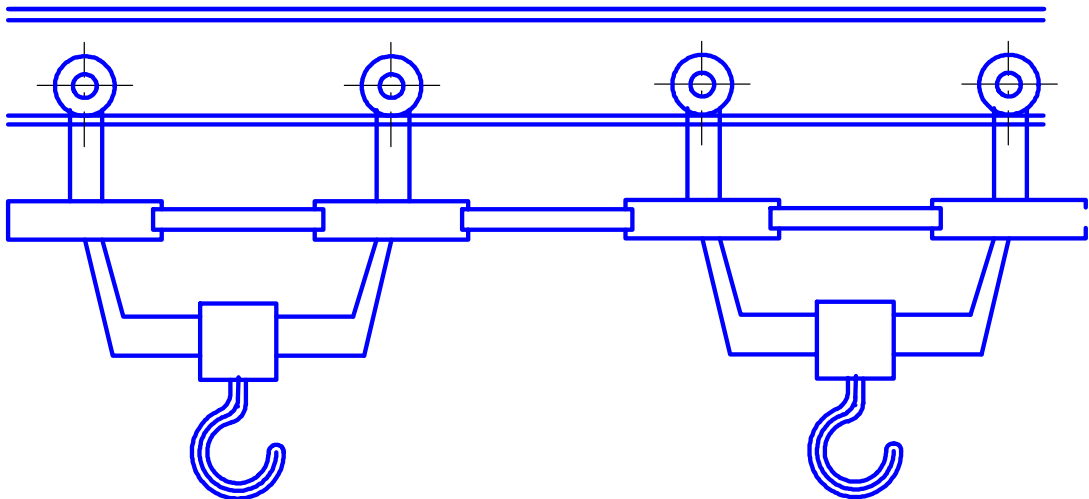


Рис. 14. Подвесной цепной конвейер

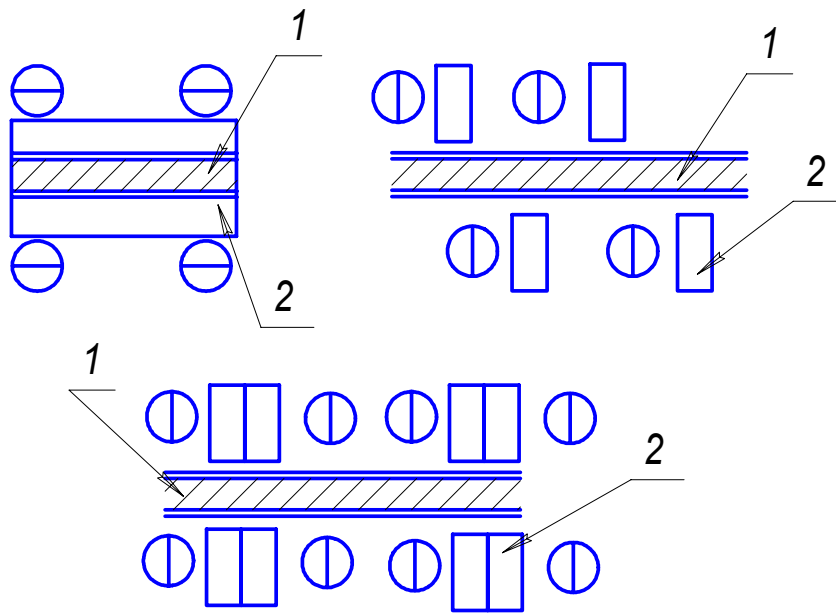


Рис. 15. Расположение верстаков при сборке относительно конвейера

5.8. Расчет потребного количества подъемно-транспортного оборудования.

Для своевременного обеспечения цехов материалами, заготовками, деталями и узлами необходимо определять потребное количество подъемно-транспортных средств. Для точного определения следует учитывать массу грузов, путь перемещения, время, затрачиваемое на подъем грузов и многие другие условия.

Количество элементов напольно-тележечного транспорта (электротележки, электроштабелеры, погрузчики и т.п.) определяют по формуле:

$$K = \frac{QT_{\text{э}}K_1}{mq_{\text{э}}\Phi_{\text{до}}60K_2}, \quad (49)$$

где Q – годовой грузооборот, т; $q_{\text{э}}$ – грузоподъемность электротележки, т; $T_{\text{э}}$ – общее время пробега (оборот) электротележки, мин; K_1 – коэффициент неравномерности; K_2 – коэффициент использования грузоподъемности ($\approx 0,8$); $\Phi_{\text{до}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при соответствующем числе смен, ч; $m = 1$ или 2 коэффициент, учитывающий одно или двухстороннюю систему перевозок;

Общее время пробега электротележки:

$$T_{\text{э}} = T_{\text{np}} + T_{\text{н}} + T_{\text{р}} + T_{\text{з}}, \quad (50)$$

где T_{np} – время пробега эл. тележки в оба конца, мин; T_n – время погрузки, мин; T_p – время на разгрузку, мин; T_3 – время случайных задержек (примерно 10% на каждый рейс), мин;

Время пробега эл. тележки в оба конца:

$$T_{np} = \frac{2l}{v}, \quad (51)$$

где l – среднее расстояние при маршрутных перевозках; v – среднетехническая скорость электрокары;

Количество мостовых кранов для механических цехов:

$$K = \frac{nIT_{кр}}{mT_{см}}, \quad (52)$$

где n – число деталей, транспортируемых в смену; I – среднее число транспортных операций на одну деталь; $T_{кр}$ – общее время пробега крана, мин; $T_{см}$ – время работы в смену, мин;

$$T_{кр} = T_{np} + T_n + T_p + T_3, \quad (53)$$

где T_{np} – время пробега эл. тележки в оба конца, мин; T_n – время погрузки, мин; T_p – время на разгрузку, мин; T_3 – время случайных задержек (примерно 10 % на каждый рейс), мин;

$$T_{np} = \frac{l}{v}, \quad (54)$$

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

Для сборочных работ количество подъемных кранов определяется на основе графиков сборки, в которых приводится время работы крана на каждой операции. Укрупненно для механических цехов принимается 1 крана на 40–80 м длины пробега, а для сборочных работ на 30–50 м.

При расчете подвесных конвейеров используют скорость или производительность:

$$v = \frac{Ql}{60n} \quad (54)$$

Или
$$v = \frac{l}{\tau n}, \quad (55)$$

где Q – производительность конвейера, шт./ч; τ – такт работы, мин; l – шаг подвесок, м; n – количество изделий на одной подвеске, шт.

Глава 6

Производственные здания

6.1. Классификация зданий.

Производственные здания в зависимости от процессов происходящих в них делятся на:

- основные производственные;
- обслуживающие;
- вспомогательные

По планировочным решениям и эксплуатационным режимам различают:

- одно- и многоэтажные;
- со световыми фонарями и безфонарные;
- крановые и бескрановые;
- отапливаемые и неотапливаемые (горячие цеха);
- с плоским и скатными кровлями;
- с наружным отводом атмосферных вод и с внутренними водостоками.

К числу факторов, определяющих основные направления при проектировании современных промышленных зданий является минимум экономических затрат на строительство и минимальные сроки строительства при удовлетворении требований технологического процесса, бытовых и эстетических потребностей работающих. В соответствии с этими факторами определились следующие направления в проектировании зданий:

1. Применение зданий, как правило, простейшей прямоугольной формы, преимущественно одноэтажных и без перепадов высот.
2. Строительство цехов и любых других помещений в одном здании. (Это сокращает объем строительных работ, сокращает протяженность инженерных путей, дорог, территории предприятия).
3. Максимальное использование унифицированных типовых секций (УТС), т.е. объемных частей зданий.
4. Применение укрупненной сетки колонн, позволяющей:
 - повысить коэффициент использования площади цеха за счет сокращения «мертвых зон» вдоль ряда колонн (5–10 %);
 - уменьшить число сборных элементов здания;
 - создать лучшие удобства при перепланировке цехов в случае их модернизации;
5. Учет требований НОТ и технической эстетики при проектировании зданий с целью создания наиболее благоприятных условий для работы и улучшения и бытового обслуживания работающих.

6.2. Одноэтажные здания.

Широко применяют для предприятий машиностроения. Основные структурные части – пролеты. Под пролетом понимается объемная часть здания, ограниченная двумя смежными рядами колонн.

Основными строительными параметрами здания являются:

- ширина пролета (расстояние между продольными осями колонн) – L ;
- шаг колонн (расстояние между их поперечными осями) – t ;
- высота пролета (расстояние от пола до низа несущих покрытий) – H .

Размеры строительных параметров и конструктивных элементов зданий устанавливаются на основе единой модульной системы (ЕМС). Единая модульная система исходит из основного модуля, равного 100мм и обозначаемого буквой М. Размеры ширины пролета и шага колонн принимаются кратными модулям 60М (6 м) и 30М (3 м). Высота производственных зданий принимается кратной модулю 12М (1,2 м).

Ширина пролета и шаг колонн образуют сетку колонн $L \times t$ (рис. 16).

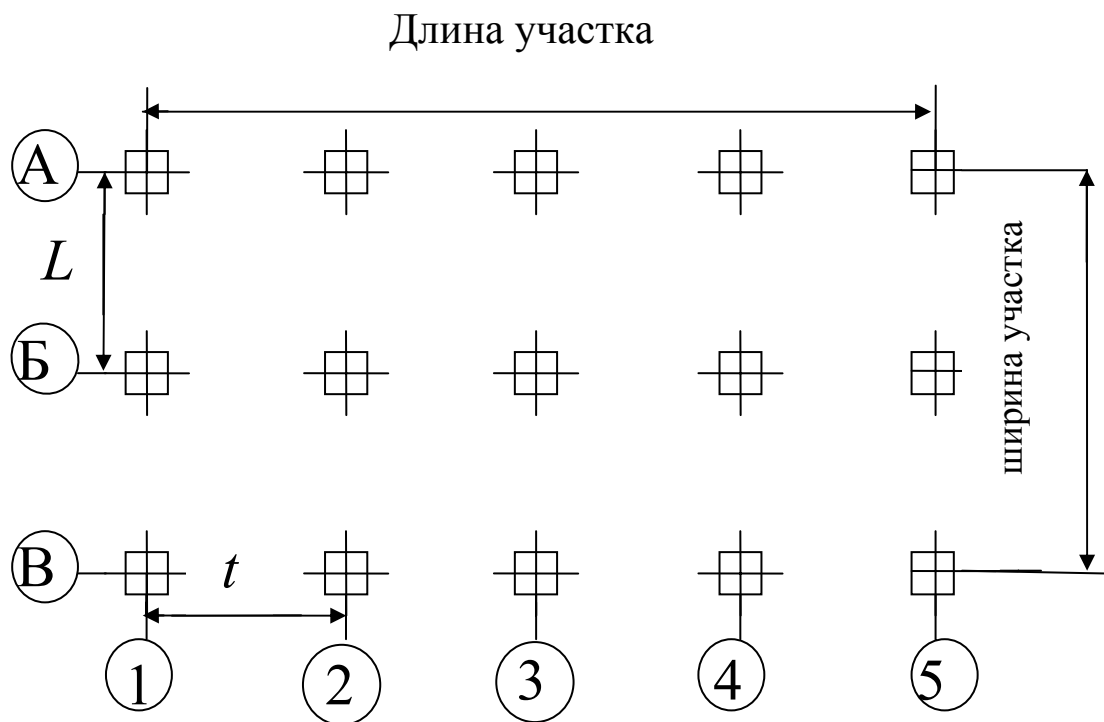


Рис. 16. Сетка колонн

Здания, имеющие значительную протяженность или состоящие из нескольких объемов с разными высотами и нагрузками, имеют температурные (деформационные) швы для ограничения усилий, возникающих от перепада температур (рис. 17).

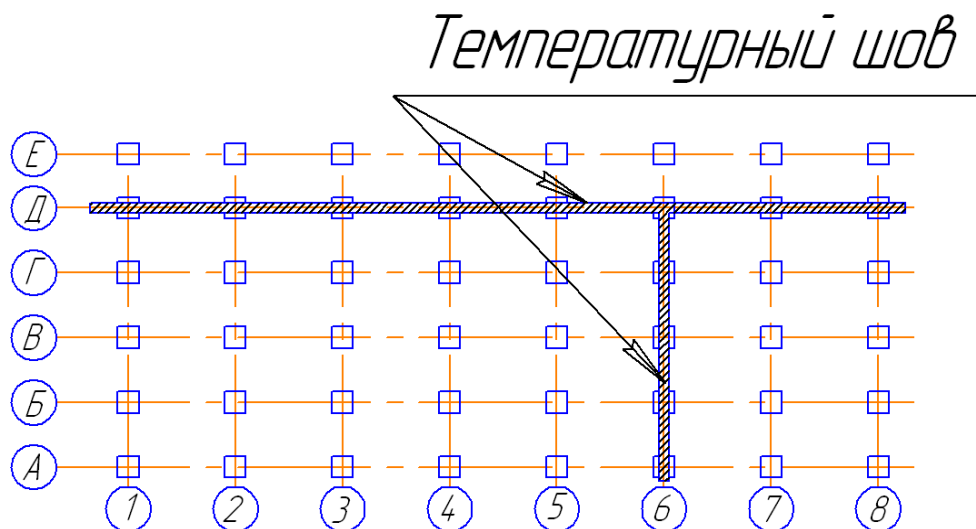


Рис. 17. Температурные швы

Температурные швы расчленяют здание на отдельные отсеки (температурные блоки). Размеры между поперечными швами принимаются до 72 м, а между продольными – до 144 м. Температурные швы должны расчленять как каркас здания, так и все конструкции, на него опирающиеся.

С целью ограничения неоправданного разнообразия элементов конструкций и деталей зданий действующими нормами (Госстрой СССР, СН 223-62) предусматривается широкое применение унифицированных габаритных схем зданий для всех отраслей промышленности:

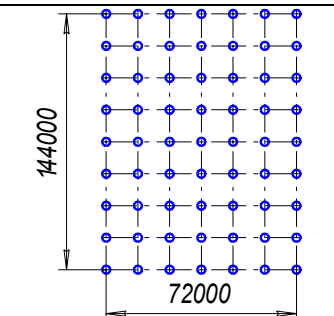
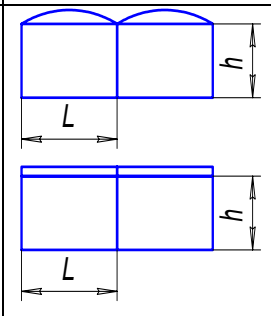
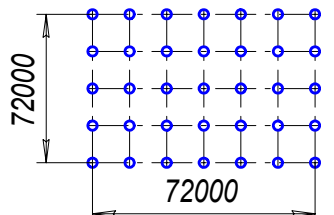
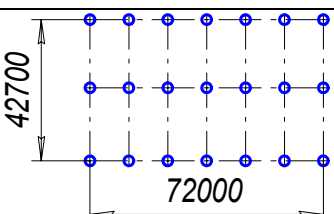
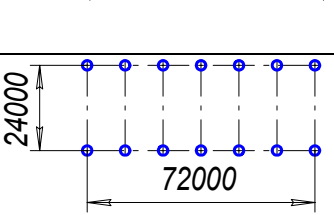
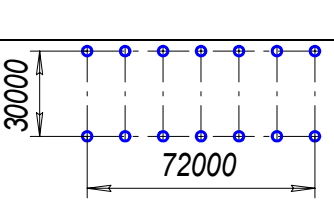
1. Унифицированная ширина пролета – 18 и 24 м в бескрановых и 18, 24, 30 и 36 м в крановых зданиях (электромостовые краны).
2. Шаг колонн 12 м. Шаг крайних (измененных) колонн принимается 6 или 12 м в зависимости от конструкции стеновых ограждений.
3. Унифицированная высота пролетов установлена 6–8,4 м в бескрановых пролетах и 10,8–19,8 м в крановых.

Дальнейшим развитием типизации и унификации элементов зданий явилось создание унифицированных типовых секций (УТС). УТС представляет собой объемную часть здания, состоящую из одного или нескольких одинаковых пролетов постоянной высоты. Длина такой секции не превышает 72 м, а ширина – 144 м, т.е. принятого предельного расстояния между температурными швами. Таким образом, каждая секция представляет собой температурный блок.

Таким образом, для машиностроения применяют основные секции с размерам 144×72 и 72×72 с сетками колонн 18×12 и 24×12 м, пристенные ряды колонн имеют шаг $t = 6$ м (табл. 23).

Таблица 23

Схематические планы и разрезы унифицированных типовых секций.

Категория секций	Планы секций	Сетка колонн, м	Площадь секций, м ²	Наличие кранов	Схема поперечных разрезов секций	Высота пролета, грузоподъемность	
Основные		18×12	10638	Бескрановые		6 и 7,2 м, (5 т)	
		24×12	5184				Крановые
Дополнительные		24×12	3456	10,8 (20 т);			
		24×12	1728		12,6 (30 т)		
		30×12	2160				

Основными элементами каркасов одноэтажных зданий являются фундаменты, колонны, стропильные и подстропильные конструкции, подкрановые балки. Сейчас очень широко применяют бетонные конструкции. Стальные конструкции в настоящее время разрешается применять для зданий, оборудованных кранами, грузоподъемностью более 50 т или высотой более 18 м.

Фундаменты при каркасной конструкции здания наиболее целесообразно применять отдельно стоящие, выполненные из железобетона. На них опираются колонны и фундаментные балки.

Колонны по расположению их в здании подразделяются на средние и крайние. Крайние в свою очередь подразделяются на основные, воспринимающие нагрузку от конструкций покрытия, кранов и стен и фахверговые, служащие для крепления стен.

Несущие конструкции покрытий – стропильные и подстропильные.

Фермы с параллельными поясами применяются для зданий с плоскими кровлями.

Наружные стены – панели сплошного сечения и трехслойные. Толщина наружных стен принимается от 200 до 500 мм в зависимости от теплотехнических требований.

Ворота производственных зданий по способу открытия подразделяются на распашные, раздвижные, складчатые, подъемные и шторные. Высота не менее 2,4 м, ширина не менее 1,8 м. При необходимости должны быть оборудованы тамбурами, воздушными или воздушно-тепловыми завесами.

Покрытия зданий (кровли) могут быть скатными и плоскими. Почти все возведенные до последнего времени здания имеют скатные кровли. Плоские кровли применяются в многопролетных зданиях с развитой сетью инженерных коммуникаций

Летом плоские кровли могут заливаться слоем воды 25–30 мм. Отражая солнечные лучи, и образуя большую поверхность для испарения, водяной экран охлаждает кровлю и предохраняет ее от размягчения и растрескивания. При этом снижаются расходы на искусственную вентиляцию.

Фонари устраивают на кровлях зданий с целью освещения естественным светом и аэрации, т.е. естественной вентиляции производственных помещений. По назначению фонари подразделяются на светоаэрационные, аэрационные и световые.

Аэрационные фонари применяются в производственных зданиях с большими тепловыделениями и выделениями газа, дыма и пыли, а необходимая освещенность помещений обеспечивается естественным боковым или искусственным светом. Применяются исключительно прямоугольные фонари.

Имея в виду высокую стоимость фонарей, а также усложнение эксплуатации зданий следует ограничить их применение. В последние годы

признано более целесообразным для естественного освещения применять светопрозрачные проемы в кровле в виде зенитных фонарей плафонов из стеклопакетов из органического стекла и стеклопластика. Они на 30% дешевле фонарей.

6.3. Многоэтажные здания.

Применяются здания в 2–5 этажей для механических и сборочных цехов при производстве легких и мелких изделий, например режущего и измерительного инструмента, приборов, карбюраторов и т.д.

В многоэтажных зданиях достигается наибольшая концентрация производственных помещений на территории завода, сокращаются коммуникационные линии, внутризаводские пути, возможно полное размещение производства при ограниченных размерах участка.

Для многоэтажных производственных зданий разработаны унифицированные габаритные схемы, которые предусматривают сетку колонны 6×6 и 9×6 м и высоту этажей 3,6; 4,8; 6 м.

Ширина здания 2–10 пятиметровых или до 7 девятиметровых пролетов. Допускаемые нагрузки на перекрытие при пролете:

- 6 м – 1–2,5 т/м² (10–25 кН/м²);
- 9 м – 0,5–1,5 т/м² (5–15 кН/м²).

Число этажей при пролете в 6 м – 3–5; при пролете 9 м – 3–4. Лестничные клетки располагаются внутри здания. Здания komponуются из сборных железобетонных элементов (конструкций) заводского изготовления. Высота нижних этажей измеряется расстоянием от пола до пола, а верхнего – от пола до нижней точки балки покрытия.

Допускается проектировать здания с высотой 7,2 м, 8,4 м и 10,8 м для нижнего и верхнего этажей с пролетом до 18 м, оборудованного подвесным краном; и 8,4 м и 10,8 м для верхнего этажа пролетом до 18 м, оборудованного мостовым опорным краном грузоподъемностью 10 т при пролете нижних этажей равном 6 м.

6.4. Расчет высоты пролетов здания

Высота пролетов устанавливается в зависимости от типа применяемого подъемно-транспортного оборудования, веса и габаритов деталей и узлов, высоты их подъема, максимальной высоты технологического и складского оборудования и с учетом требований к вентиляции помещений цехов. В пролетах, не имеющих подъемных кранов, может применяться подвесное подъемно-транспортное оборудование (кранбалки грузоподъемностью 0,5–5 т, подвесные конвейеры и др.). При изготовлении мелких узлов пролеты могут обслуживаться только напольным транспортом.

Расчетную высоту пролетов, оснащенных мостовыми опорными кранами и безкрановых пролетов, обслуживаемых подвесными кранами, при-

нимать по формулам и условиям, приведенным в табл. 25, 27 и рис. 19, 18, округляя до ближайшего большего значения по табл. 26.

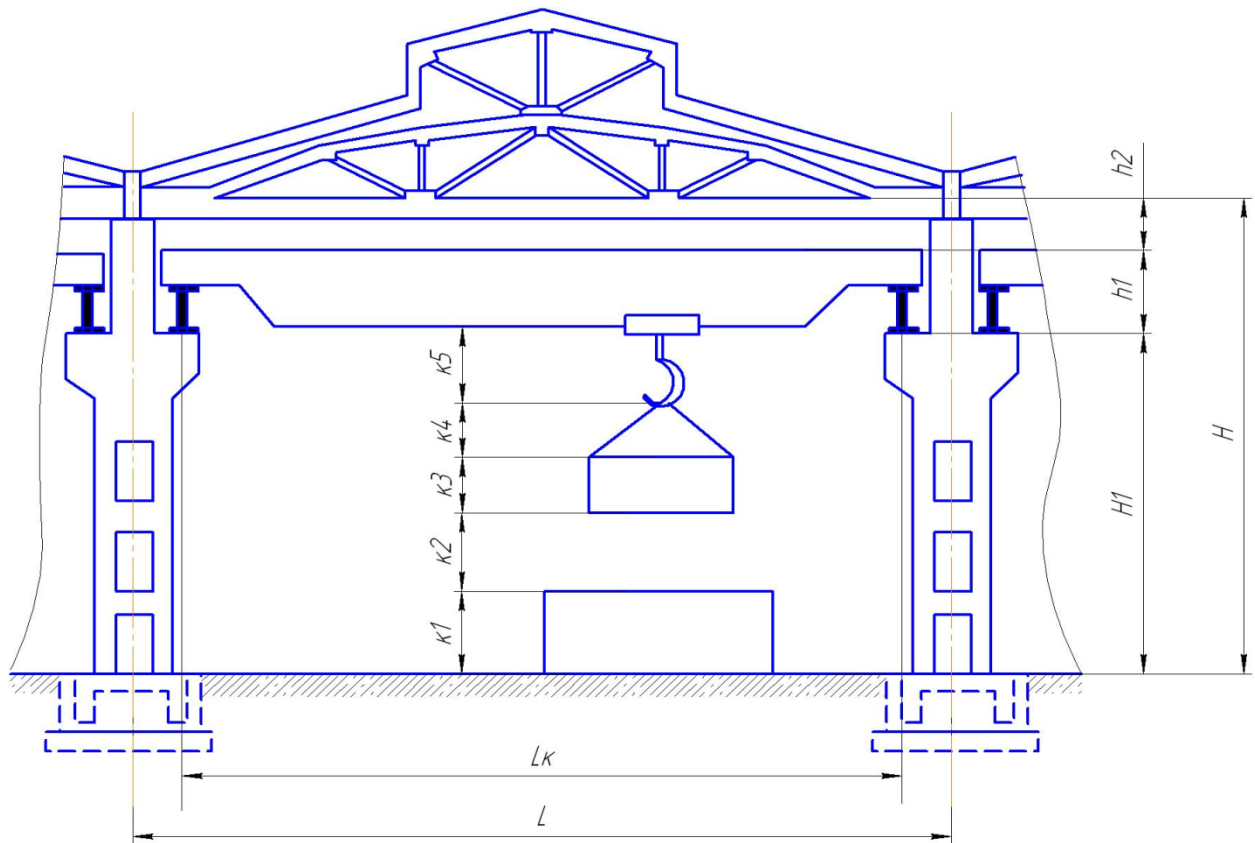


Рис. 18. Пролет, обслуживаемый мостовым опорным краном

Таблица 24

Ширина подкранового пути L_k для крана $Q \leq 50$ т

Ширина пролета, L	12	18	24	30	36
Ширина подкранового пути, L_k	10,5	16,5	22,5	28,5	34,5

Таблица 25

Расчет пролета, обслуживаемого мостовым опорным краном

Условное обозначение	Наименование	Нормы расчета
H	Высота здания до низа конструкции	$H=H_1+H_2$;
H_1	Высота до головки рельса подкранового пути	$H_1=\kappa 1+\kappa 2+\kappa 3+\kappa 4+\kappa 5$ округляется по табл.44
$\kappa 1$	Высота стола (оборудования), на который устанавливается изделие	По паспорту оборудования; не менее 2,3м
$\kappa 2$	Высота подъема над столом устанавливаемого изделия	0,5–1,0 м
$\kappa 3$	Высота устанавливаемого изделия или тары	По габариту изделия, тары
$\kappa 4$	Высота стропа	0,3 ширины тары, не менее 1м
$\kappa 5$	Расстояние от уровня головки рельса подкранового пути до низа крюка	Зависит от кранового оборудования; 0,5–1,5 м
H_2	Высота от головки рельса до низа перекрытия	$H_2=h1+h2$
$h1$	Габаритная высота крана	Зависит от кранового оборудования; $h1=2,1$ м при $Q \leq 10$ т, $h2=5,2$ м при $Q \leq 250$ т
$h2$	Расстояние между верхней точкой крана и низа перекрытия	0,3–0,5 м

Таблица 26

Высота до головки рельса подкранового пути H_1

Высота здания до низа конструкции, H	8,4	9,6	10,8	12,0	14,4	16,8
Высота до головки рельса подкранового пути, H_1	6,15	6,95	8,15	9,65	11,45	12,65

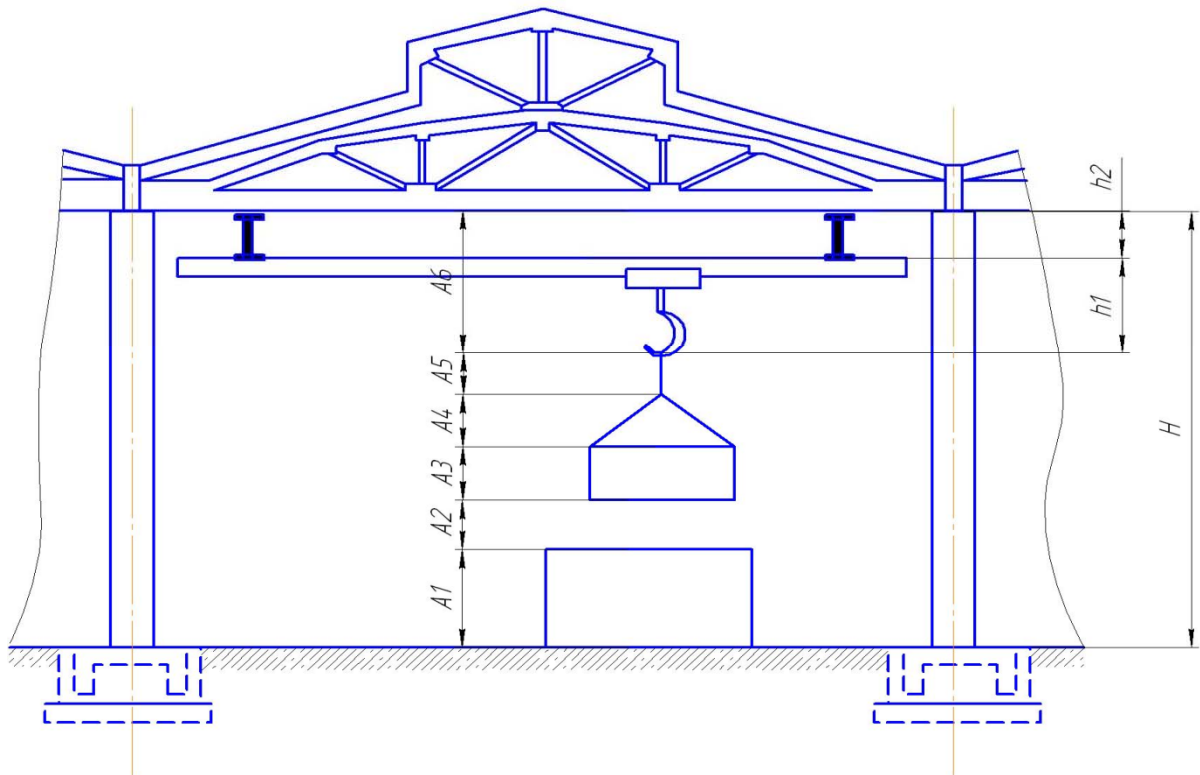


Рис. 19. Пролет, обслуживаемый подвесным краном

Таблица 27

Расчет пролета, обслуживаемого подвесным краном

Условное обозначение	Наименование	Нормы расчета
H	Высота здания до низа конструкции	$H = \sum_1^6 A_i$
$A1-A4$	По аналогии с $к1-к4$	То же
$A5$	Резерв	0,3–0,5 м
$A6$	Расстояние от низа перекрытия до низа крюка	$A6 = h1 + h2$
$h1$	Расстояние от низа крюка в верхнем положении до верха подвесного крана	$h1 = 2$ м при $Q = 3$ т
$h2$	Размер двутавровой балки	По сортаменту

Глава 7

Планировка и компоновка цеха.

7.1. Планировка оборудования и рабочих мест.

Планировка участка - это план расположения производственного, подъемно-транспортного и др. оборудования, рабочих мест, проездов и проходов и др. Основным принципом при составлении плана расположения оборудования на участке и в цехе является обеспечение прямооточности движения деталей в процессе их обработки в соответствии с технологическим процессом.

Металлорежущие станки участков и линий механического цеха располагают в цехе одним из двух способов:

- по типам оборудования;
- в порядке технологических операций.

По типам оборудования – этот способ характерен для единичного, мелкосерийного и отдельных деталей серийного производства. Создаются участки станков: токарных, фрезерных, шлифовальных. Последовательность расположения подобных участков однородных станков на площади цеха определяется последовательностью обработки большинства типовых деталей.

Так по ходу технологического процесса обработки деталей типа шкив, муфта, фланцы, диски, зубчатые колеса, втулки и т.д. располагаются участки станков в следующей последовательности:

1. Токарные станки
2. Фрезерные
3. Строгальные
4. Радиально и вертикально-сверлильные
5. Шлифовальные (круглошлифовальные).

При обработке плоскостных деталей (плита, рама, станина и т.п.) последовательность расположения оборудования будет следующей:

1. Разметочные плиты,
2. Продольно-строгальные,
3. Продольно-фрезерные,
4. Расточные,
5. Сверлильные,
6. Плоскошлифовальные.

При размещении станков необходимо стремиться к достижению прямооточности производства и к наилучшему использованию подкрановых площадей. Мелкие станки располагают на площадях, не обслуживаемых кранами.

По порядку технологических операций – этот способ характерен для цехов серийного и массового производства. Станки располагаются в

соответствии с технологическими операциями для обработки одноименных или нескольких разноименных деталей, имеющих схожий порядок операций. В мелкосерийном и среднесерийном производстве каждая группа станков выполняет обработку нескольких деталей, имеющих аналогичный порядок операций, т.к. загрузить полностью все станки линии одной деталью не всегда возможно.

Необходимо предусматривать кратчайшие пути движения каждой детали, не допускать обратных, кольцевых или петлеобразных движений, создающих встречные потоки или затрудняющих транспортирование.

Перед планировкой оборудования вырезают карточки габаритов станков (темплеры) в выбранном масштабе, а на миллиметровой бумаге наносится сетка колонн и проезды. Карточки располагают на плане и прикалывают их булавками. При рассмотрении нескольких вариантов выбирают оптимальный, который вычерчивают и оформляют на чертежной бумаге.

Разработка планировок является наиболее ответственным и сложным этапом проектирования, когда одновременно должны быть решены вопросы технологии, экономики, организации производства, техники безопасности, выбора транспортных средств, механизации и автоматизации производства, НОТ и производственной эстетики.

При разработке планировки должны учитываться следующие основные требования:

1. Оборудование в цехе должно размещаться в соответствии с принятой формой организации технологических процессов. Необходимо стремиться к расположению производственного оборудования в последовательности технологического процесса, контроля и сдачи изделий или деталей.
2. Расположение оборудования, проходов и проездов должно гарантировать удобство и безопасность работы, возможность монтажа и демонтажа, ремонта оборудования; удобство подачи заготовок и инструмента; удобство уборки отходов.
3. Планировка должна быть увязана с применяемыми подъемно-транспортными средствами.
4. В планировках должны быть предусмотрены кратчайшие пути перемещения заготовок, деталей, узлов в процессе производства, исключая возвратные движения. Грузопотоки должны не пересекаться между собой, а также не пересекать и не перекрывать основные проезды, проходы и дороги, предназначенные для движения людей.
5. На планировке вычерчивается все оборудование и все устройства, относящиеся к рабочему месту, а именно:
 - металлорежущие станки, автоматические линии и другое производственное оборудование;
 - место расположения рабочего места у станка во время работы;
 - верстаки, рабочие столы, подставки;
 - места у станков для обработанных деталей, заготовок и материалов;

- транспортные устройства, относящиеся к рабочему месту (наклонные скаты, склизы и т.д.);
 - площадки для контроля и временного хранения деталей;
 - места для мастеров;
 - все виды оборудования нумеруются сквозной нумерацией слева направо сверху вниз.
 - нумерация подъемно-транспортного оборудования дается после технологического и продолжает нумерацию последнего;
 - производственный инвентарь (плиты разметочные, верстаки, столы, стеллажи) изображаются на плане по контуру габарита с простановкой внутри контура условных обозначений;
 - к плану прилагается спецификация;
 - обозначаются наименования отделений, участков, вспомогательных помещений.
6. При разработке планировки должна быть рационально использована не только площадь, но и весь объем цеха. Высота здания используется для размещения подвесных транспортных устройств, инженерных коммуникаций, размещения механизированных складов.

7. В строительной части изображаются:

- колонны с осями и обозначением номера колонны (горизонтальные разбивочные оси здания обозначают снизу вверх по оси ординат заглавными буквами русского алфавита; вертикальные оси нумеруют слева направо арабскими цифрами).
- наружные и внутренние стены, а также перегородки; окна, ворота, двери.
- на плане даются все необходимые размеры:
 - ширина пролета, шаг колонн, общая ширина цеха, общая длина пролетов и всего цеха, ширина поперечных и продольных проходов и проездов;
 - длина и ширина каждого вспомогательного помещения;
 - тоннели, каналы, люки и др. проемы в полах; привязка оборудования.

Основные принципы при размещении станков:

1. Участки, занятые станками должны быть по возможности короткими (40–80 м). Рекомендуемое число станков 18-30 единиц.
2. Технологические линии на участке желательно располагать вдоль пролетов.
3. Оборудование по отношению друг к другу располагают фронтом, тыльными сторонами и в затылок (рис. 20).
4. Станки вдоль участка могут быть расположены в два, три и более ря-

дов, а также по отношению к проезду вдоль, поперек и под углом (рис. 21).

5. В поточных линиях станки располагают в 1 или 2 ряда (рис. 23 и 22).
6. Оборудование устанавливают в линию по выступающим частям для удобства обслуживания и уборки помещения.
7. Оборудование на схемах показывают в комплекте с рольгангами, столами, рабочими местами, пультами управления с учетом расстояний между оборудованием и складскими местами и удельных площадей, занимаемых этим оборудованием.
8. За удельную площадь принята сумма площадей, занимаемая технологическим оборудованием, рабочими местами, нестандартным оборудованием, инструментальными шкафами, местами складирования и проходами между оборудованием и складскими местами.
9. Отдельно стоящие шкафы и электрошкафы должны располагаться от элементов здания и оборудования на расстоянии не менее 0,8 м.
10. Расстояние между станками и проезды выбирают при весе транспортируемых деталей до 1т электротележками, талиями на монорельсе и мостовыми и подвесными кранами - 2,5 м при одностороннем движении и 3,5 при двухстороннем.
11. Ширина магистральных проездов от 3 до 4,5м для грузов до 1 т перевозимых электротележками и грузовыми машинами и от 4 до 5,5 м для грузов до 5т.
12. Планы расположения оборудования выполняют в масштабе 1 : 200 или 1 : 100, а планировки отдельных участков и рабочих мест – в масштабе 1 : 50.

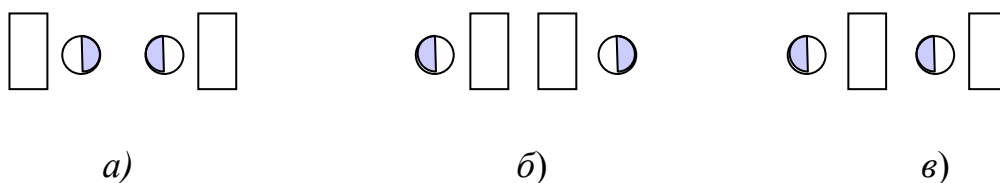


Рис. 20. Расположение оборудования относительно друг друга:
a – фронтом; *б* – тылом; *в* – в затылок

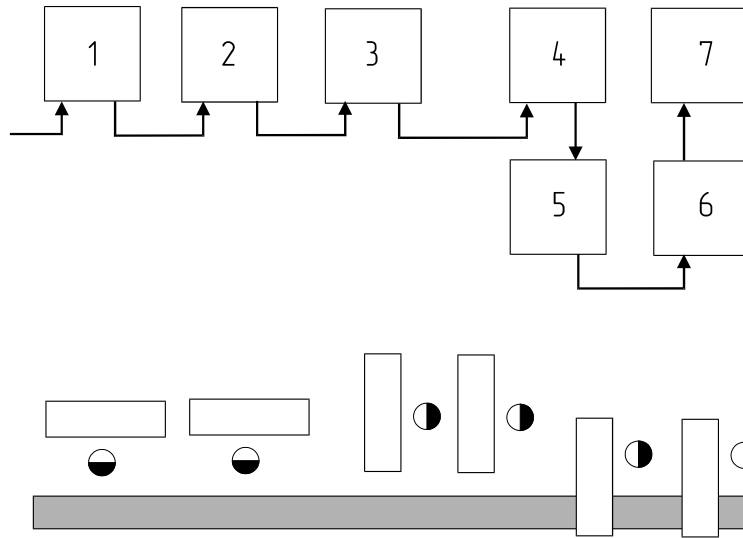


Рис. 21. Расположение станков в поточных линиях

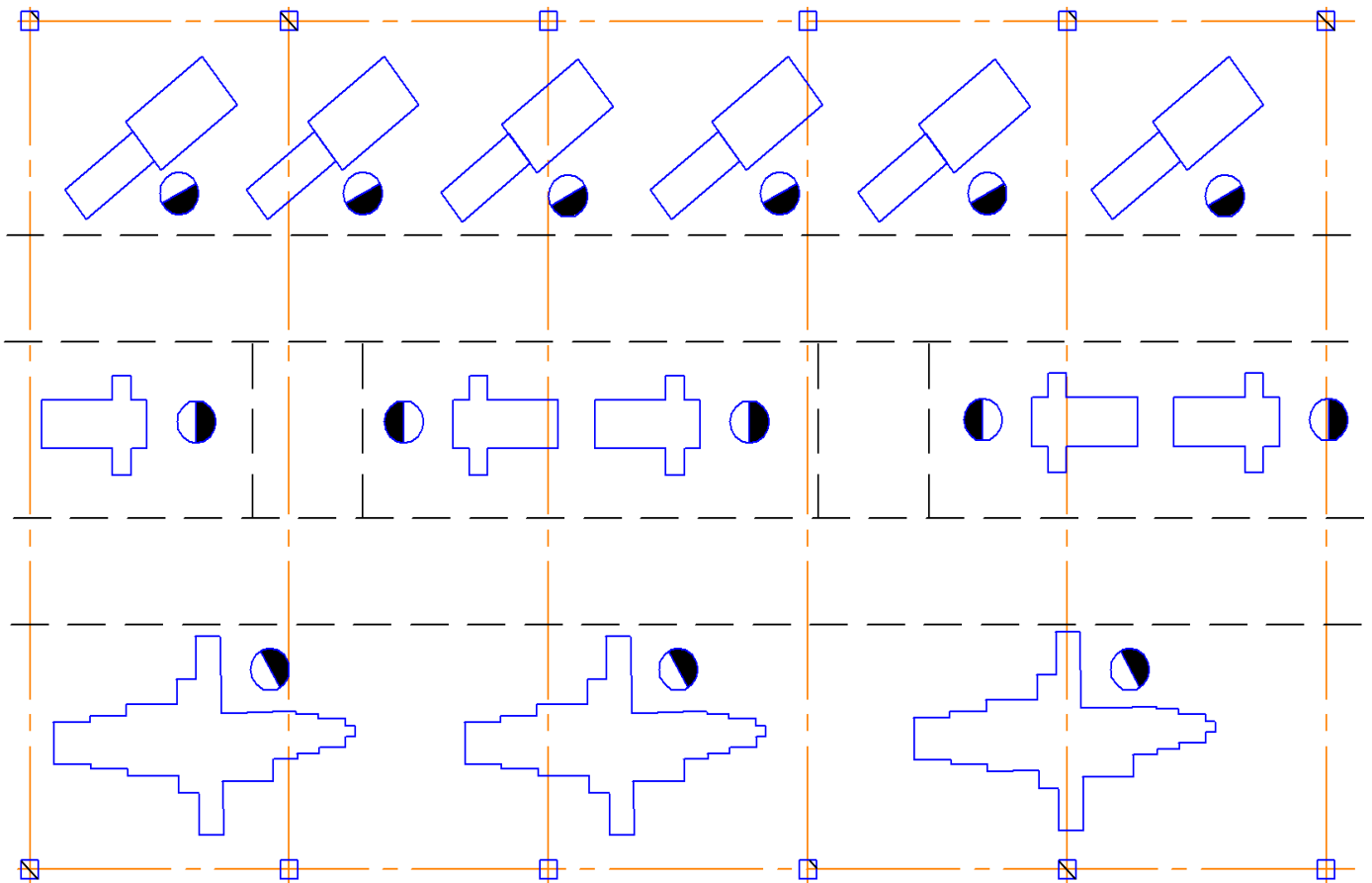


Рис. 22. Расположение станков в пролете

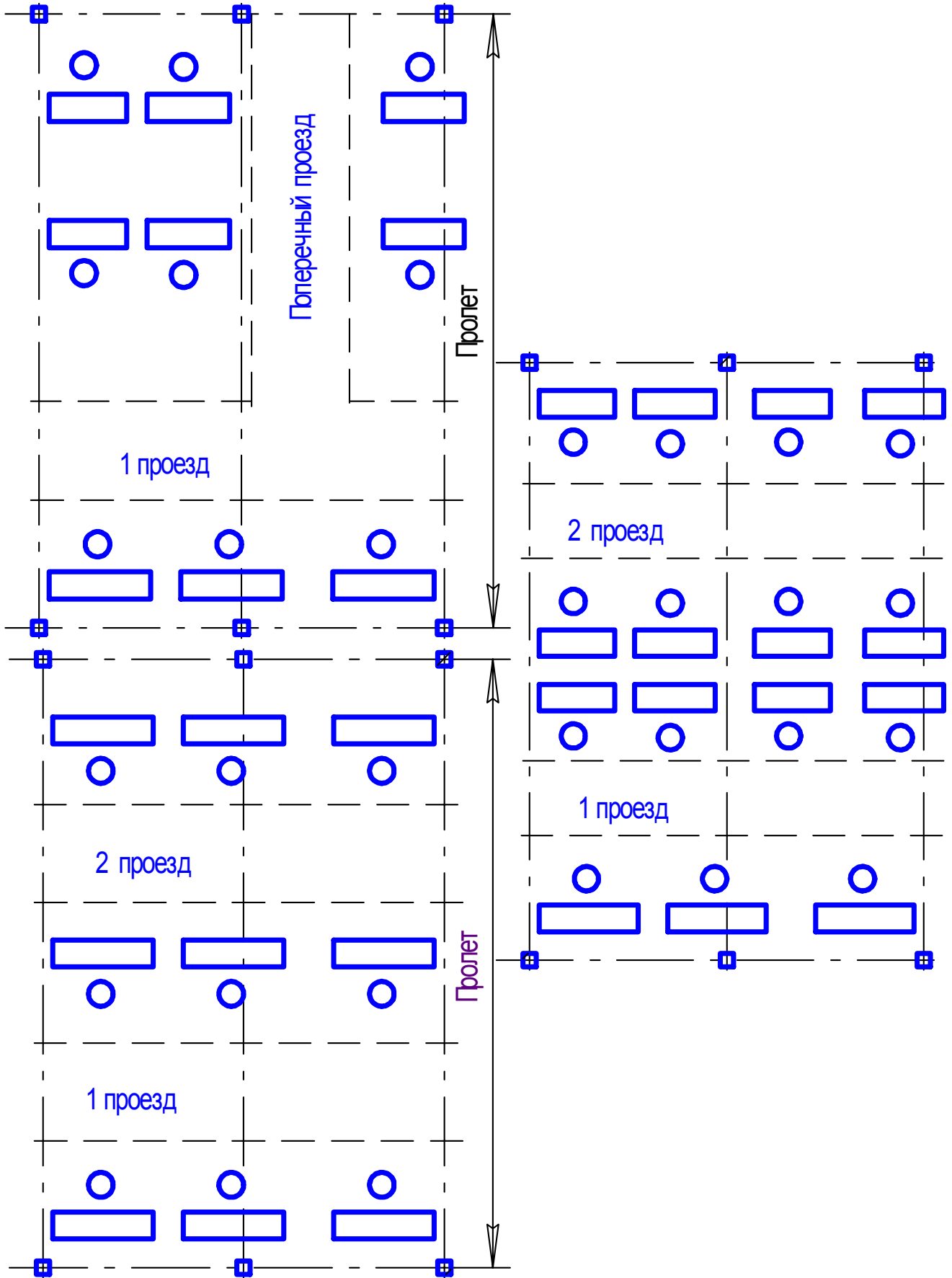


Рис. 23. Расположение станков в пролете

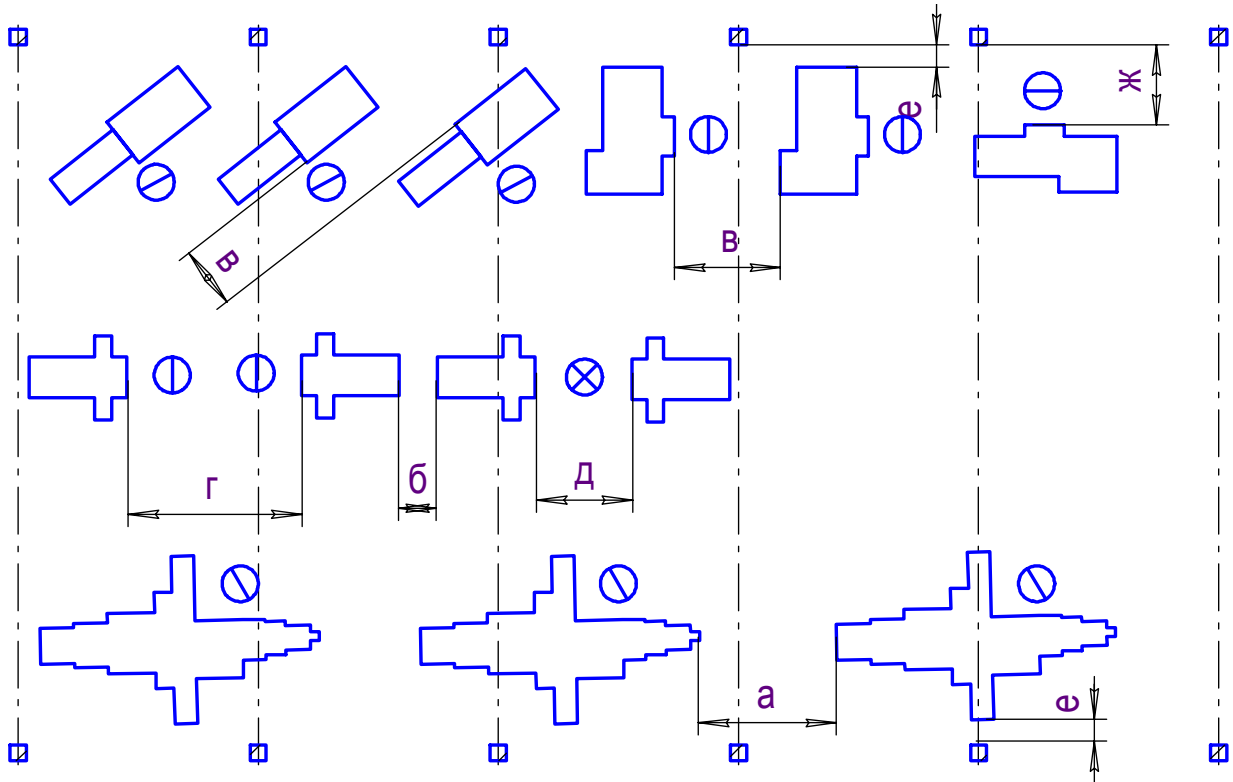


Рис. 24. Схемы к нормам расстояний между станками

Таблица 28

Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн, мм

Расстояния		Нормы расстояний между станками при их размерах				
		1800× 800	4000× 2000	8000× 4000	16000× 6000	
Между станками по фронту «а»		700	900	1500	2000	
Между тыльными сторонами станков «б»		700	800	1200	15000	
Между станками при поперечном расположении к проезду	При расположении станков «в затылок» «в»	1300	1500	2000	-	
	при расположении станков фронтом друг к другу и обслуживании 1 рабочим	одного станка «г»	2000	2500	3000	-
		двух станков «д»	1300	1500	-	-
От стен или колонн здания до	тыльной или боковой стороны станка «е»	700	800	900	1000	
	фронта станка «ж»	1300	1500	2000	-	

Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн зданий приведены на рис. 24 и в табл. 28, ширина цеховых проходов и проездов в табл. 30 и 29.

Таблица 29

Ширина проездов при различном транспорте

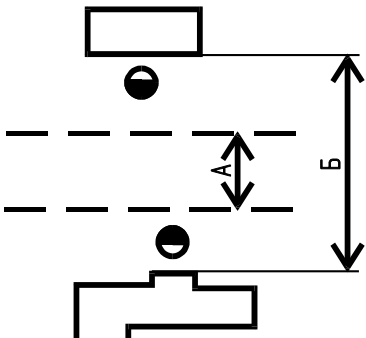
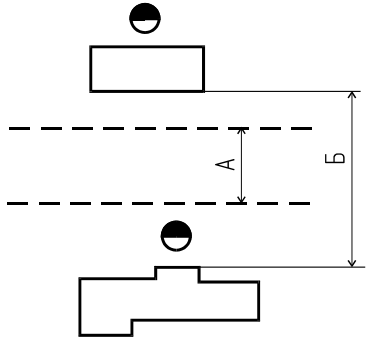
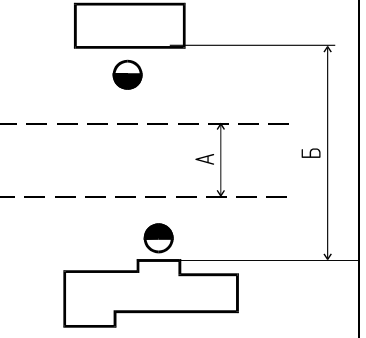
				
Мостовой кран	A = 2000; 2500 B = 2500; 3000	A = 2000; 2500 B = 3300; 3800	A = 2000; 2500 B = 4000; 4500	
Эл. кары	A = 2000; 2500 B = 2500; 3000 при одно- стор. движе- нии A = 3000; 3500 B = 3500; 4000 при двух- стор. движе- нии	A = 2000; 2500 B = 3300; 3800	A = 2000; 2500 B = 4000; 4500	Только одностороннее движение.

Таблица 30

Ширина магистральных проездов

Вид транспорта	Ширина проезда	Расстояние между станками
Электрокары (1–5 т)	3000 – 4000	3400 – 4500
Электропогрузчики (0,5–3 т)	3500 – 5000	4000 – 5500
Грузовые автомашины (1–5 т)	4500 – 5500	5000 - 6000

При вычерчивании габаритов станка принимается его контур по крайним выступающим частям, причем в габарит входят крайние положения движущихся частей станка. Каждому типу станка дается условное графическое изображение в М 1:100 или 1:200.

7.2. Общая планировка механического цеха.

На плане должно быть изображено все оборудование и устройства, относящиеся к рабочему месту:

- станки, автоматические линии и др. технологическое оборудование;
- расположение рабочего места у станка во время работы;
- верстаки, раб. столы, подставки;
- инструментальные столики;
- места у станков для обработанных деталей и заготовок;
- транспортные устройства, относящиеся к рабочему месту;
- площадки для контроля и временного хранения деталей;
- место мастера;
- грузоподъемные и транспортные средства цеха (краны мостовые, консольные, порталные, рольганги и пр.)
- проезды и проходы, туннели и ямы для производственных или транспортных целей.

Строительная часть плана.

- колонны с осями и обозначением номера каждой колонны;
- наружные и внутренние стены, а также перегородки;
- окна, ворота, двери;
- подвалы, подземные комнаты, антресоли.

7.3. Планировка сборочного цеха.

При планировке отделений, участков и рабочих мест сборки должно быть предусмотрено следующее оборудование:

- верстаки, столы;
- сборочные автоматы и полуавтоматы;
- стенды;
- рельсовые и безрельсовые тележки, конвейеры, наземные рельсовые пути, автоматические и полуавтоматические сборочные станки и линии, а также другое необходимое в конкретных условиях оборудование. Следует также предусмотреть места расположения сборщиков и возможность их перемещения (рис. 25).

Ширина пролетов сборочных цехов принимается в зависимости от габаритных размеров собираемых машин, оборудования и площадей рабочих мест и других условий (табл. 31), нормы расстояний между сборочным оборудованием (табл. 32).

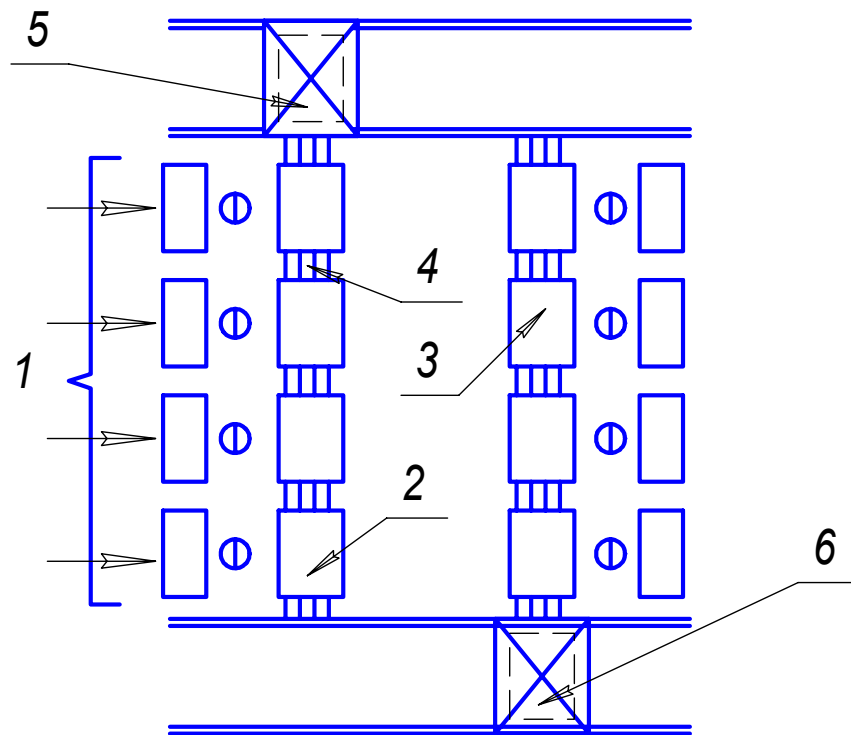


Рис. 25. Использование тележек при сборке
 1 - зона подачи узлов и деталей; 2 – начало сборки; 3 – тележка; 4 – цепь конвейера; 5 – передача объекта на другую ветвь конвейера; 6 – выдача собранного изделия

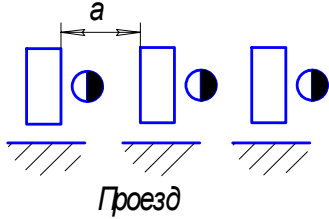
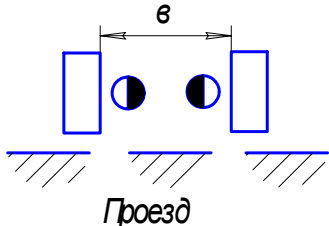
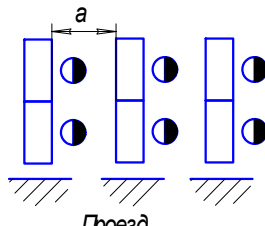
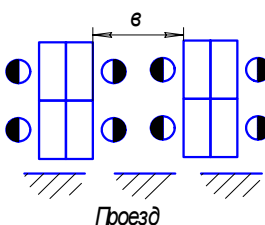
Таблица 31

Ширина пролетов сборочного цеха

Габариты изделий	Ширина пролета, м
Малые (станки для инструментального производства, приборы, швейные машины и т.п.)	18
Средние (станки, двигатели, автомобили, тракторы и т.п.)	18, 24
Крупные двигатели, локомотивы, вагоны и т.п.	24, 30
Особо крупные (тяжелые станки, металлургическое оборудование и т.п.)	30, 36

Таблица 32

Нормы расстояний между сборочными столами и между верстаками.

Рабочие места			Нормы расстояний в мм при сборке узлов размером	
Наименование	Расположение	Эскиз	до 800 × 800 мм	800 × 800 – 1500 × 1500 мм
Сборочные столы	«в затылок» (а)		1000	1700
	попарно по фронту (в)		2000	2500
Верстаки	«в затылок» (а)		1000	-
	попарно по фронту (в)		2000	-

Расположение участков сборки должно соответствовать последовательности прохождения деталей и узлов по стадиям сборки. В соответствии с этим участки сборки должны располагаться в следующем порядке: Слесарная обработка деталей, если она предусматривается сборка механизмов, общая сборка машины, испытания, окраска. Сборка узлов и изделий высокой точности выделяется в изолированных термоконстантных отделениях.

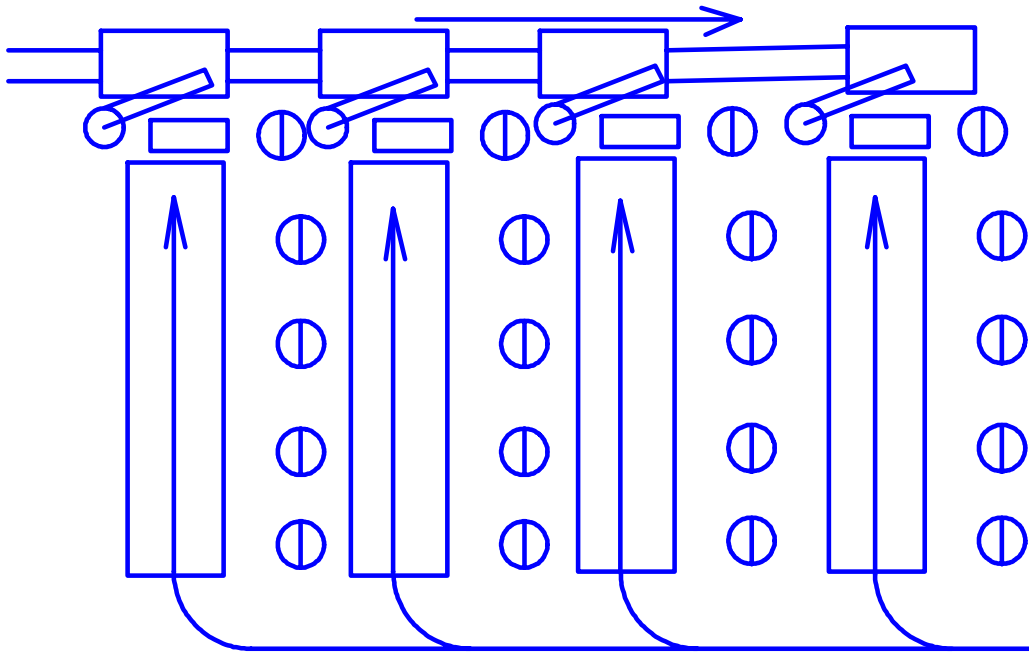


Рис. 26. План-схема потоков узловой и общей сборки при размещении их в одном помещении

В том случае, когда узловая и общая сборка производится в одном цехе или отделении, направление потоков сборки отдельных узлов располагают, как правило, перпендикулярно линии общей сборки машины с тем, чтобы конечная операция сборки узла совершалась вблизи места установки его на линии сборки. Окрасочные и сушильные камеры могут располагаться как в линии общей сборки, так и в линиях узловой сборки.

7.4. Компоновка цехов.

Компоновка - это схематический план здания с изображением отдельных участков, вспомогательных и служебно-бытовых помещений.

При разработке компоновочного плана должны быть учтены следующие основные требования:

1. Прямоточность производственного процесса от склада или места поступления заготовок и кончая отправкой готовой продукции.
2. Кратчайшие пути движения продукции на всем протяжении процесса производства;
3. Участки с вредными выделениями и опасные в пожарном отношении должны размещаться у наружных стен здания.

В целях сокращения сроков проектирования и строительства и уменьшения капитальных вложений разработаны унифицированные типовые секции (УТС), которые рекомендовано использовать при проектировании. Оптимальные размеры секций и их площадей выбраны на основе ана-

лиза ранее применявшихся проектов производственных зданий. Так, длина секции (размер вдоль пролета) для предприятий машиностроения не превышает 72 м, максимальная ширина принята 144 м. Высота пролетов принимается в зависимости от вида транспортного, оборудования. Из типовых секций можно компоновать различные производственные здания.

Торцевые колонны здания смещают внутрь относительно разбивочных осей на 500 мм. Это необходимо для того, чтобы пропустить колонны фахверка, шаг которых обычно равен 6 м. Фахверк - легкий каркас, необходимый для размещения на нем стеновых панелей, длина которых равна 6 м.

Все отделения цеха на плане необходимо располагать по ходу общего производственного процесса в следующем порядке.

1. В серийном производстве цеховой склад металла и заготовок вместе или смежно с заготовительным отделением размещаются в начале цеха (поперек пролетов цеха или в отдельном пролете, перпендикулярном пролетам цеха); при поточном производстве складские площадки для заготовок располагают в начале каждой поточной линии.
2. Вдоль склада или складских площадок поперек пролетов цеха устраивают проезд шириной от 4-х и более метров в зависимости от применяемых транспортных средств.
3. Станочное отделение располагается на основной площади цеха; при значительной длине технологической линии устраивают поперечные проходы шириной 4 м.
4. В конце станочного отделения поперек всех пролетов также устраивают поперечный проезд шириной не менее 4 м в зависимости от применяемых средств транспорта.
5. В удобных местах располагают контрольное отделение или контрольные пункты при поточном производстве.
6. В серийном производстве параллельно контрольному отделению, поперек пролетов размещается склад готовых деталей и смежно с ним - межоперационный, если он предусмотрен; в поточном производстве для готовых деталей предусматривают складские площадки или подвесные или напольные конвейеры.
7. В поточном производстве далее располагается узловая сборка как на стендах, так и на конвейерах.
8. Вспомогательные отделения цеха размещают в производственном здании у наружных стен, или в пристройках шириной 6 м (кратно 6).

Пример схемы компоновки корпуса механосборочного цеха показан на рис. 27. Все механические участки цеха расположены вдоль пролетов. Сетка колонн 12×18 м. Технологический поток идет от склада заготовок, через участки механической обработки, через контрольное отделение на промежуточный склад, а затем на сборочный участок. В пристройке к производственному зданию расположены служебно-бытовые помещения

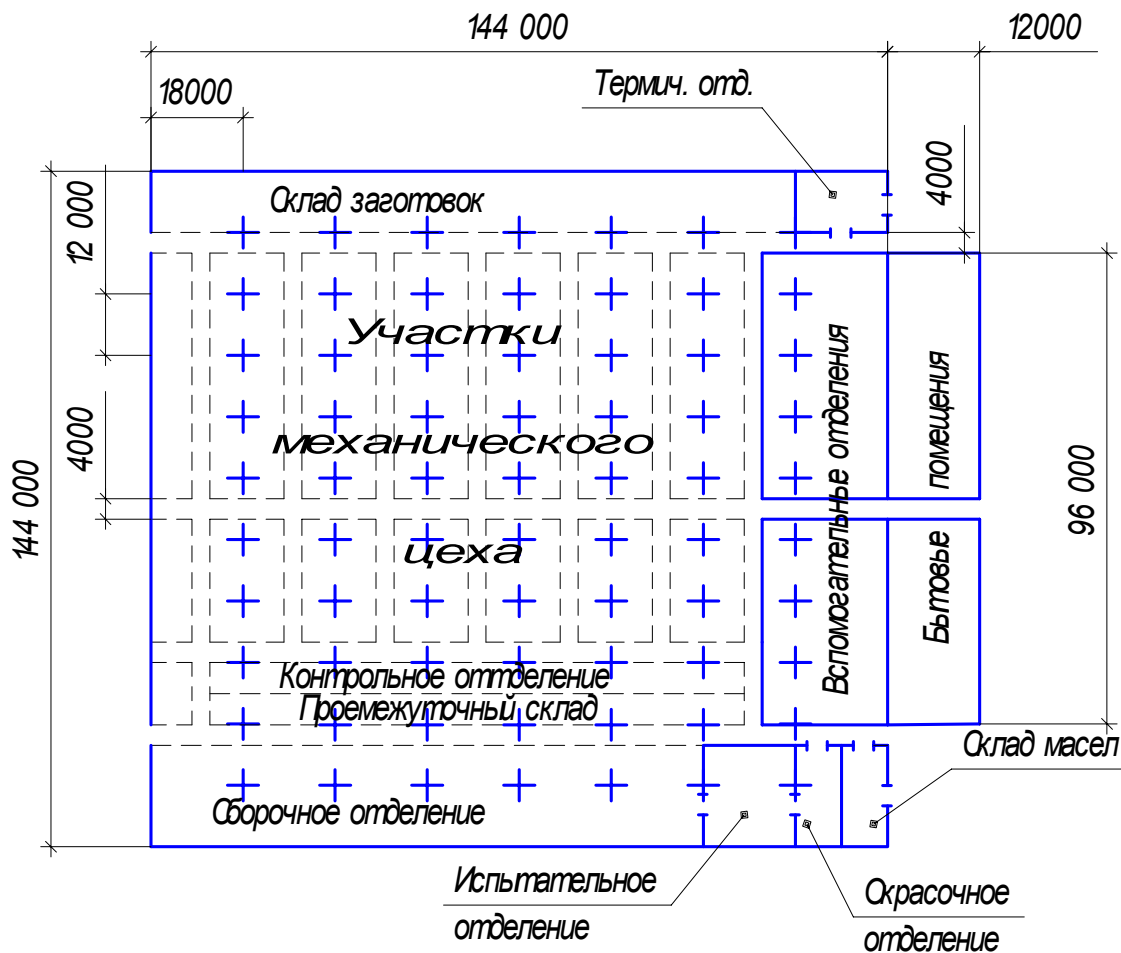


Рис. 27. Схема компоновки механосборочного цеха

Вдоль складских помещений и в конце механического отделения предусматривают поперечные проезды шириной не менее 4 м.

В поточном производстве строят в основном одноэтажные здания с бескрановыми пролетами. Только отдельные пролеты, где ведется обработка крупных корпусных деталей или производится сборка тяжелых узлов, могут потребоваться пролеты с крановым оборудованием, но и в этом случае можно ограничиться подвесными кран-балками грузоподъемностью 0,5–5 т.

Административно-технические службы и бытовые помещения цехов размещают в пристройках к производственным зданиям или в отдельных зданиях. Для этого разработаны унифицированные типовые секции с сеткой колонн 6×6 м. Ширина пристройки составляет 12 м. Длина секций унифицированного ряда составляет 36, 48 и 60 м. Предусмотрены варианты 2-, 3- и 4-этажных пристроек, причем, первый этаж может быть использован для размещения вспомогательных отделений. Высота первого этажа в этом случае может быть 4,2 м. При размещении административных и бытовых помещений высоту этажа (от пола до пола) принимают равной 3,3 м. Располагать пристройку рекомендуют в торцевой части здания

На компоновочном плане указываются:

1. Взаимное расположение отделений, цехов, участков, магистральные и цеховые проезды и проходы, ж/д пути, въезды для безрельсового транспорта.
2. Основные технологические размеры (ширина и длина пролетов, шаг колонн, высота пролета до подкрановых путей);
3. Число и грузоподъемность кранов.

7.5. Организация рабочего места.

Рабочее место – это первичное звено производства, от качества работы которого зависят результаты деятельности всего завода.

Задачей организации рабочего места является создание такой конструкции оснастки и такого расположения оборудования, заготовок, готовых деталей, при которых отсутствуют лишние и нерациональные движения и приемы (повороты, нагибания, приседания и т.д.), максимально сокращаются расстояния перемещения рабочего.

Схема организации рабочего места должна соответствовать характеру производства. В условиях единичного производства выполнение на рабочем месте большого числа разнообразных операций требует наличия всевозможных инструментов, приспособлений, а отсюда и соответствующего инвентаря для его хранения и расположения (рис. 29).

При переходе к серийному производству и специализации производственных участков число операций, выполняемых на рабочем месте, сокращается, начинается применение специализированного инструмента и приспособлений и соответственно меняется планировка и оснащение рабочего места.

Наиболее значительные изменения в организации рабочего места происходят под влиянием механизации и автоматизации производства. Так на рабочих местах автоматических и непрерывно-поточных линий никаких видов специального стационарного инвентаря, как правило, не предусматривается.

При многостаночной работе планировка рабочего места должна обеспечивать наиболее удобное для рабочего расположение органов управления всех обслуживаемых станков и минимальную затрату времени на переходы от одного станка к другому. Варианты рационального расположения станков при их обслуживании одним рабочим изображены на рисунке 28.

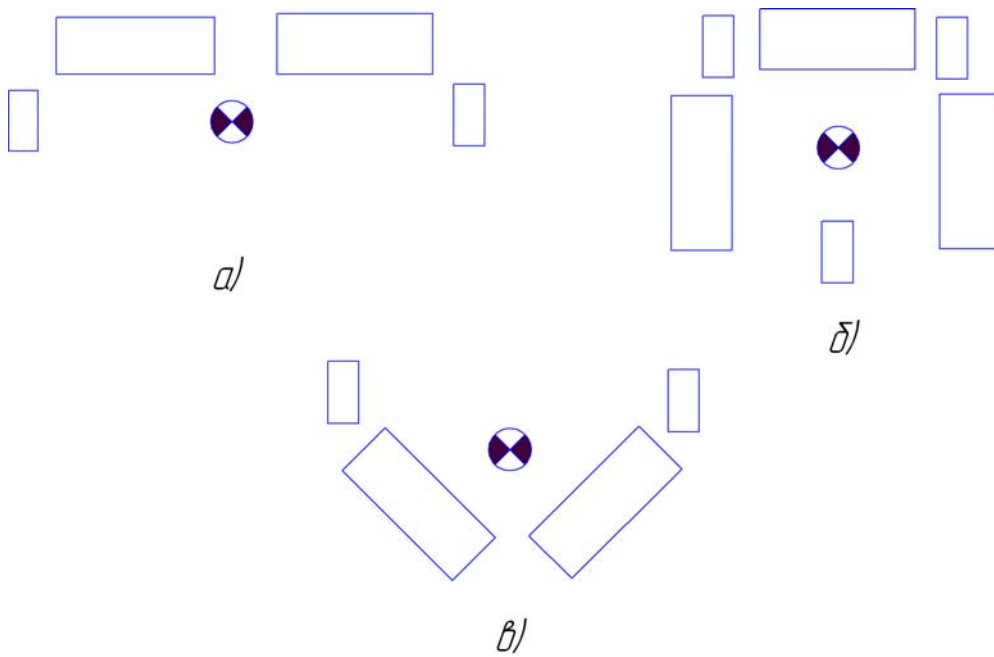


Рис. 28. Расположение рабочего места при многостаночном обслуживании

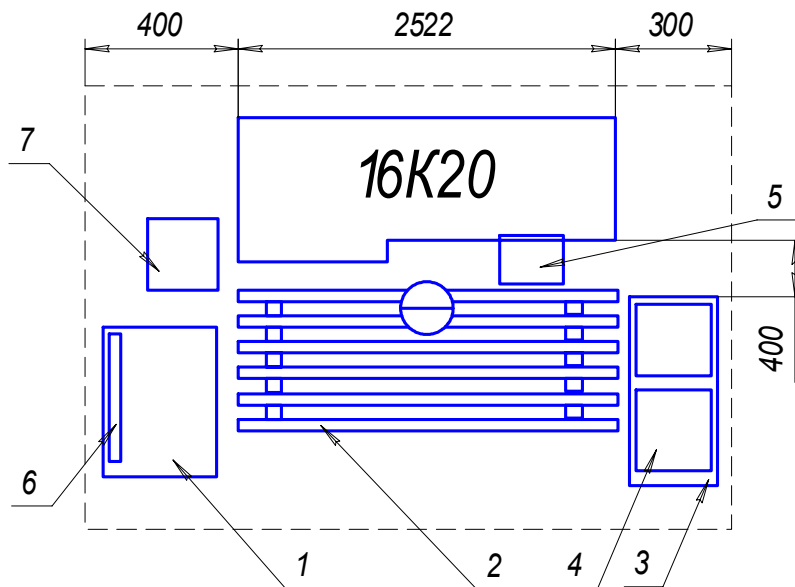


Рис. 29. Пример планировки рабочего места токаря.
 1 – инструментальный столик; 2 – решетка под ноги; 3 – приемный стол;
 4 – тара с деталями; 5 – планшет для измерительного инструмента; 6 –
 подставка для чертежей; 7 – урна для мусора

Глава 8

Технико-экономические показатели проекта механического цеха

8.1. Основные технико-экономические показатели

К числу основных показателей проекта механического цеха относятся: абсолютные и относительные показатели.

Абсолютные показатели характеризуют производственную мощность цеха:

1. Годовой выпуск изделий (комплектов, машин, узлов или деталей) включая запасные части, в штуках
2. Годовой выпуск изделий по цеховой себестоимости в рублях, в т.ч. запасных частей.
3. Годовой выпуск изделий в тоннах, в т.ч. запасных частей.
4. Количество рабочих смен.
5. Площадь цеха (м^2) в т.ч. общая, и производственная.
6. Количество производственного оборудования с указанием количества металлорежущих станков и автоматических линий.
7. Количество работающих (производственных рабочих, вспомогательных рабочих, МОП, ИТР, служащих).
8. Основные фонды (руб.), в т.ч. здания и сооружения; оборудование инструмент и приспособления; производственный и хозяйственный инвентарь.
9. Годовой фонд заработной платы производственных рабочих и всех работающих.
10. Установленная мощность электродвигателей (кВт).

Относительные показатели характеризуют технико-экономическую эффективность цеха:

11. Годовой выпуск продукции в рублях (по себестоимости), комплектах и тоннах:
 - а) на одного работающего и одного рабочего;
 - б) на единицу производственного оборудования;
 - в) на 1 м^2 производственной площади в одну смену.
12. Годовой выпуск продукции в рублях (по себестоимости) на 1 рубль основных фондов.
13. Основные промышленные фонды на 1 рубль выпуска.
14. Общая и производственная площадь на единицу производственного оборудования, м^2 .
15. Средний коэффициент загрузки оборудования (по времени), %.
16. Средняя установленная мощность одного станка, кВт.
17. Средняя установленная мощность станочного оборудования (кВт), на одного производственного рабочего в наибольшую по количеству работающих смену (энерговооруженность).

18. Трудоемкость и станкоемкость одного комплекта деталей, одной машины, одной тонны продукции в человеко-часах и станко-часах.
19. Коэффициент использования металла.
20. Отношение цеховых расходов к основной зарплате производственных рабочих, %.
22. Уровень механизации и автоматизации производства

8.2. Дополнительные технико-экономические показатели

К числу дополнительных показателей проекта механического цеха относятся коэффициент сменности по оборудованию и коэффициент сменности по рабочим местам.

Коэффициент сменности по оборудованию определяется как отношение общего числа станкосмен работы оборудования в сутки к количеству единиц этого оборудования:

$$K_{см} = \frac{c_1 \times 1 + c_2 \times 2 + c_3 \times 3}{c}, \quad (56)$$

где c_1, c_2, c_3 – количество оборудования, работающего в одну, две или три смены (каждый станок учитывается только единожды);

c – общее количество станков.










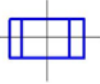
Коэффициент сменности по рабочим определяется как отношение общего числа рабочих в цехе к числу рабочих в наиболее усиленную смену:

$$K_{см} = \frac{P_{об}}{P_{1см}} \quad (57)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

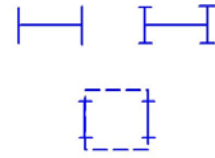
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ

Строительные элементы зданий

Капитальная стена, перегородка на планах	
Легкие перегородки всех типов (на компоновочных планах)	
Перегородка сплошная до низа фермы или потолка	
Перегородка остекленная	
Перегородка из стеклоблоков	
Перегородка сетчатая	
Металлическая перегородка на каркасе	
Барьер высотой до 1,3м	
Колонна железобетонная: сплошного сечения	
двухветвевая	

Колонна металлическая:

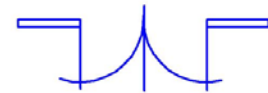
- сплошностенчатая
- двухветвевая сплошно-стенчатая
- двухветвевая решетчатая



Проемы для ворот и дверей
(на компоновочных планах)



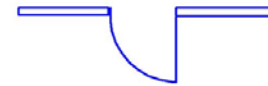
Дверь (ворота распашные)
складчатая в проеме без
четвертей



Дверь (ворота) раздвижная
двухпольная



Дверь (ворота) створная
однопольная



Проем в перегородке или стене



Проем оконный без четвертей

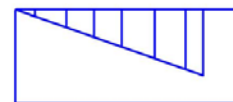


Проем оконный с четвертями

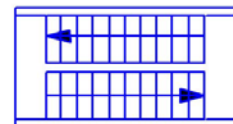


Лестницы:

на компоновочных планах



на планах расположения
оборудования



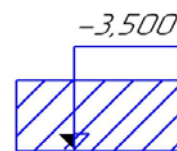
Распределительный пункт

РП

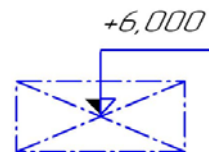
Распределительное устройство

РУ

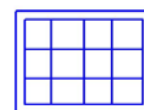
Подвал с отметкой пола подвала
(штриховка не обязательна,
если показывается установленное
оборудование)



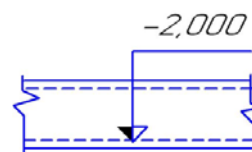
Антресоли, вентиляционные
площадки, балконы с отметкой
высоты



Решетка напольная



Туннель (канал) с отметкой
пола



Люк, проем в полу, в перекрытии
или в кровле



Приямок (с отметкой уровня пола)



Обозначения на чертежах технологических планов

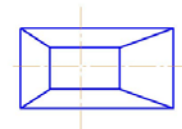
Технологическое оборудование
(пресс, ножницы и т.д.) с номером
по плану



Место рабочего



Бункер на планах



Кабина сварочная из металлического
листа (внутри показывается
оборудование) на планах



Стеллаж многосекционный в плане



Верстак

В

Контрольный пункт

КП

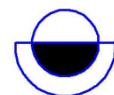
Многостаночное обслуживание



Резервное место для оборудования

Граница цеха, участка
(неогороженная)Проезды (неогороженные
перегородками)Место складирования деталей
на полу (неогороженное)Подвод промышленных жидкостей, газов, энергии, вентиляционные
отсосы и т.д.

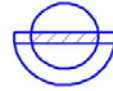
Подвод холодной воды к оборудованию

Подвод холодной воды к оборудованию
с отводом в канализациюПодвод холодной к оборудованию
с отводом в обратную систему
водоснабженияСлив воды из оборудования
в канализациюПодвод холодной воды с раковиной
на стенеПодвод холодной и горячей воды
с раковиной на стене

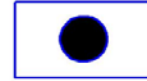
Подвод горячей воды к оборудованию



Подвод горячей воды к оборудованию
с отводом в канализацию



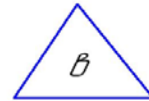
Автомат питьевой воды



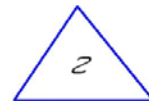
Подвод пара



Подвод сжатого воздуха



Подвод природного газа



Подвод природного газа; в центре –
химический элемент или первые буквы
названия газа



Централизованная подача промышленных
жидкостей (масло, эмульсия); в центре –
первая буква требуемой жидкости



Слив отработанной жидкости в
канализацию



Воздуховод круглого сечения



Воздуховод прямоугольного сечения



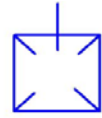
Шахта для забора воздуха



Шахта для выброса воздуха



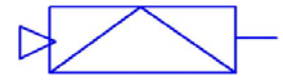
Устройство аспирационное, местная
вытяжка (отсос, укрытие)



Камера вентиляционная приточная



Кондиционер



Патрон с лампой накаливания



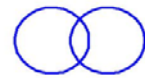
Плафон с лампой накаливания



Светильник (кроме плафона) с
лампой накаливания



Трансформатор



Ящик однофидерный



Розетка штепсельная защищенного
исполнения:

двухполюсная



двухполюсная с контактом
заземления



трехполюсная с контактом
заземления



Выключатель или переключатель
защищенного исполнения:

однополюсный переключатель



однополюсный выключатель



Линия сети:

рабочего освещения

аварийного или охранного
освещения



напряжение 36В и ниже



дистанционного управления



Кабель в траншее (рабочего освещения)



Место изменения сечения, марки или
способа прокладки сети

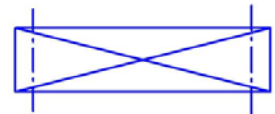


Щит управления

Щ

Подъемно-транспортное оборудование

Кран мостовой:
в плане



в разрезе



Кран однобалочный опорный:
с электроталью:
в плане



в разрезе



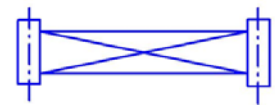
Кран однобалочный подвесной:
в плане



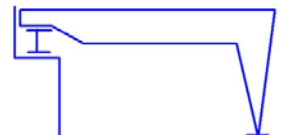
в разрезе



Кран полукозловой с крановой
тележкой:
в плане



в разрезе



Кран полукозловой с электроталью:
в плане

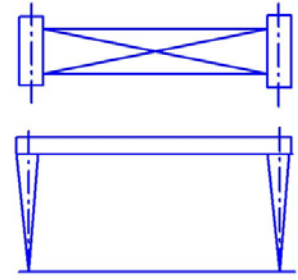


в разрезе



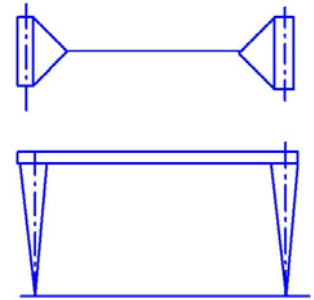
Кран козловой с крановой тележкой:
в плане

в разрезе



Кран козловой с электроталью:
в плане

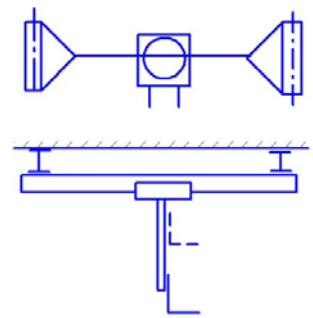
в разрезе



Кран-штабелер подвесной электри-
ческий, управляемый с пола:

в плане

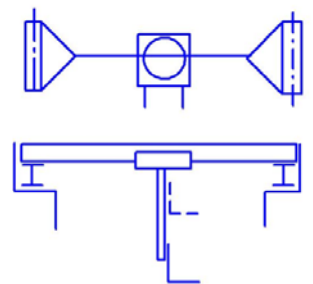
в разрезе



Кран-штабелер опорный электри-
ческий, управляемый с пола:

в плане

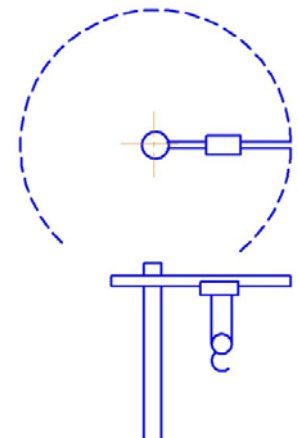
в разрезе



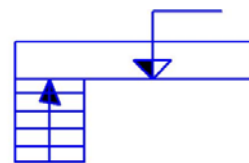
Кран консольно-поворотный
стационарный:

в плане

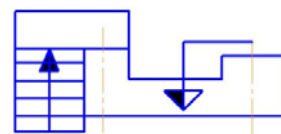
в разрезе



Площадка металлическая, посадочная
с лестницей для крана мостового,
с отметкой высоты



Площадки металлические, ремонтные
для подвесных кранов, связанные
галереями, с отметкой высоты



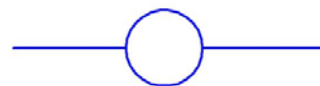
Ремонтная площадка для мостовых
опорных кранов в плане



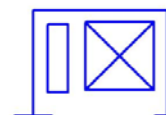
Монорельс с тельфером



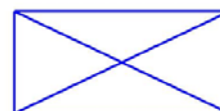
Монорельс с пневматическим
подъемником



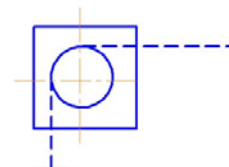
Подъемник (лифт)



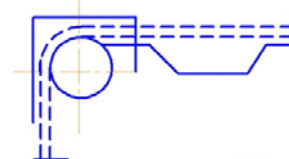
Гидроподъемник



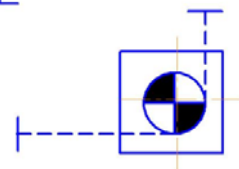
Устройство поворотное цепного
подвесного конвейера с блоком или
звездочкой



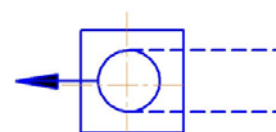
Устройство поворотное толкающего
подвесного конвейера с неприводным
отводом



Устройство приводное угловое



Устройство натяжное с одним блоком
или звездочкой (стрелка указывает
направление натяжки)



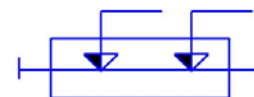
Подкрановый путь подвесной или опорный в плане



То же, на компоновочных планах



Подъем (спуск) трассы подвесных конвейеров с указанием отметок трассы в плане



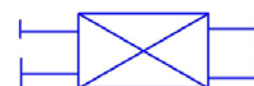
Ленточный транспортер



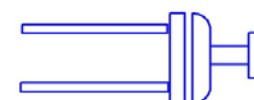
Рольганг



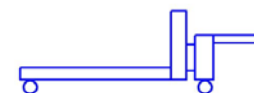
Тележка передаточная на рельсовом пути



Тележка с подъемом вилок:
в плане



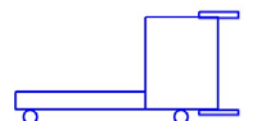
на разрезе



Электрокар:
в плане



на разрезе



Список литературы.

1. Воронов, Е. Н. Оборудование заводов металлических конструкций / Е. Н. Воронов, Л. Ф. Колесниченко. – М.: Машиностроение, 1981.
2. Проектирование автоматизированных участков и цехов / В. П. Вороненко, В. А. Егоров, М. Г. Косов, А. Г. Схиртладзе [и др.]. – М.: Машиностроение, 1992.
3. Вороненко В. П. Проектирование машиностроительного производства / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2007.
4. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. – М.: Высш. шк., 1969. – 480 с.
5. Мамаев В.С., Осипов Е.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1974. - 295 с.
6. Проектирование машиностроительных цехов и заводов: справочник: в 6 т. / под общ. ред. Е. С. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1975.
7. Чаренко Д. В. Основы проектирования механосборочных цехов / Д. В. Чаренко, Н. Н. Хабаров. – М.: Машиностроение, 1975. – 350 с.