

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Б.Н. Хватов, А.А. Родина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

*Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия для бакалавров,
обучающихся по направлению 151900.62 «Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительных производств»,
и специалистов 151001.65 «Технология машиностроения» по
дисциплинам «Проектирование машиностроительного производства»,
«Технико-экономическое обоснование новой техники и технологии»*



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2013

УДК 621.757.006.3.001.66(075.8)

ББК 34.68-4-02я73

X304

Р е ц е н з е н т ы:

Кандидат технических наук, профессор
кафедры «Конструкции зданий и сооружений»

В.Г. Однолько

Главный технолог ОАО «Тамбовский завод
«Комсомолец» им. Н.С. Артёмова»

Д.В. Зубков

Хватов, Б.Н.

X304

Проектирование машиностроительного производства. Технологические решения : учебное пособие / Б.Н. Хватов, А.А. Родина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 144 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8256-1170-1.

Изложены методы и методики проектирования цехов механосборочного производства, составляющие основу раздела «Технологические решения» проекта машиностроительного производства.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», и специалистов 151001.65 «Технология машиностроения» по дисциплинам «Проектирование машиностроительного производства», «Технико-экономическое обоснование новой техники и технологии».

УДК 621.757.006.3.001.66(075.8)

ББК 34.68-4-02я73

ISBN 978-5-8256-1170-1

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2013

ВВЕДЕНИЕ

Осуществление замысла будущего производства, обеспечение его функционального назначения в первую очередь определяется технологическими решениями.

В разделе «Технологические решения» согласно Инструкции СНиП-11-01-95 [1] Госстроя России должны содержаться данные о производственной программе, характеристика и обоснование решений по технологии производства, данные о трудоёмкости (станкоёмкости) изготовления продукции, состав и обоснование применяемого оборудования, число рабочих мест и их оснащённость, характеристика межцеховых и цеховых коммуникаций, организация контроля качества продукции, организация ремонтного хозяйства, данные о количестве выбросов в атмосферу, в водные источники и на землю, решения по предотвращению и сокращению вредных выбросов, оценка возможных аварийных ситуаций и их предотвращение, вид, состав и объём отходов, подлежащих утилизации, потребность в основных видах энергетических ресурсов для технологических нужд, технологические планировки, схемы грузопотоков.

Основными техническими документами в проектах технологических решений являются планировки оборудования и компоновки площадей, определяющие пространственное осуществление технологических процессов механосборочного производства в промышленных зданиях.

Ответственная роль раздела «Технологические решения» характеризуется ещё и тем, что кроме проектирования технологических решений в этом разделе подготавливаются данные и задания для разработки технических решений во всех разделах проектов, без которых осуществление технологических процессов невозможно. Объёмно-планировочные параметры промышленных зданий для цехов, инженерные сети и системы, транспорт, управление производством, обеспечение организацией и благоприятными условиями для труда работающих должны соответствовать требованиям осуществления технологических процессов изготовления машин.

Необходимость совершенствования методики проектирования технологических решений, ускорение разработки всего комплекса проектной документации определяются той ответственной ролью, которая предназначена разделу «Технологические решения», той скоротечностью, с которой эти решения должны быть реализованы, теми высокими требованиями надёжности и качества, которые к ним предъявляются. Для совершенствования и систематизации – расчётной части проектных технологических решений разработано предлагаемое пособие.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В машиностроении различают три основные классификационные категории производства (ГОСТ 14.004–83) [1].

1. Вид производства, характеризующийся применяемым методом изготовления изделия, например, литейное, сварочное, механообрабатывающее, сборочное и т.д.

2. Тип производства, определяемый по признакам широты номенклатуры, стабильности и объема выпуска изделий – единичное (Е), серийное (С) и массовое (М).

3. Форма организации производства: групповая и поточная.

Тип производства можно определить по коэффициенту закрепления операций

$$K_{з.о} = Q / M, \quad (1.1)$$

где Q – число операций, выполняемых за месяц; M – количество рабочих мест, выполняющих данные операции.

Коэффициент закрепления операций может определяться по отношению к предприятию, цеху и участку.

Тип производства с помощью $K_{з.о}$ определяется по стандарту ЕСТП ГОСТ 3.1108–74 [1]. При:

$1 = K_{з.о} \leq 10$ – массовое и крупносерийное производства;

$10 < K_{з.о} \leq 20$ – среднесерийное производство;

$20 < K_{з.о} < 40$ – мелкосерийное производство.

Для единичного производства пределы $K_{з.о}$ более 40.

Определение типа производства необходимо для выбора организационных форм производственного процесса.

Форма организации технологических процессов изготовления изделий: групповая, поточная (ГОСТ 14.312–74) зависит от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, числа изделий и направления их движения.

Групповая форма организации характеризуется общностью конструктивно-технологических признаков заготовок, периодически или со значительными перерывами, запускаемых в производство, единством средств технологического оснащения операций и специализацией рабочих мест.

Поточная форма характеризуется непрерывностью и ритмичностью перемещения обрабатываемых изделий в процессе изготовления с операции на операцию в порядке последовательности их выполнения.

В массовом производстве характерно применение непрерывно-поточных, т.е. однопредметных линий. В серийном производстве применяют переменнo-поточные или групповые поточные многопредметные линии. Различие переменнo-поточных и групповых поточных линий состоит в том, что первые при переходе на изготовление другой детали переналаживают с разным (иногда одинаковым) тактом выпуска, во втором случае детали одновременно или последовательно изготавливаются без переналадки. Причём такт выпуска может оставаться одинаковым или изменяться.

1.2. СОСТАВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Машиностроительный завод представляет сложную структуру, в состав которой входят цехи, службы и устройства (рис. 1.1).

Цех – подразделение завода, обособленное в административно-хозяйственном отношении и выполняющее функции по изготовлению продукции либо функцию технического или хозяйственного обслуживания. Соответственно цехи подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие (хозяйства).

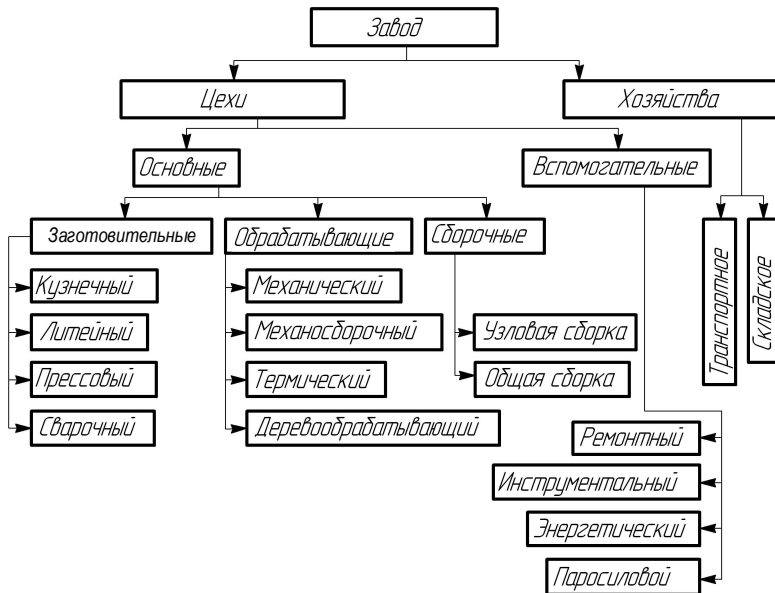


Рис. 1.1. Состав машиностроительного завода

Основной производственный процесс включает три стадии: заготовительную, обрабатывающую и сборочно-доводочную. Соответственно этому основные цехи подразделяются на заготовительные, обрабатывающие и сборочные.

К заготовительным относят литейные, кузнечные, прессовые, раскройно-заготовительные (правка и резка металла).

К обрабатывающим можно отнести цехи, связанные с изменением форм, размеров и физико-механических свойств заготовок для основного производства: механические, металлоконструкций, термические, металлопокрытий (гальванические), окрасочные, деревообрабатывающие и др.

Сборочными являются цехи узловой и общей сборки с испытательными станциями и сварочно-сборочные цехи.

Вспомогательные цехи выполняют функции технического обслуживания основного производства. К ним относятся: инструментальные, модельные, ремонтно-механические, электроремонтные, экспериментальные и др.

Обслуживающие включают в себя цехи и устройства, выполняющие функции хозяйственного и частично технического обслуживания завода. Эти цехи и устройства часто объединяют в хозяйства (службы) определённого назначения, например транспортное хозяйство, складское хозяйство.

В состав транспортного хозяйства завода входит транспортный цех с устройствами рельсового транспорта (депо мотовозов, вагонов) и безрельсового транспорта (гаражи автомобилей, электро- и автотележек и погрузчиков).

Складское хозяйство завода включает склады: материальные – главные магазины (центральные материальные склады), склады металла, светлых нефтепродуктов (бензин, керосин и др.), красок, масел и смазочных материалов, химических материалов, круглого леса и пиломатериалов; твёрдого и жидкого топлива; центральный инструментальный склад (ЦИС); покупных изделий и полуфабрикатов, получаемых со стороны; готовой продукции.

Энергетическое хозяйство обеспечивает завод всеми видами энергии и включает в себя котельные, теплоцентрали, понизительные подстанции, компрессорные и газогенераторные станции.

Санитарно-технические устройства – насосные станции, водозаборные устройства, гидроаккумуляторные системы, очистные сооружения.

К группе обслуживающих (общезаводских) устройств относят центральную заводскую лабораторию (ЦЗЛ), вычислительные центры,

службу охраны завода со сторожевыми устройствами, службу пожарной охраны с пожарными депо.

Наглядно структуру завода можно иллюстрировать схемой, представленной на рис. 1.1. Производственная структура не является постоянной и определяется степенью специализации завода, его производственного и хозяйственного кооперирования. Так, технологическая специализация завода позволяет ограничить число стадий производственного процесса, исключив, например, заготовительное производство, а заготовки получать с других специализированных предприятий (центролитов, центрочузов, центросваров).

1.3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

Производственным процессом в машиностроении называется совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий из полуфабрикатов. В основу производственного процесса положен технологический процесс изготовления изделий, во время которого происходит изменение качественного состояния объекта производства. Обеспечением бесперебойного выполнения технологического процесса изготовления изделий в механосборочном производстве служат вспомогательные процессы.

Производственный процесс, в свою очередь, состоит из ряда технологических процессов, во время выполнения которых происходит качественное изменение объекта производства. В производственный процесс входят такие технологические процессы, как складирование заготовок, полуфабрикатов и готовой продукции, доставка их к рабочим позициям, различные виды обработки деталей, сборка изделий, испытания, контроль качества, регулировка, окраска, отделка, упаковка и отправка. Осуществление производственного процесса обеспечивается основной и вспомогательной системами (отделениями) цеха.

Различные этапы производственного процесса на машиностроительном заводе могут выполняться в отдельных цехах или в одном цехе. Под цехом понимают административно-хозяйственное обособленное подразделение, включающее производственные участки, вспомогательные подразделения, служебные и бытовые помещения, а также помещения общественных организаций.

Производственные процессы делятся на поточные и непоточные.

Производство характеризуется определённой программой – перечнем продукции, которая должна быть изготовлена цехом за установленный период (год, квартал, месяц). Производственная программа может быть выражена в натуральных единицах (шт.), ценностных (р.) и единицах массы (т, кг).

Производственный процесс осуществляется на специально оборудованном месте (для автоматизированного производства – рабочей позиции). В зависимости от содержания операции и организации её выполнения на рабочем месте (позиции) могут быть расположены технологическое оборудование, средства автоматизации загрузки и выгрузки заготовок (роботы, манипуляторы и т.п.), накопители с полуфабрикатами и мерительный инструмент, технологическая оснастка, один или группа рабочих, средства охраны труда и управления операций.

На рисунке 1.2 показан пример рабочей позиции автоматизированного производства.

При объединении нескольких рабочих мест или позиций образуются производственные участки, на каждом из которых происходит изготовление полуфабриката или полностью детали. Функционирование производственного участка обеспечивается транспортно-накопи-

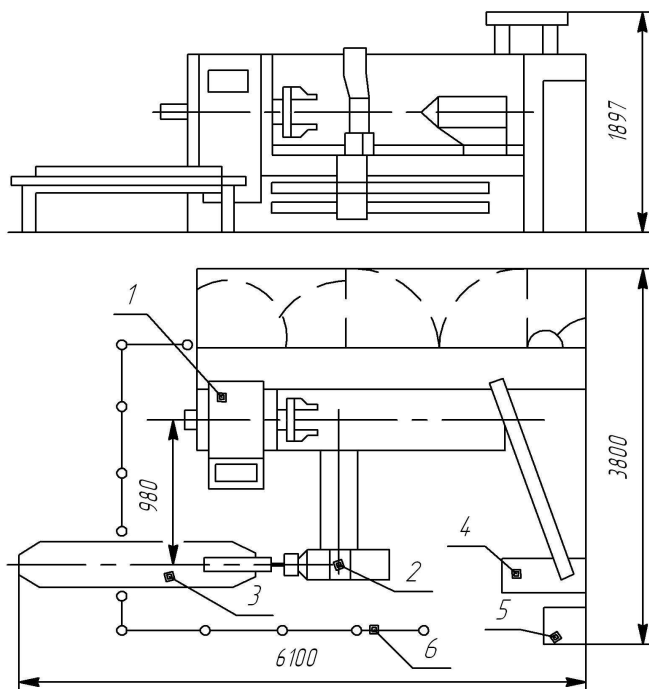


Рис. 1.2. Рабочая позиция:

- 1 – токарный станок 16К20Ф3; 2 – промышленный робот М10П.62.01;
 3 – тактовый стол; 4 – устройство ЧПУ станком;
 5 – устройство ЧПУ ПР; 6 – ограждение

тельными устройствами, средствами технологического, инструментального и метрологического обслуживания, охраны труда и управления производством.

Совокупность производственных участков и вспомогательных подразделений представляет собой производственную систему.

Производственная система предназначена для изготовления продукции требуемого качества с заданным объёмом выпуска. Её структурное описание в виде графа представлено на рис. 1.3.

Производственная система включает в себя основную и семь вспомогательных систем, а также их материальные, энергетические и информационные связи. Вершины графа представляют следующие элементы производственной системы: V_1 – основная система основного оборудования; V_2 – складская система; V_3 – транспортная система; V_4 – система инструментообеспечения; V_5 – система ремонта и технического обслуживания; V_6 – система контроля качества продукции; V_7 – система охраны труда работающих; V_8 – система подготовки и управления производством.

Рёбра графа, связывающие вершины графа, представляют собой материальные, энергетические, информационные потоки между соответствующими элементами производственной системы.

Таким образом, концептуальная модель производственной системы отражает комплекс производственных подразделений с тремя видами связей, обеспечивающий функционирование производственного процесса, начиная с момента получения исходных полуфабрикатов и кончая выходом готовых изделий.

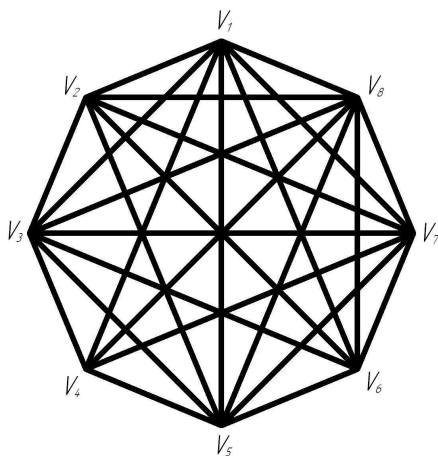


Рис. 1.3. Структурное описание производственной системы

В основной системе выполняются технологические процессы по изменению качественных характеристик объекта производства. Например, заготовки, пройдя механическую обработку, приобретают требуемые форму, размеры, шероховатость, свойства поверхностного слоя материала.

Вероятностный характер протекания производственного процесса изготовления изделий вынуждает создавать складские системы, где протекают технологические процессы хранения заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий. Перемещение полуфабрикатов в пространстве осуществляется транспортной системой, обеспечивающей своевременную доставку их к соответствующему производственному оборудованию. Своевременное обеспечение технологического оборудования режущим инструментом и оснасткой, контроль за правильной их эксплуатацией возлагается на систему инструментообеспечения. Система технического обслуживания создаётся для постоянного поддержания требуемого состояния и условий работы производственного оборудования. Выпуск продукции с требуемыми параметрами качества невозможен без использования системы контроля качества изделий. Автоматизированное производство пока нуждается в обслуживающем персонале, что приводит к необходимости создания специальных устройств и проведения определённых мероприятий, обеспечивающих безопасную работу и санитарные условия труда работающих, а также специальные виды обслуживания их. Эти функции возлагаются на систему охраны труда работающих. Основная задача системы управления и подготовки производства заключается в осуществлении контроля за состоянием производственного процесса и воздействия на него в случае нарушений по сравнению с запланированным ходом производства, разработке технологической и плановой документации, обеспечении производства заготовками и комплектующими изделиями, проведении организационных мероприятий по подготовке производства.

1.4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ, ПЛОЩАДЕЙ И КОНТИНГЕНТА РАБОТАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

Производственный цех представляет собой производственное, административно-хозяйственное обособленное подразделение завода. Цех включает в себя производственные участки, вспомогательные подразделения, служебные и бытовые помещения, а также помещения производственных организаций.

К вспомогательным подразделениям относятся:

- отделение восстановления режущего инструмента;
- контрольное отделение;

- ремонтное отделение;
- отделение по приготовлению и раздаче смазочно-охлаждающих жидкостей;
- отделение по переработке стружки.

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

По характеру выполняемой работы производственное оборудование делят на основное (технологическое) и вспомогательное. К основному относят производственное оборудование, непосредственно выполняющее операции технологического процесса. Вспомогательное оборудование – это оборудование, не участвующее непосредственно в технологическом процессе изготовления изделий, но выполняющее обслуживание основного оборудования.

За общую площадь цеха в технологических расчётах принимают сумму производственной и вспомогательной площади (без служебно-бытовой площади).

В состав производственной площади включают площади, занимаемые рабочими позициями (местами), вспомогательным оборудованием, находящимся на производственных участках, проходами и проездами между оборудованием внутри производственных участков (кроме площади магистрального проезда).

На вспомогательных площадях размещают всё оборудование и устройства вспомогательных систем, не расположенные на производственных участках, а также магистральные и пожарные проезды.

Для движения автопогрузчиков, грузовых автомобилей и уборочных машин в цехах создают магистральные проезды шириной не менее 4,0 м, которую выбирают по нормам технологического проектирования.

На служебно-бытовой площади цеха размещают конторские и бытовые помещения. К конторским помещениям относят площадь, занятую административно-конторскими службами цеха. В эту же площадь включают и площадь конструкторских и технологических бюро, размещаемых в цехе. Бытовой называют площадь помещений, предназначенных для удовлетворения санитарно-гигиенических и социально-бытовых нужд работающих в цехе.

Для осуществления производственных процессов в механосборочном производстве предусмотрен определённый штат работающих, которых делят на следующие категории: производственные (основные) и вспомогательные рабочие, инженерно-технические работники (ИТР), служащие, младший обслуживающий персонал (МОП).

Производственные рабочие – это рабочие механосборочного производства, непосредственно выполняющие операции технологического процесса по изготовлению продукции.

Вспомогательные рабочие в механосборочном производстве – это рабочие, не принимающие непосредственного участия в выполнении операций по изготовлению производственной программы выпуска продукции, а занятые обслуживанием технологических процессов.

Инженерно-техническими работниками называют работников, выполняющих обязанности по управлению, организации и подготовке производства и занимающих должности, для которых требуется квалификация инженера или техника.

К служащим относят работников, выполняющих в соответствии с занимаемой должностью административно-хозяйственные функции, ведущих финансирование, статистический учёт, решающих социально-бытовые и подобные вопросы.

Младший обслуживающий персонал составляют сторожа, гардеробщики и уборщики бытовых и конторских помещений.

Одним из этапов проектирования механосборочного производства является компоновка цеха. Под компоновкой цеха понимают взаимное расположение площадей производственных участков, вспомогательных отделений, магистрального проезда и служебно-бытовых помещений на площади цеха. После проведения компоновки цеха осуществляют планировку оборудования на нём. Под планировкой цеха понимают взаимное расположение технологического и вспомогательного оборудования и других производственных средств и устройств на площадях цеха.

Одним из показателей организации производственного процесса является грузопоток, под которым понимают сумму однородных грузов (в тоннах, штуках), перемещаемых в определённом направлении между отдельными пунктами погрузки и выгрузки в единицу времени (час, смену, сутки и т.д.). Грузопотоки различают по виду грузов, направлению перемещения и интенсивности грузопотока. Под интенсивностью грузопотока понимается число транспортных перемещений через рассматриваемый участок в единицу времени.

Механосборочное производство обычно размещают в зданиях, имеющих один или несколько пролётов. Пролётом называют часть здания, ограниченную в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн. Расстояния между осями колонн в продольном направлении называют шагом колонн, а в поперечном направлении – шириной пролёта. Расстояния между осями колонн в поперечном и продольном направлениях образуют сетку колонн. Под высотой пролёта понимают расстояние от уровня пола до нижней части несущих конструкций покрытия здания.

2. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

2.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В общем виде задача проектирования может быть сформулирована в следующем виде: спроектировать цех или участок, обеспечивающий выпуск изделий определённой номенклатуры, требуемого качества, заданную программу выпуска при достижении минимально возможных приведённых затрат на изготовление и с учётом всех требований к охране труда.

Основанием для проектирования является приказ отраслевого министерства, в котором указывается объект строительства нового производства, расширения, реконструкции или технического перевооружения действующего производства. Он выпускается на основании схемы развития и размещения соответствующей отрасли народного хозяйства и промышленности.

В последнее время в соответствии с Законом о государственном предприятии значительно расширена самостоятельность предприятий в решении вопросов технического перевооружения и реконструкции производства.

При проектировании механосборочного производства одновременно разрабатывают и решают технологические, экономические и организованные задачи, тесно связанные между собой.

Для решения технологических задач необходимо: проработать вопросы технологичности изделий, спроектировать технологические процессы, выявить трудоёмкость и станкоёмкость операций, установить типаж и количество оборудования, состав и количество работающих, нормы расхода материалов, определить площади и размеры участков и цеха, разработать компоновку цеха, планировку оборудования, определить задания для строительного, сантехнического и энергетического проектирования.

Для решения экономических задач необходимо: рассчитать себестоимость и рентабельность выпуска изделий, определить удельные приведённые затраты, размеры основных и оборотных средств, составить калькуляции, решить вопросы финансирования и др.

Для решения организационных задач необходимо: выбрать принципы формирования производственных подразделений, разработать структуру управления, научную организацию труда, документооборот, организацию служб производства, систему контроля над ходом производства и т.д.

При разработке нескольких вариантов проекта механосборочного производства или его частей необходимо выбрать оптимальный.

Глобальным критерием выбора должен быть показатель приведённых затрат изготовления изделий:

$$Z_{пр} = C + E_n K \longrightarrow \min, \quad (2.1)$$

где C – технологическая себестоимость годового объёма продукции, р.; E_n – нормативный коэффициент окупаемости вкладываемых средств (в машиностроении принимают $E_n = 0,15$); K – капитальные вложения в здания, оборудования, технологическую оснастку и другие сооружения, необходимые для реализации проекта, р.

Из множества предложенных вариантов выбирается проект с минимумом значений приведённых затрат.

2.2. ПРОЕКТНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Проектирование машиностроительных заводов и цехов осуществляется проектными организациями двух видов: выполняющие генеральное проектирование и проектирование специальных частей проектов. Генеральным проектировщиком обычно является проектная организация, разрабатывающая технологическую часть основного производства или проект основных объектов предприятия (институты ГИПРО). Например, Гипроавтопром разрабатывает проекты предприятий автомобилестроения и производства подшипников, Гипростанок – станкостроительные и инструментальные заводы.

Специализированные проектные организации выполняют по заданиям генеральных проектировщиков отдельные части проекта предприятия и цеха: строительную, теплоэнергетическую, транспортную и т.д.

Проект всего предприятия является результатом совместной работы большого количества различных специалистов.

2.3. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Согласно Инструкции СНиП-11-01–95 Госстроя России проект на создание нового машиностроительного производства состоит из следующих разделов [2]:

Общая пояснительная записка;

Генеральный план и транспорт;

Технологические решения;

Управление производством, предприятием и охраны труда рабочих и служащих;

Архитектурно-строительные решения;
Инженерное оборудование, сметы и системы;
Организация строительства;
Охрана окружающей среды;
Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и по предупреждению чрезвычайных ситуаций;
Сметная документация;
Эффективность инвестиций.

2.4. ПРЕДПРОЕКТНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Предпроектные работы выполняются с целью:

- сбора исходных данных;
- анализа существующего уровня производства;
- разработки технико-экономического обоснования (ТЭО) или технико-экономического расчёта (ТЭР) целесообразности создания нового, расширения, реконструкции или технического перевооружения существующего (действующего) производства.

Предпроектные работы чаще всего проводят в два этапа:

- предпроектное обследование и разработка ТЭО (ТЭР);
- разработка и утверждение технической заявки на создание и внедрение новой производственной системы.

2.4.1. Технико-экономическое обоснование (ТЭО)

На основе обобщённых результатов обследования и анализа разрабатывается ТЭО целесообразности создания новой производственной системы, которое должно содержать краткую оценку текущего состояния производственной системы, её готовности к преобразованию и предполагаемых масштабов внедрения с учётом специфики обследуемого предприятия и выпускаемой им продукции.

В ТЭО основные параметры производственной системы (станкоёмкость, трудоёмкость, число работающих, состав и количество оборудования, площади и т.д.) определяются на основе предварительных укрупнённых расчётов и затем подлежат уточнению на последующих этапах разработки аванпроекта и технологической части рабочего проекта.

В ТЭО также должны быть указаны технико-экономические показатели: снижение трудоёмкости и станкоёмкости, повышение производительности труда, увеличение коэффициента загрузки, уменьшение численности работающих, сокращение длительности производственного цикла и т.д.

ТЭО утверждается руководителями проекта и заказчика и является основанием для разработки аванпроекта и технической заявки на создание производственной системы.

2.4.2. Аванпроект

Аванпроект делает Головная проектирующая организация на основе ТЭО:

- подбирается номенклатура обрабатываемых материалов и заготовок;
- формируются основные принципы построения технических процессов;
- составляются маршрутные технические процессы;
- делаются графики загрузки оборудования на программу;
- на основании графиков определяются станкоёмкость обработки на производственную программу выпуска;
- на основании станкоёмкости определяется количество оборудования;
- определяются коэффициенты загрузки оборудования;
- подбирается номенклатура режущего и мерительного инструментов, оснастки;
- решаются укрупнённо вопросы организации и управления производством;
- уточняются технико-экономические показатели;
- определяется экологическая эффективность производственной системы.

2.4.3. Задание на создание производственной системы

Основанием для разработки задания на проектирование является утверждённый аванпроект.

Разработку задания на проектирование проводит заказчик проекта совместно с проектной организацией на основе данных, собранных в предпроектный период. В задании:

- приводится основание для проектирования (приказ Министерства или договор с заказчиком);
- даётся обоснование выбора площадки для строительства нового цеха;
- указывается номенклатура и объём выпускаемых изделий;
- указывается, какие заготовки, полуфабрикаты, готовые изделия цех получает со стороны и какие выдаёт в порядке кооперации;

- даётся режим работы производства;
- указываются фонды времени работы оборудования; рабочих мест и рабочих;
- определяются требования по защите окружающей среды;
- даются указания по предполагаемому расширению производства на основе ТЭО;
- намечаются предполагаемые сроки строительства цеха;
- указываются требования к разработке вариантов проекта или его частей;
- приводится перечень основных требований к архитектурно-художественному оформлению инженерных, служебных, бытовых и производственных помещений.

В задании также указывают стадийность проектирования: в две стадии – рабочий проект (утверждаемая часть) и рабочая документация или в одну стадию – рабочая документация. Одностадийное проектирование осуществляется для производств с несложными процессами при использовании повторно применяемых и типовых проектов.

2.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОЕКТА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Технологические решения согласно Инструкции СНиП-11-01-95 Госстроя России является основной частью проекта, в которой решаются следующие задачи:

1. Разработка технологии изготовления деталей и изделий с комплектом технологической документации, сведениями об используемой оснастке и инструментах, затратах времени на обработку.
2. Выбор и расчёт количества оборудования основной и вспомогательной систем цеха.
3. Расчёт количества основного и вспомогательного персонала цеха.
4. Расчёт потребности всех видов энергии (электрической, сжатого воздуха, пара, воды и др.).
5. Разработка спецификации оборудования производственной системы с указанием установленной мощности электродвигателей, часового расхода сжатого воздуха, воды, пара и т.п.
6. Укрупнённое определение (по нормам удельной площади на один станок, выпуска продукции на 1 м² площади пола цеха и т.д.) площади основной и вспомогательной систем цеха, общей площади, требования к высоте здания, цеха.
7. Технологические планировки: разработка компоновочного плана цеха, разработка планировок – планов размещения каждой еди-

ницы оборудования, всех помещений и служб на плане строительной части промышленного здания.

8. Разработка и выдача заданий на энерго- и водоснабжение цеха, снабжение горючими газами и сжатым воздухом, на очистку производственных сточных вод, автоматизацию процессов и др.

Разработка технологической части проекта завершается составлением пояснительной записки, включающей текстовый и графический материалы, полученные при проектировании.

После утверждения в установленном порядке технического проекта цеха разрабатывают рабочие чертежи. С этой целью технологические отделы передают в специализированные отделы проектной организации или субподрядчику данные, полученные на стадии технического проекта, для разработки рабочих чертежей общестроительной части здания (каркас здания, фундаменты каркаса, подвалы, магистральные каналы стружкоудаления и т.п.), специального оборудования и оснастки, систем вентиляции, сетей снабжения всеми видами энергии, монтажных планов цехов и т.д.

Законченный проект и смета подвергаются экспертизе и утверждаются в установленном порядке.

2.6. КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ И АЛГОРИТМ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Проектирование сложных систем, каковой является производственная система, чаще всего – итерационный процесс. В ходе его создаётся несколько проектных решений как отдельных элементов, так и всей производственной системы в целом. Из сформулированной в общем виде задачи проектирования производственной системы следует, что основным критерием выбора оптимального проектного решения должен быть показатель приведённых затрат на изготовление изделий заданной программы выпуска в течение года, который может быть подсчитан по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^n \left[N_j (\delta + \beta) S_{\text{ст}} \sum_{i=1}^m T_{ij} + (E_n + \alpha) F_i / F_3 \sum_{i=1}^m A_{ij} a_i \right], \quad (2.2)$$

где j – номер изделия; n – число наименований изделий; N_j – годовой объём выпуска j -го наименования изделия (шт.); $\delta = 1,15$ – коэффициент заработной платы с начислениями; β – общие накладные расходы в долях заработной платы, включающие расходы на текущий ремонт оборудования; $S_{\text{ст}}$ – заработная плата рабочего за 1 мин, р.; i – номер операции; m – число операций в технологическом процессе изготовле-

ния изделия; T_{ij} – трудоёмкость изготовления j -го наименования изделия на i -й операции; $E_n = 0,15 \dots 0,20$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $\alpha = 0,143$ – коэффициент амортизационных отчислений; F_j – часть годового фонда времени, отводимая на изготовление i -го наименования изделия (мин); F_3 – эффективный годовой фонд времени работы системы, мин; A_{ij} – стоимость одной единицы технологического оборудования, используемого на i -й операции при изготовлении j -го наименования изделия, р.; a_i – число единиц технологического оборудования, используемого на i -й операции.

Трудоёмкость изготовления изделия $T_{ij} = T_{ctij} / k_m$, где T_{ctij} – станкоёмкость i -й операции при изготовления j -го изделия, мин; k_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

Вследствие сложности и в ряде случаев недостаточной информации для определения ряда составляющих формулы на различных этапах проектирования на практике используют интегральные критерии. Например, при выполнении компоновочных и планировочных этапов проектирования может быть использован интегральный критерий, представляющий собой векторный функционал: $f(W_1, W_2) \rightarrow \text{ext}$, где W_1, W_2 – оптимизационные критерии; W_1 – критерий минимума мощности грузопотока, т/год

$$W_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{\alpha\gamma=1}^{\omega} g_i l_{\alpha\gamma i}, \quad (2.3)$$

где n – число наименований изделий, перемещаемых в год; ω – число операций в производственном процессе изготовления i -го изделия; g_i – масса изделий i -го наименования, перемещаемых за год, т; $l_{\alpha\gamma i}$ – расстояние между α -й и γ -й рабочими позициями, на которое происходит перемещение i -го наименования изделия, м; W_2 – критерий максимального съёма продукции с единицы объёма цеха (участка) в год

$$W_2 = N / V, \text{ шт./}(\text{м}^3 \cdot \text{год}), \quad (2.4)$$

где N – программа выпуска изделий в цехе, шт./год; V – общий объём цеха, м^3 .

Алгоритм проектирования механического цеха представлен на рис. 2.1: 1 – программа выпуска; 2 – габаритные размеры, масса и материал изделий; 3 – качество изделий; 4 – трудоёмкость и станкоёмкость операций; 5 – типаж оборудования; 6 – режим работы производства; 7 – определение количества основного (технологического) оборудования; 8 – выбор состава производственных участков; 9 – определение состава и количества оборудования на участке; 10 – определение

алгоритма работы оборудования на участке; 11 – расчёт производственной площади; 12 – разработка требований к условиям работы оборудования; 13 – составление задания на проектирование нестандартного оборудования; 14 – компоновка производственных участков; 15 – планировка основного оборудования; предварительное определение числа работающих; 16 – проектирование складской системы; 17 – проектирование транспортной системы; 18 – проектирование системы инструментообеспечения; 19 – проектирование системы ремонтного и технического обслуживания; 20 – проектирование системы контроля

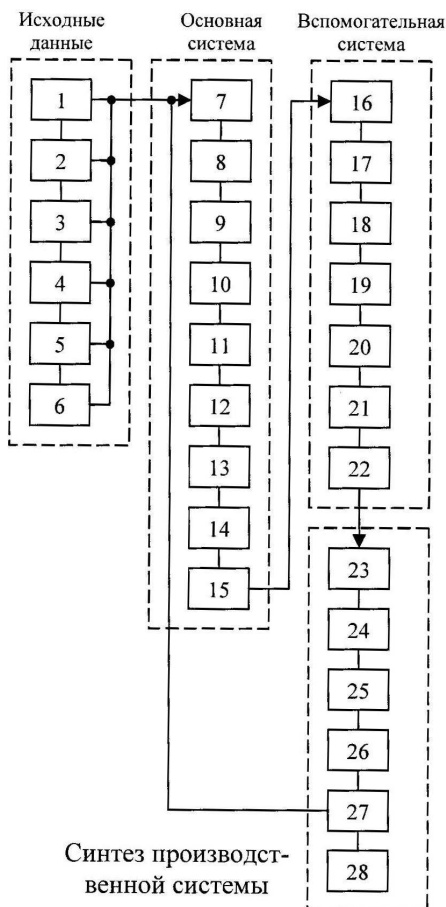


Рис. 2.1. Последовательность проектирования производственной системы

качества изделий; 21 – проектирование системы охраны труда; 22 – проектирование системы управления и подготовки производства; 23 – определение общей площади цеха и его габаритов; 24 – уточнение компоновки цеха; 25 – уточнение планировки оборудования; 26 – уточнение состава и количества работающих; 27 – определение технико-экономических показателей; 28 – выбор оптимального варианта проекта.

На основании исходных данных, которые определены из условий функционирования цеха или участка и разработанных технологических процессов изготовления изделий, приведённых в задании на проектирование, разрабатывают проект основной системы.

Проектирование каждой вспомогательной системы осуществляют в той же последовательности, что и основной системы.

Каждый вариант проекта получают после однократного прохождения блоков. В случае разных вариантов проекта выбор оптимального из них достигается путём анализа результатов проектных решений по принятому критерию оптимизации, например по минимуму приведённых затрат производственной программы изделий.

Приведённая последовательность проектирования используется при изложении всего последующего материала.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

3.1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ВЫБОР ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

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

Состав производственных участков и оборудования механического цеха во многом зависит от типа производства, которое согласно классификационной категории ЕСТПП (ГОСТ 14004–83) в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий (см. п. 1.1) бывает трёх типов: единичное, серийное и массовое.

На начальных этапах проектирования точное определение типа производства затруднительно из-за недостатка знаний о количестве станков на участке, принимаемой формы организации, поэтому тип производства можно определить ориентировочно, используя рекомендации, приведённые в табл. 3.1.

3.1. Ориентировочные данные для предварительного определения типа производства [1]

Производство	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год		
	тяжёлых (массой более 100 кг)	средних (массой от 10 до 100 кг)	лёгких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50 000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000

Далее, по мере выполнения технологических разработок данные о типе производства уточняют расчётом коэффициента закрепления операций $K_{з.о}$. Следует отметить, что в пределах цеха отдельные участки могут работать в условиях разных производств. На участках поточного производства тип производства может быть от крупносерийного до массового, для изделий опытного производства – от серийного до единичного.

3.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА

Производственная программа представляет собой перечень (номенклатуру) подлежащих изготовлению изделий и объём их выпуска за год в натуральном выражении. Программа механического цеха может быть представлена в двух видах: укрупнённом (табл. 3.2) и подетальном (табл. 3.3).

3.2. Программа (годовая) механического цеха

Наименование изделия	Характеристика, модель	Число изделий на программу	Масса изделий, т	Масса деталей, т	
				на одно изделие	на программу

Примечание. При проектировании механических цехов массового производства наряду с годовым выпуском указывается и суточный выпуск.

3.3. Подетальная годовая производственная программа

№ по п/п	№ чертежа		Наименование детали	Марка материала	Вид заготовки	Число деталей на изделие	% на запасные части	Число деталей			Масса, кг		Масса на программу (с запасными частями), т	
	узла	детали						на основную программу	на запасные части	всего	заготовки	детали	заготовок	деталей

При многономенклатурном производстве подетальную производственную программу составляют только для изделия-представителя. Проектирование механических цехов ведётся по точной, приведённой или условной программам.

Программа называется точной, если имеется подробная номенклатура подлежащих изготовлению в цехе деталей, годовые объёмы выпуска, рабочие чертежи и технические требования на все детали. На основе этого разрабатываются технологические процессы обработки, осуществляется нормирование операций и находятся годовые затраты времени на механическую обработку деталей программы, являющиеся основой всех дальнейших технологических расчётов цеха. Проектирование по точной программе чаще всего применяется для крупносерийных и массовых производств, когда сведения, перечисленные выше, имеются и их можно получить без значительных затрат времени и труда.

В том случае, когда полных данных по номенклатуре и рабочим чертежам деталей, подлежащих изготовлению, в цехе нет, а имеются лишь на основные типы изделий, трудоёмкость определяют по приведённой программе.

С этой целью номенклатуру деталей, подлежащих изготовлению в цехе, разбивают на группы, в каждую из которых включают изделия, схожие по конструкции и технологии изготовления (группа валов, корпусных деталей, шестерён и т.д.). В каждой группе выбирается представитель – как правило, деталь, на которую имеются рабочие чертежи и для которой разрабатывают технологический процесс обработки с расчётом норм времени на изготовление. Все изделия данной

группы приводят к представителю, используя коэффициенты приведения. Общий коэффициент приведения

$$K_{oi} = K_1 K_2 K_3, \quad (3.1)$$

где K_1 – коэффициент приведения по массе, учитывающий различие по массе изделия – представителя группы и любого другого изделия данной группы. Для геометрически подобных деталей

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{G_i}{G_{np}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

где G_i – масса приводимого изделия, кг; G_{np} – масса изделия-представителя, кг; K_2 – коэффициент приведения по серийности, учитывающий изменения трудоёмкости обработки детали при изменении объёма выпуска

$$K_2 = \left[\frac{N_{np}}{N_i}\right]^\alpha, \quad (3.3)$$

где N_{np} , N_i – годовые объёмы выпуска представителя и любого изделия группы соответственно; $\alpha = 0,15$ – для деталей лёгкого и среднего машиностроения (массой до 2000 кг); K_3 – коэффициент приведения по сложности, учитывает влияние точности и шероховатости обработки на трудоёмкость изготовления детали

$$K_3 = K_T K_{ш}, \quad (3.4)$$

где K_T , $K_{ш}$ – коэффициенты по точности и шероховатости.

При механической обработке коэффициент K_3 учитывает средний квалитет точности T и среднее значение параметра шероховатости поверхности детали Ra . Среднее значение квалитета точности приводимого изделия и изделия-представителя

$$\bar{T} = \frac{\sum(T_i n_i)}{\sum n_i}, \quad (3.5)$$

где T_i – i -й квалитет; n_i – число размеров i -го квалитета.

Среднее значение параметра шероховатости поверхности приводимого изделия и изделия-представителя

$$\bar{Ra} = \frac{\sum(Ra_j n_j)}{\sum n_j}, \quad (3.6)$$

где Ra_j – j -е значение Ra ; n_j – число поверхностей, имеющих значение Ra_j .

Для определения коэффициента K_T , характеризующего качество точности изделия, рекомендуется использовать следующие зависимости:

Средний квалитет \bar{T}	6	7	8	11	12	13
K_T	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8

Величина $K_{ш}$ зависит от среднего параметра Ra шероховатости поверхностей детали.

Ra	20	10	5	2,5	1,25	0,63
$K_{ш}$	0,95	0,97	1,0	1,1	1,2	1,4

При механической обработке

$$\overline{Ra} = \frac{\sum (Ra_j n_j)}{\sum n_j}, \quad K_3 = \frac{K_{Ti} K_{ши}}{K_{T.пред} K_{ш.пред}}. \quad (3.7)$$

Пример. Определить коэффициент приведения по точности для корпусной детали, имеющей средний квалитет, равный 13, и среднее значение параметра шероховатости поверхности $Ra = 20$ мкм. В то же время изделие-представитель имеет значение аналогичных параметров $T = 8$ и $Ra = 5$ мкм.

Используя нормативные данные, определим

$$K_3 = \frac{0,8 \cdot 0,95}{1,1 \cdot 1} = 0,69.$$

Приведённая программа для каждого изделия рассчитывается произведением заданной программы выпуска на общий коэффициент приведения, т.е. $D_{прив i} = D_{зад i} K_{oi}$, шт./год. Всё это позволяет вместо реальной многономенклатурной программы иметь эквивалентную ей по трудоёмкости приведённую, выраженную ограниченным числом изделий-представителей.

В таблице 3.4 приведён результат расчёта приведённой программы. За изделие-представитель выбрано изделие Б, на которое имеются чертежи. В результате расчёта имеем вместо трёх разнотипных изделий с реальным суммарным объёмом выпуска 900 шт./год 814 приведённых к представителю. Такое приведение позволяет разрабатывать техноло-

3.4. Ведомость расчёта приведённой программы

Наименование изделия	Краткая характеристика изделия	Годовой выпуск, шт./год	Масса, т		Коэффициенты приведения				Приведённая программа, шт./год
			одного изделия	годовой программы	по массе, K_{1j}	по серийности, K_{2j}	по сложности, K_{3j}	общий, K_{0j}	
Изделие А	T1	200	0,7	140	0,92	1,2	1,2	1,32	264
Изделие В	T2	400	0,8	320	1,0	1,0	1,0	1,0	400
Изделие В	T3	300	0,5	150	0,73	1,04	1,1	0,84	250
Итого:		900		610					814

гические процессы, проводить их нормирование на изделие-представитель и, зная норму времени на его изготовление и приведённый объём выпуска, определять годовые затраты времени на обработку данной группы деталей.

Проектирование по приведённой программе целесообразно осуществлять для участков и цехов серийных производств.

Условной программа является в том случае, если точные данные по номенклатуре и характеристике изделия отсутствуют. В этом случае программу задают известным аналогичным изделием, на которое имеются данные и к которым приводят условную программу. Проектирование по условной программе близко к проектированию по приведённой программе. Разница только в том, что представитель является условным. Определив трудоёмкость условного представителя умножением на годовую программу, получают годовую трудоёмкость всей программы. С использованием условной программы ведут проектирование цехов единичного производства, опытных производств.

3.3. РЕЖИМ РАБОТЫ И ФОНДЫ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

Механические и сборочные цехи проектируют, как правило, для работы в две смены. Как исключение, работу уникального и тяжёлого оборудования можно предусматривать в три смены.

При проектировании имеют место понятия номинального и действительного годового фонда работы оборудования и рабочих.

Номинальный фонд работы F_n зависит от числа рабочих дней в году, длительности смены, числа смен, т.е. $F_n = F_r l m$, где F_r – число рабочих дней в году, $F_r = 250$ дней; l – длительность смены, $l = 8$ ч; m – число смен работы; для оборудования $m = 2$, рабочего $m = 1$.

Однако каждый вид оборудования будет иметь потери времени в течение года, связанные с плановыми осмотрами и ремонтом, в соответствии с «Типовой системой технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования».

Действительный годовое фонд F_d равен номинальному за вычетом потерь на ремонт – для оборудования и отпусков – для рабочих (табл. 3.5 и 3.6).

3.5. Действительный (расчётный) годовое фонд времени – $F_{дл}$, ч, работы оборудования

Оборудование	Режим работы		
	односменный	двухсменный	трёхсменный
<i>Металлорежущее оборудование</i>			
Металлорежущие станки массой, т:			
до 10	2040	4060	6060
10...100	2000	3985	5945
Металлорежущие станки с ПУ массой, т:			
до 10	–	3890	5775
10...100	–	3810	5650
Агрегатные станки	–	4015	5990
Автоматические линии	–	3725	5465
Поточные линии	–	3975	5945
ГПМ, РТК массой, т:			
до 10	–	–	5970 (7970)
10...100	–	–	5710 (7620)

Продолжение табл. 3.5

Оборудование	Режим работы		
	односменный	двухсменный	трёхсменный
<i>Оборудование сборочных цехов</i>			
Рабочее место сборщика	2070	4140	6210
Рабочие места с механизированными приспособлениями	2050	4080	6085
Сборочное автоматическое и полуавтоматическое оборудование	2000	3975	5930
Испытательные стенды с автоматической регистрацией результатов испытаний	2010	3975	5960
Автоматические сборочные линии	–	3725	5465
Испытательные стенды	2020	4015	5990

3.6. Действительный годовой фонд времени рабочих $\Phi_{д.р}$

Номинальный фонд Φ_n , ч	Потери от номинального фонда при отпуске 24 рабочих дня, %	Действительный годовой фонд $\Phi_{д.р}$, ч
2000	10	1800

3.4. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧАСТКОВ И ЦЕХОВ

Производственные участки в зависимости от сложности выпускаемой продукции, программы производства и режима работы могут быть организованы по технологическому, предметному и линейному принципам.

Технологические участки характерны для значительной номенклатуры изготавливаемых изделий и небольших объёмов выпуска, т.е. когда изделия производят единично или малыми сериями и исключают

ется возможность полной загрузки оборудования изготовлением одного изделия. В таких случаях с целью повышения коэффициента загрузки оборудование делят на группы по признаку одинакового служебного назначения, например, на группы токарных, фрезерных, зуборезных и других станков. Каждая группа однотипного оборудования размещается в определённой части цеха (участке). Изготавливаемые детали в определённой последовательности проходят отдельные участки, где обрабатываются. Полуфабрикаты мелких и средних деталей после выполнения определённых операций при условии занятости оборудования участка поступают для хранения на площади межоперационного склада. Крупногабаритные изделия хранятся около станков или на специальных подкрановых площадках.

Недостатками такой формы организации механической обработки являются многократные и значительные по длине пути перемещения полуфабрикатов, требующих широкого применения транспортных средств, сложного планирования и документации для учёта движения изделий и относительно невысокие технико-экономические показатели производства.

С уменьшением номенклатуры изготавливаемых изделий и увеличением годового объёма их выпуска становится целесообразным использовать общность технологических маршрутов обработки и формировать производственные подразделения, используя предметный принцип – создание предметно-специализированных цехов (цех двигателей, коробок передач и т.п.) и отдельных участков. Формирование предметных участков производится по принципу общности конструктивных форм и технологических операций деталей, обрабатываемых на этих участках. Создание предметных участков в механических цехах осуществляется в следующей последовательности:

1. Конструктивно-технологическая классификация деталей по следующим признакам: вид материала заготовки, габариты, технологический процесс обработки, конструктивный вид детали.

2. Расчёт по каждому наименованию детали показателя относительной трудоёмкости $K_{ди}$, выражающего обезличенное число рабочих мест для изготовления годовой программы i -й детали.

$$K_{ди} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{кип.ки}}{\tau_i}, \quad (3.8)$$

где $\sum t_{кип.ки}$ – норма времени на обработку данной детали по всем операциям технологического процесса, мин; τ_i – такт выпуска детали, мин/изд.

$$\tau_i = F_d / N_i, \quad (3.9)$$

где F_d – действительный годовой фонд времени рабочего места, мин;
 N_i – годовой объём выпуска i -й детали, шт.

3. Определение числа предметных участков

$$d = \frac{\sum_{i=1}^m K_{di}}{M}, \quad (3.10)$$

где M – среднее число рабочих мест на участке, $M = 30 \dots 50$.

4. Закрепление за каждым участком по возможности однородных деталей в соответствии с произведённой в п. 1.1 классификацией. При этом суммарный показатель относительной трудоёмкости деталей, закрепляемых за участком, должен быть близким к числу рабочих мест на участке.

При рассматриваемой форме организации обработки оборудования на участке размещают примерно по ходу операций технологического процесса изготовления деталей данной группы, что уменьшает протяжённость путей транспортных операций, затраты времени и средств на их выполнение.

Примерами предметных участков являются участки обработки валов, зубчатых колёс, корпусных деталей и т.п. Подобная форма используется как в серийном, так и в массовом производствах (для последних – специализированные цехи).

Линейный принцип формирования участков и цехов характеризуется строго определённой последовательностью операций технологического процесса в каждый момент времени и предусматривает поточные формы механической обработки. Поточные формы характерны преимущественно для массового и крупносерийного производства, но могут быть использованы и в серийном. Их внедрение предполагает достаточно устойчивую по времени программу выпуска, тщательную проработку конструкции изделия и технологии, чёткую организацию обслуживания, снабжения материалами и комплектующими.

Поточные линии механической обработки, в зависимости от количества наименований деталей, закреплённых за линией, могут быть однопредметными (поточно-массовыми) и многопредметными (поточно-серийными).

Оба этих вида, в свою очередь, по степени непрерывности движения деталей в процессе обработки подразделяются на непрерывно-поточные (синхронизированные) и прерывно-поточные (несинхронизированные). Поточно-серийные, кроме того, могут быть групповыми.

Тип линии можно выбрать, используя коэффициент массовости, показывающий число станков, необходимых для выполнения определённой операции:

$$K_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт\ i}}{\tau_i n} = \frac{K_{дi}}{n}, \quad (3.11)$$

где n – число операций технологического процесса обработки j -й детали. При $K_{mj} \geq 0,75$ по всем операциям технологического процесса целесообразна организация однопредметной непрерывно-поточной линии; при $K_{mj} = 0,7...0,8$ по основным операциям – однопредметной прерывнопоточной линии; при $0,2 \leq K_{mj} < 0,7$ целесообразно создание серийно-поточных линий с закреплением от 2 до 15 наименований деталей, причём при равенстве показателей массовости по всем операциям технологического процесса возможна организация непрерывно-поточных линий, а при неравенстве – прерывных.

Если $K_{mj} \leq 0,2$ и большая номенклатура (до 50 наименований) деталей, возможно создание групповых поточных линий (с переналадкой оборудования или без неё), приближающихся по своим технико-экономическим характеристикам к предметным участкам.

Высшей формой поточного производства является автоматическая линия, позволяющая сочетать непрерывность технологического процесса с автоматическим его выполнением. Автоматическая поточная линия представляет совокупность станков-автоматов, выполняющих в определённой последовательности операции механической обработки детали, объединённые общими для всей линии механизмами управления и автоматическим транспортным устройством, перемещающим обрабатываемую деталь от одного станка к другому.

Автоматические поточные линии, обладая высокой производительностью, в то же время не имеют необходимой гибкости, т.е. позволяют обрабатывать на линии только одну деталь определённой конструкции или в лучшем случае несколько однотипных деталей после переналадки оснастки линии.

Учитывая высокую стоимость оборудования автоматической линии и невозможность его использования при изменении конструкции выпускаемых изделий, их, как правило, применяют в массовом производстве при устойчивейшей и годами не сменяемой продукции.

Современные тенденции в развитии машиностроения, характеризующиеся увеличением удельного веса многономенклатурного серийно-

го производства, обусловили создание новой организационной формы механической обработки – гибкой производственной системы (ГПС).

ГПС – совокупность технологического оборудования и системы обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры. В зависимости от уровня организационной структуры ГПС подразделяются на гибкие производственные модули (ГПМ), гибкие автоматизированные линии (ГАЛ), гибкие автоматизированные участки (ГАУ), гибкие автоматизированные цехи (ГАЦ) и гибкие автоматизированные заводы (ГАЗ).

ГПМ состоит из единицы программно-управляемого технологического оборудования, загрузочно-разгрузочных устройств в виде промышленных роботов (ПР) и станочных накопителей. ГПМ может функционировать автономно и встраиваться в систему более высокого ранга.

ГАЛ и ГАУ объединяют несколько ГПМ с единой автоматизированной системой управления.

В ГПС на основе разработанной технологии осуществляются функционирование и обработка материального и информационного потоков. К первому относят заготовки, инструмент и оснастку, ко второму – программное обеспечение. В соответствии с этим ГПС включает в себя два основных комплекса – производственный и управляюще-вычислительный. Производственный комплекс обеспечивает обработку деталей и объединяет следующие системы: станочную (СС), автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС), автоматизированную систему инструментаобеспечения (АСИО), автоматизированную систему диагностики и контроля (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), систему автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП), систему автоматизированного проектирования (САПР).

Управляюще-вычислительный комплекс обеспечивает функционирование всех систем ГПС и базируется на ЭВМ различного уровня. Пример ГПС приведён на рис. 3.1. Выбор организационной формы механической обработки можно обосновать степенью кооперации $K_{к.3}$; определяемой исходя из среднего числа материальных связей между технологическим оборудованием участка:

$$K_{к} = \frac{\sum_{i=1}^C K_i}{C},$$

где K_i – число материальных связей, которыми i -е оборудование связано с остальным оборудованием; C – количество оборудования в структурном подразделении (на участке).

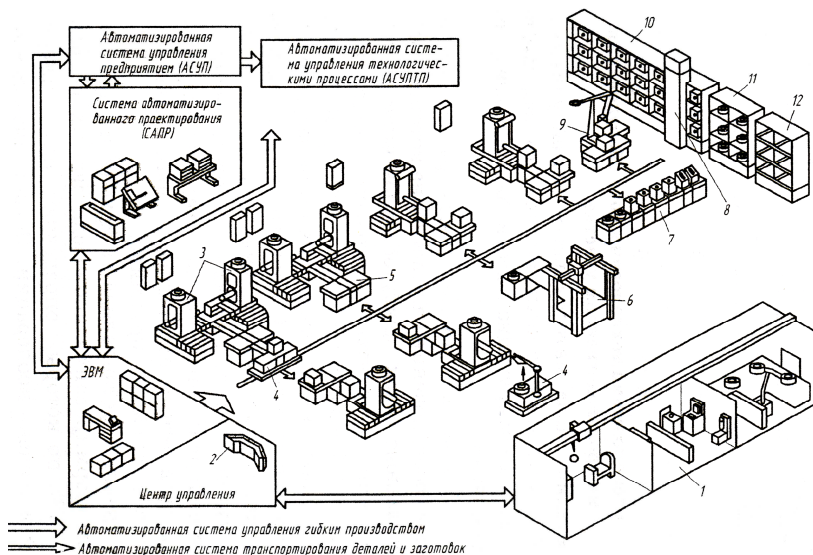


Рис. 3.1. ГПС механической обработки:

- 1 – система инструментообеспечения; 2 – пульт оператора; 3 – станки;
 4 – транспортный робот; 5 – станочный накопитель; 6 – контрольно-измерительная машина; 7 – оперативный накопитель; 8 – штабелёр;
 9 – позиция загрузки заготовок на спутник и выгрузки; 10 – склад заготовок;
 11 – склад инструмента; 12 – склад спутников и приспособлений

3.5. СТАНКОЁМКОСТЬ И ТРУДОЁМКОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Станкоёмкость операции представляет собой затраты штучного или штучно-калькуляционного времени на её выполнение. Станкоёмкость детали (в станко-часах) включает всё нормированное время по всем операциям механической обработки.

Под трудоёмкостью понимают величину затрат живого труда на изготовление единицы продукции в человеко-часах. Связь между трудоёмкостью и станкоёмкостью можно выразить следующим образом:

$$T_{\text{чел.-ч}} = \frac{T_{\text{ст.-ч}}}{K_M}, \quad (3.12)$$

где $T_{\text{чел.-ч}}$ – трудоёмкость обработки в чел.-ч; $T_{\text{ст.-ч}}$ – станкоёмкость обработки в ст.-ч; K_M – коэффициент многостаночности – число станков, обслуживаемых одним рабочим.

Станкоёмкость может быть определена различными способами, выбор которых определяется типом производства. При проектировании цехов крупносерийного и массового производств, как правило, разрабатываются подробные технологические процессы изготовления деталей с нормированием операций.

В этом случае трудоёмкость обработки детали T будет равна:

- для массового производства

$$T = \sum_{i=1}^n t_{шт\ i} ;$$

- для крупносерийного (серийного) производства

$$T = \sum_{i=1}^n t_{шт.-к\ i} ,$$

где $t_{шт\ i}$ и $t_{шт.-к\ i}$ – штучное и штучно-калькуляционное время обработки детали на i -й операции, мин.

Для цехов мелко- и среднесерийного производств, когда разрабатывается приведённая программа с выделением в группе технологически и конструктивно подобной детали-представителя, нормирование операций обработки производят только для представителя. Станкоёмкость изготовления других деталей группы осуществляют, используя коэффициенты приведения: $T_i = T_{пр} K_{oi}$, где T_i и $T_{пр}$ – станкоёмкость любого изделия из группы деталей и представителя соответственно; K_{oi} – общий коэффициент приведения рассматриваемой детали. Методика расчёта коэффициентов приведения рассмотрена ранее в п. 3.2.

При разработке цеха единичного или мелкосерийного производства, его технического перевооружения и реконструкции станкоёмкость находят не по отдельным деталям, а по цеху в целом, используя заводские данные или данные аналогичных производств. В основу расчёта принимают фактическую (достигнутую) станкоёмкость – $T_{ф}$, определяемую по формуле:

$$T_{ф} = \frac{T_{цех} K_{м}}{K_{н}} , \quad (3.13)$$

где $T_{цех}$ – действующая в цехе станкоёмкость годового выпуска в станко-часах; $K_{м}$ – коэффициент многостаночного обслуживания; $K_{н}$ – средний по цеху коэффициент выполнения норм.

Достигнутая (фактическая) станкоёмкость для целей проектирования должна быть дополнительно ужесточена с учётом дальнейшего снижения норм за счёт внедрения прогрессивной технологии и оборудования, предусматриваемых в проекте. Тогда $T_{пр} = T_{ф} K_y$, где $T_{пр}$ – станкоёмкость, принимаемая для проекта, ст.-ч; K_y – коэффициент ужесточения норм.

Коэффициент ужесточения норм определяют, разрабатывая технологические процессы на отдельные детали и нормируя операции обработки. Полученные данные сопоставляют с заводскими (базовыми) нормами на аналогичные детали, т.е.

$$K_y = \frac{\sum t_{шт.-к.пр}}{\sum t_{шт.-к.б}}, \quad (3.14)$$

где числитель – норма времени на обработку детали по проекту; знаменатель – по базе.

С учётом возможных изменений объёмов производства по проекту и базе проектная станкоёмкость определяется из выражения $T_{пр} = T_{ф} K_y K_D$, где K_D – коэффициент изменения объёмов выпуска: $K_D = N_{пр} / N_б$ – отношение проектного и базового объёмов выпуска деталей, шт./год.

На этапе технико-экономического обоснования проекта (ТЭО) или технико-экономических расчётов годовая станкоёмкость цеха может быть найдена по показателям удельной станкоёмкости механической обработки единицы массы изделия или комплекса деталей изделия.

В первом случае $T_{пр} = T_{уд} GN$, где $T_{уд}$ – удельные затраты времени на изготовление 1 т изделия; G – масса изделия в тоннах; N – годовой выпуск изделий, шт.

Во втором случае $T_{пр} = T_{уд} N$, где $T_{уд}$ – время обработки одного комплекта деталей изделия. Данные по удельным показателям установлены отраслевыми проектными организациями на основе анализа опыта работы предприятий.

В таблице 3.7 приведены значения удельной трудоёмкости обработки 1 т массы изделий и 1 т массы комплекта обрабатываемых деталей, а также выпуск на 1 единицу произведённого оборудования по данным технико-экономических показателей механических цехов тяжёлого машиностроения и станкостроения [3].

**3.7. Примерное число человеко-часов и станко-часов,
затрачиваемых на механическую обработку
1 т общего веса (машин), на 1 т обрабатываемых деталей и
на единицу производственного оборудования**

Машины	На 1 т общего веса		На 1 т обрабаты- ваемых деталей		Выпуск на единицу производственного оборудования, ч
	человеко-часы	станко-часы	человеко-часы	станко-часы	
<i>Тяжёлое машиностроение</i>					
Редукторы для прокатных станов: цилиндрические, цилиндрическо-конические, червячные, глобоидные (при выпуске 4500 т весом до 30 т)			37	41	87
Краны мостовые электрические грузоподъёмностью, т:					
5			28	31	98
15...20			22	24	135
30...50			20	22	149
Двигатели внутреннего сгорания:					
тихоходные дизели мощностью 600 л. с.			46	50,4	78
быстроходные 450 л. с.			214	235	17
Специальные крепёжные детали (винты, болты, гайки, шпильки, штифты) и нормализованные детали (втулки, кольца, стаканы, фланцы и т.п.)			273	300	11
<i>Станкостроение</i>					
Токарно-винторезные, вальцетокарные, специальные и агрегатные станки (средний вес станка 8,7 т)	131	73,5	–	–	43,6

Машины	На 1 т общего веса		На 1 т обрабаты- ваемых деталей		Выпуск на единицу производственного оборудования, ч
	человеко-часы	станко-часы	человеко-часы	станко-часы	
Резьбошлифовальные, червячно-шлифовальные, зубошлифовальные станки высокой точности (средний вес станка 5,1 т)	264	208	–	–	18
Горизонтально- и координатно-расточные станки, включая станки высокой точности (средний вес станка 32 т)	177	74	–	–	48
Токарно-револьверные станки (средний вес станка 4,3 т)	25,5	65	–	–	51

3.6. СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ

Расчёт потребного количества оборудования может производиться в зависимости от метода определения станкоёмкости двумя способами: точно и укрупнённо. Точный способ требует разработки технологического процесса механической обработки деталей и нормирования его операций. При этом расчётное число станков для непоточного производства определяют по каждому типоразмеру по формуле

$$C_p = \frac{T_\Sigma}{F_d}, \quad (3.15)$$

где T_Σ – суммарная станкоёмкость обработки годового выпуска деталей на станках данного типоразмера в ст.-ч; F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

$$T_\Sigma = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт.-ki} N_i}{60}, \quad (3.16)$$

где $t_{шт.-кi}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции второй детали, мин; N_i – число деталей, проходящих данную операцию; n – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на данной операции (станке).

Расчётное число станков округляют до целого большего и определяют принятое число единиц данного вида оборудования – $C_{пр}$. Отношение $C_p / C_{пр} = K_3$ называют коэффициентом загрузки, значения его приведены в табл. 3.8.

Количество оборудования в составе поточной линии рассчитывают по каждой операции по формуле

$$C_p = \frac{t_{шти} N_i}{F_d \cdot 60} = \frac{t_{шти}}{\tau}, \quad (3.17)$$

где $t_{шти}$ – штучное время обработки детали на i -й операции, мин; τ – такт выпуска детали, мин.

Такт выпуска однопредметной поточной линии находят из выражения

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N}. \quad (3.18)$$

3.8. Допустимые значения коэффициентов загрузки оборудования

Группа оборудования	Коэффициент загрузки оборудования K_3	
	максимальный	средний по группе
Универсальные станки	0,95...1,0	0,80
Автоматы и полуавтоматы одношпиндельные	0,95...1,0	0,85
То же, многошпиндельные	0,90	0,90
Специальные и агрегатные станки	0,90	0,90
Автоматические линии с жёсткими связями	0,95	1,0
Станки с ЧПУ	0,95	0,90

Для многопредметной линии при обработке деталей с одинаковой станкоёмкостью:

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N_A + N_B + \dots + N_n} \eta, \quad (3.19)$$

где N_A, N_B, \dots, N_n – годовые объёмы выпуска деталей, обрабатываемых на линия; η – коэффициент, учитывающий потери времени на переналадку оборудования линия при переходе на обработку детали другого типа $\eta = 0,85 \dots 0,95$.

Если же на многопредметной поточной линии изготавливаются детали с различными станкоёмкостями (что встречается часто), такт линии определяется по формуле

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N_A + K_1 N_B + K_2 N_B + \dots + K_n N_n} \eta, \quad (3.20)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий отношение станкоёмкости детали Б к детали А, $K_1 = \left(\frac{\sum t_{шт.Б}}{\sum t_{шт.А}} \right)$; K_2 – коэффициент отношения станкоёмкости детали В к детали А и т.д. Определение такта в этом случае удобно вести в табличной форме, пример которой представлен ниже.

Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Станкоёмкость, мин	Отношение станкоёмкостей к детали А	Расчёт такта выпуска t , мин
А	60 000	10	1,0	$\tau_A = \frac{3880 \cdot 60 \cdot 0,92}{60000 + 2 \cdot 48000 + 1,5 \cdot 24000} = 1,12$
Б	48 000	20	2,0	$\tau_B = K_1 \tau_A = 1,12 \cdot 2 = 2,24$
В	24 000	15	1,5	$\tau_B = K_2 \tau_A = 1,12 \cdot 1,5 = 1,68$

Далее по каждой операции рассчитывают коэффициенты загрузки, значения которых не должны превышать приведённых в табл. 3.8.

При укрупнённом методе потребное количество основного оборудования определяется целиком по цеху по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{F_{\text{д}} K_{\text{з.ср}}}, \quad (3.21)$$

где $T_{\text{пр}}$ – проектная станкоёмкость, найденная укрупнённым методом (по удельной станкоёмкости), ст.-ч; $K_{\text{з.ср}}$ – средний по цеху коэффициент загрузки станков, рекомендуемые значения которого приведены в табл. 3.9.

Имея общее количество станков основной системы, их разбивают на группы и типы, пользуясь процентным соотношением, примеры которого приведены в [2]. В качестве примера в табл. 3.9 дана разбивка оборудования по типам для автомобилестроения.

3.9. Коэффициент загрузки оборудования

Вид цеха	$K_{\text{з.ср}}$		
	Механический	Единичное и мелкосерийное производство	Среднесерийное производство
0,80...0,9		0,75...0,85	0,65...0,85

3.10. Процентное соотношение отдельных типов металлорежущего оборудования по проектам механических цехов малолитражных автомобилей

Наименование групп станков	Цехи		
	двигателей	шасси	автоматный
Станки в автоматических линиях	71	29	4,6
Автоматы	1,9	3,5	77
Полуавтоматы	4,4	38	0,8
Агрегатные	3,2	3,1 9,5	5,3
Расточные	2,3	2,4	0,4
Протяжные	1,9	2,2	1,8
Зубообрабатывающие	6,4	9,5	–
Шевинговальные	0,7	2,1	–

Наименование групп станков	Цехи		
	двигателей	шасси	автоматный
Круглошлифовальные	4,9	4,1	1,1
Бесцентрово-шлифовальные	0,1	0,9	5,4
Плоскошлифовальные	1,3	1,4	1,5
Внутришлифовальные	0,3	2,1	0,2
Притирочные и полировальные	0,9	1,0	0,4
Суперфинишные	0,7	0,3	1,1
Хонинговальные	–	0,4	0,4
Итого:	100	100	100

Помимо основных станков в состав технологического оборудования механического цеха входит дополнительное оборудование, например, прессы для напрессовки обрабатываемых деталей на оправки, установки для удаления заусенцев, оборудование для закалки с нагревом ТВЧ, контрольные стенды и др. Их количество составляет 5...30% от количества основного технологического оборудования. Таким образом, общее число станков в цехе принимают равным

$$C = (1,05...1,3) C_{\text{пр}}. \quad (3.22)$$

По итогам расчёта количества оборудования составляют заявочную ведомость по определённой форме [5], в которой указываются модели, габаритные размеры, мощность, балансовая стоимость, масса и количество по каждому станку. Эти данные используют для разработки энергетической, строительной и других частей проекта. На специальные станки, автоматические линии составляют технические задания для их проектирования и изготовления.

Для характеристики качества выполненного проекта производственных участков и цехов принимают среднее значение загрузки оборудования, рекомендуемые значения которого приведены в табл. 3.9.

3.7. РАЗРАБОТКА СХЕМ ПЛАНА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ

При разработке плана размещения всего оборудования требуется определить общую площадь цеха (площадь основной и вспомогательной систем) и составить компоновочную схему механического цеха.

При предварительной проработке последней производственную площадь $S_{пр}$ определяют по показателю удельной $S_{уд.пр}$ площади, приходящейся на один основной станок: $S_{пр} = S_{уд.пр} C_{пр}$, где $C_{пр}$ – принятое число станков основной системы. Удельная площадь $S_{уд.пр}$ зависит от габаритов станков и средств межоперационного транспортирования (конвейеров). Показатели удельной площади приведены в [5]. В качестве примера в табл. 3.11 даны значения удельных производственных площадей на единицу оборудования по механическим цехам единичного, мелкосерийного и серийного производств заводов станкостроения.

3.11. Удельная производственная и общая площадь на 1 станок для механических цехов

Вид машиностроения	Производственная площадь на 1 станок, м ²	Общая площадь цеха на 1 станок, м ²
Грузовые автомобили 2,5...4 т:		
цех двигателей	16...20	21...25
цех шасси и задних мостов	16...20	21...25
цех коробок передач	16...20	20...25
цех автоматный	16...20	20...25
Гусеничные тракторы: цехи – двигателей, шасси, автоматный	15...20	–
Цилиндрические и роликовые подшипники:		
цех автоматного-токарного	15...20	–
цех втулок	12...16	–
цех шлифовальный	15...20	–
Малолитражные легковые автомобили:		
цех двигателей	–	16...20
цех шасси	–	16...20
цех автоматный	–	16...20
Краны грузоподъемностью 30...50 т	–	38...50

Вид машиностроения	Производственная площадь на 1 станок, м ²	Общая площадь цеха на 1 станок, м ²
Паровые и газовые турбины мощностью до 50 000 кВт: крупные детали	–	107...120
Прокатные станы: крупно-, средне-, мелкосортные	–	100...150
Редукторы для прокатных станов: цилиндрические, цилиндрически-конические, червячные, глобоидальные весом до 30 т и выше	–	80...100

Примечание. Для уникального оборудования, не включённого в таблицу, площадь на один станок определяется планировкой.

С учётом вспомогательных отделений и магистральных проездов общую площадь увеличивают на 35...40%.

Задав ширину пролёта, шагом колонн, числом пролётов, находят габаритные размеры цеха. Ширину пролёта выбирают из унифицированного ряда, чаще всего 18 или 24 м, с учётом возможности размещения кратного числа рядов оборудования.

При формировании участков, построенных по линейному принципу, желательно количество основного оборудования на них принимать с учётом полного изготовления одного или нескольких изделий на участке. При технологическом принципе формирования стремятся создавать равновеликие (по количеству основного оборудования) участки, создавая в ряде случаев участки с двумя и более различными типами станков, например, фрезерно-сверлильный, токарно-расточный участок и т.п.

Несколько сложнее формирование участков, построенных по предметному принципу. В этом случае подбирают группы изделий с целью создания равновеликих участков, тогда

$$C_y(1 \pm 0,1) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m \frac{N_i \sum_{j=1}^{F_i} t_{шт\ ij}}{F_d \cdot 60}, \quad (3.23)$$

где n – число групп изделий, закрепляемых за участком; m – число наименований изделий в k -й группе; N_i – годовой объём выпуска 1-го изделия; F_i – число операций изготовления i -го изделия; $t_{шт\ ij}$ – штучно-калькуляционное время j -й операции изготовления i -го изделия; F_d – эффективный годовой фонд времени работы оборудования.

После того как будет распределена номенклатура изготавливаемых изделий по участкам и определён состав и количество основного оборудования на них, переходят к построению схемы расположения технологического оборудования на участках.

Схема размещения основного и вспомогательного оборудования на площадях участков и цеха, называемая топологией производства – важный этап проектирования нового и реконструкции существующего производства. На этом этапе происходит формирование системы материальных связей, на базе которых в дальнейшем проектируют информационные и энергетические потоки.

При планировке оборудования используют темплеты, представляющие собой плоские модели станков, выполненные в определённом масштабе. Материал темплетов – бумага (возможна с клеевой подложкой) или прозрачная плёнка. При планировке показывают условными обозначениями рабочего у станка, места для заготовок, инструментальные тумбочки и т.п. В ходе планировки всё это размещают в соответствии с принятой организационной формой механической обработки на компоновочном плане участка или цеха, закрепляя их тем или иным способом.

Планировку оборудования можно осуществлять с использованием ЭВМ, имея заранее необходимое программное обеспечение.

Размещение оборудования цехов со сложными транспортными системами (подвесные и напольные конвейеры, монорельсовые дороги, автоматические транспортные средства и склады) возможно методом объёмного макетирования, когда применяют объёмные модели оборудования в определённом масштабе. Объёмное макетирование даёт большую наглядность и, как результат, возможность исключения ошибок планировки по сравнению с темплетным способом. Расположение станков на участках зависит от организационной формы обработки, числа станков, средств межоперационного транспорта и способа удаления стружки от мест образования.

Относительно транспортного средства или цехового проезда возможно продольное, поперечное, угловое и кольцевое размещение станков (рис. 3.2).

Фронтальное (продольное) расположение станков создаёт благоприятные условия для механизации и автоматизации средств межопе-

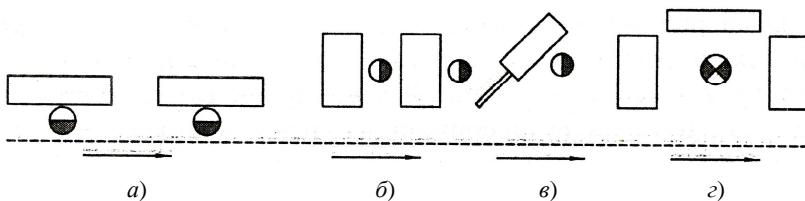


Рис. 3.2. Варианты размещения станков относительно транспортных средств:
a – продольное; *б* – поперечное; *в* – угловое; *з* – кольцевое

рационального транспортирования и обслуживания рабочих мест. Поперечное размещение оборудования ухудшает условия для обслуживания оператором за счёт большого удаления зоны загрузки-выгрузки станка от средств транспортирования. Расположение станков под углом характерно для станков, имеющих большую длину (продольно-фрезерные и продольно-строгальные, протяжные, прутковые автоматы и полуавтоматы). При таком размещении более рационально используется площадь цеха. Кольцевое расположение создаёт лучшие условия для многостаночного обслуживания. При размещении технологического оборудования должны быть соблюдены нормы технологического проектирования, регламентирующие ширину проходов и проездов между рядами станков, расстояния как между станками, так и от станков до стен и колонн здания. Различные варианты расположения станков приведены на рис. 3.3.

В таблице 3.12 в соответствии с рис. 3.3 даны расстояния: *a* – между проездом и станками, расположенными фронтально; *б* – между проездом и боковой стороной станка; *в* – между проездом и тыльной стороной станка; *з* – между станками, установленными в «затылок»; *д* – между станками, установленными тыльными сторонами; *е* – между станками, установленными боковыми сторонами; *ж* – между станками, установленными фронтально, при обслуживании одним оператором одного станка; *з* – между станками, установленными фронтально, при обслуживании одним оператором двух станков; *и*, *к* – между станками при П-образном расположении трёх станков, обслуживаемых одним оператором; *л*, *л*₁ – от стен и колонн до станка, расположенного фронтально; *м* – от колонн и стен до станка, расположенного тыльной стороной; *к* – от колонн и стен до станка, расположенного боковой стороной.

3.12. Нормы расстояний станков от проезда, между ставками, а также от станков до стен и колони здания

Расстояние	Наибольший габаритный размер станка в плане, не более, мм		
	1800	4000	8000
1	2	3	4
От проезда до:			
фронтальной стороны станка (<i>a</i>)	1600/1000		2000/1000
боковой стороны станка (<i>b</i>)	500		700/500
тыльной стороны станка (<i>a</i>)	500		500
Между станками при расположении их:			
«в затылок» (<i>z</i>)	1700/1400	2600/1600	2600/1800
тыльными сторонами друг к другу (<i>d</i>)	700	800	1000
боковыми сторонами друг к другу (<i>e</i>)	900		1300/1200
Фронтальными сторонами друг к другу и при обслуживании одним рабочим:			
одного 1 станка (<i>ж</i>)	2100/1900	2500/2300	2600
двух станков (<i>в</i>)	1700/1400	1700/1600	–
по кольцевой схеме (<i>и</i>)	2500/1400	2500/1600	–
От стен, колонн до:			
фронтальной стороны станка (<i>л, л₁</i>)	1600/1300		1600/1500
боковой стороны станка (<i>н</i>)	1300	1300/1500	1500
тыльной стороны станка (<i>м</i>)	700	800	900

Пр и м е ч а н и е. Расстояние между станками *к* при размещении их по кольцевой схеме принимается не менее 700 мм. Расстояние до боковой стороны станков *н* установлено 1200/900. В знаменателе приведены нормы расстояний для цехов крупносерийного и массового производства, когда они отличаются от соответствующих норм для условий единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства. Для станков, установленных на индивидуальные фундаменты, расстояние между фундаментами должно быть не менее, м: при транспортировании дроблёной стружки – 0,8; витой стружки – 1,0.

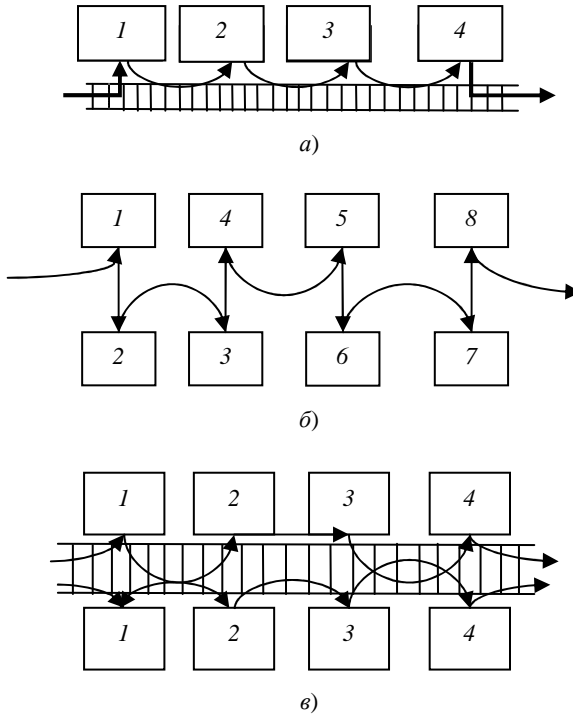


Рис. 3.4. Расположение станков в поточной линии (цифры обозначают порядковый номер станка)

На рисунке 3.4 показаны наиболее распространённые варианты планировок поточных линий.

В варианте (а) станки расположены в порядке последовательности операций, передача полуфабриката осуществляется с помощью конвейеров. При обработке тяжёлых деталей каждый станок обслуживается поворотным краном или электротельфером на монорельсе. Во втором варианте (б) станки также размещены в порядке операций, но в два ряда. Оба ряда работают самостоятельно. Станки обслуживаются двойным рольгангом, а иногда и тройным. Средний рольганг служит для передачи деталей в обход какой-либо операции. Вместо рольгангов можно использовать пластинчатые или подвесные конвейеры. Такую планировку принимают тогда, когда для каждой операции требуется не один, а два станка. В этом случае будут две параллельные линии для обработки одинаковой детали. Подобную планировку можно использовать и при обработке различных деталей на каждом из потоков.

Третий вариант в) принимают при значительной (более 40...50 м) длине поточной линии. Станки устанавливают в два ряда, а детали переходят из одного ряда в другой. Если сдвигание оборудования не обеспечивает необходимой длины ветви поточной линии, её выполняют из отдельных участков или делают с поворотом таким образом, чтобы вход на линию заготовок и выход обработанных деталей были с разных сторон (Z-образной планировки).

В таблице 3.13 даны нормы расстояний между оборудованием при использовании автоматизированных транспортных средств, в частности между станком и передвижной консольной секцией приёмо-передаточного стола Д от станка до оснастки или транспортного средства Е, между приёмно-передаточными столами Г и между транспортными средствами Ж.

3.13. Нормы расстояний при применении автоматизированного транспорта

Транспорт	Д	Е	Г	Ж	Эскиз
Автоматизированная напольная транспортная система	0,4	1,07	0,9	—	
Роликовый или пластинчатый конвейер	—	0,9	—	Не менее 0,1	
Подвесной конвейер	—	0,9	—	Не менее 0,3	

Ширину К межоперационного транспорта и ширину В приёмно-передаточных столов стеллажного оборудования принимают в соответствии с габаритными размерами обрабатываемых заготовок. Ширина А пешеходного прохода между тыльными сторонами станков, встроенных в автоматизированные участки, должна быть 1,6 м.

3.8. СОСТАВ РАБОТАЮЩИХ И РАСЧЁТ ЕГО ЧИСЛЕННОСТИ

Промышленно-производственный персонал цеха делят на пять категорий: производственные (основные) рабочие, вспомогательные рабочие, инженерно-технические работники (ИТР), служащие и младший обслуживающий персонал (МОП).

Производственные рабочие – рабочие, выполняющие операции по изготовлению продукции основной программы цеха.

Вспомогательные рабочие – лица, не принимающие непосредственного участия в выполнении операций по изготовлению основной продукции цеха, а занятые обслуживанием производственного процесса.

Инженерно-техническими работниками (ИТР) считают работников, выполняющих обязанности, связанные с техническим руководством производственными процессами и организацией производства или занимающих должности, для которых требуется квалификация инженера или техника.

К служащим относят работников цеха, выполняющих функции по части, финансам, учёту и статистике, чертёжников, копировщиков.

Младший обслуживающий персонал составляют гардеробщики, уборщики непроектированных помещений (цеховых контор, бытовых помещений), курьеры административной службы.

3.8.1. Производственные рабочие

К производственным рабочим механического цеха относят станочников, операторов и наладчиков автоматических линий, операторов-наладчиков, обслуживающих модули в ГПС, а также разметчиков, мойщиков деталей, слесарей и других рабочих, занятых выполнением операций технологического процесса изготовления деталей основного производства.

В цехах серийных производств при точном проектировании число станочников определяют по профессиям (токари, шлифовщики, зуборезчики и т.д.) по станкоёмкости годового выпуска:

$$R_{\text{ст}} = \frac{T_{\Sigma}}{\Phi_{\text{д.р}} K_{\text{м}}}, \quad (3.24)$$

где T_{Σ} – суммарная годовая станкоёмкость изготовления деталей на станках данного типа, ст.-ч; $\Phi_{д.р}$ – действительный годовой фонд времени работы рабочего; $\Phi = 1800$ ч; $K_{м}$ – коэффициент многостаночности, показывающий число станков, обслуживаемых одним рабочим.

Годовую трудоёмкость по отдельным специальностям подсчитывают по данным ведомостей расчёта оборудования (см. п. 3.6).

При этом при поточно-массовом производстве трудоёмкость станочных работ по профессиям составляет

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{шт.ij} , \quad (3.25)$$

при серийном производстве

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{шт.-к ij} , \quad (3.26)$$

где $t_{шт.ij}$ и $t_{шт.-к ij}$ – нормы штучного и штучно-калькуляционного времени выполнения i -й операции обработки j -й детали на станке, соответствующего профессии рабочего-станочника, ст.-ч; m – число операций по обработке каждой из n -деталей, закреплённых за станком.

При укрупнённом проектировании число станочников можно определить по числу станков участка или цеха:

$$R_{ст} = \frac{C_{пр} F_{д} K_{з.ср}}{\Phi_{д.р} K_{м.ср}} , \quad (3.27)$$

где $C_{пр}$ – принятое число станков участка или цеха; $F_{д}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования; $K_{з.ср}$ – средний по цеху коэффициент загрузки оборудования; $K_{м.ср}$ – средний коэффициент многостаночности.

Коэффициенты многостаночного обслуживания принимают в зависимости от оборудования и условий его планировки, анализа действующих цехов: для мелкосерийного и единичного производства $K_{м.ср} = 1,1 \dots 1,35$; для среднесерийного $K_{м.ср} = 1,3 \dots 1,5$; для крупносерийного и массового $K_{м.ср} = 1,9 \dots 2,2$.

Более точное значение $K_{м}$ по группам обслуживания оборудования приведены в табл. 3.14 [5].

3.14. Нормы многостаночного обслуживания станочников по группам оборудования

Типы станков	Норма (число станков) обслуживания одним станочником
Неавтоматизированные станки широкого назначения: токарные, токарно-револьверные, сверлильные, фрезерные мелкие и средние, протяжные, поперечно-строгальные, долбежные, внутришлифовальные, круглошлифовальные, бесцентрово-доводочные	1
Фрезерные крупные и продольно-строгальные крупные	1–2
Станки общего назначения с программным управлением	2–3
Многошпиндельные токарные полуавтоматы и прутковые токарные автоматы	2–3
Одношпиндельные токарные многолезцовые и копировальные полуавтоматы, токарно-револьверные полуавтоматы	2–3
Одношпиндельные токарные прутковые автоматы	4–5
Трубоотрезные автоматы, токарно-доделочные автоматы (на базе токарных станков)	4
Зубострогальные	3–4
Зубофрезерные, зубодолбежные	4–5
Плоскошлифовальные двухшпиндельные с непрерывным циклом работы и ручной загрузкой. Круглошлифовальные бесцентровые с ручной загрузкой	2 рабочих на 1 станок
Круглошлифовальные бесцентровые с магазинной загрузкой (с вибробункером)	2
Круглошлифовальные полуавтоматы для роликовых дорожек, колец, внутришлифовальные полуавтоматы, желобошлифовальные полуавтоматы, ленточно-хонинговальные автоматы	1–2

В автоматизированном производстве к числу производственных рабочих относят операторов и наладчиков автоматических линий массового производства и операторов-наладчиков ГПМ. Для установки заготовок и снятия обработанных деталей для обслуживания одной автоматической линии механической обработки принимают одного или двух операторов в зависимости от условий её обслуживания.

Потребное число операторов и наладчиков для автоматических линий по данным норм технологического проектирования приведено в табл. 3.15 – 3.17.

3.15. Нормы обслуживания автоматических линий оператором

Характер автоматических линий	Число операторов по обслуживанию одной линии в смену
Линия с автоматизацией переналадки деталей с линии на следующую операцию	1
Линия без автоматизации переналадки деталей с линии на следующую операцию	2

3.16. Нормы обслуживания автоматических линий наладчиком

Категория сложности наладки	Число рабочих позиций, обслуживаемых одним наладчиком
Особо сложная (многошпиндельные токарные автоматы, двусторонние торцешлифовальные и бесцентровошлифовальные автоматы)	2
Сложная для обработки деталей 6–7-го квалитетов точности, средней сложности для обработки деталей 6–7-го квалитетов точности	4
Средней сложности для обработки деталей 7–8-го квалитетов точности	6
Простая для обработки деталей 7–8-го квалитетов точности	8

К общему числу производственных рабочих автоматических линий цеха добавляют 5% запасных рабочих.

При детальном расчёте число производственных рабочих-станочников уточняют с учётом размещения оборудования и анализа условий многостаночного обслуживания. Такой анализ проводят на основе разработанных планировок. При этом рассматривают возможности обслуживания одним рабочим нескольких станков одной смежной линии. Особенно тщательно анализ проводят при проектировании участков и линий крупносерийного и массового производства.

Основное условие для использования многостаночного обслуживания заключается в том, чтобы за время автоматической работы одного станка рабочий смог выполнить работу по обслуживанию других станков, т.е.

$$t_m \geq \sum_{i=1}^{m-1} t_{pi}, \quad (3.28)$$

где t_m – время работы станка без участия рабочего, когда рабочий свободен от обслуживания станка и активного наблюдения за его работой:

$\sum_{i=1}^{m-1} t_{pi}$ – суммарное время обслуживания и активного наблюдения за работой других станков с учётом времени на переход рабочего от одного станка к другому.

Для выполнения условия (3.28) составляются циклограммы обслуживания станков поточной линии рабочим и станочником [2], определяющие занятость и последовательность перехода станочника к обслуживаемым станкам поточной линии.

Средний коэффициент занятости рабочих на всей линии принимается не более $K_3 = t_{pi} / T_{ц} = 0,7 \dots 0,8$.

Число разметчиков и слесарей для межоперационной сборки определяют по трудоёмкости, принимаемой для укрупнённых расчётов в процентах от трудоёмкости станочных работ: для массового и крупносерийного производства 1...3%; для серийного и мелкосерийного производства 5%. Для отраслей единичного и мелкосерийного производства это соотношение принимают в пределах 10%.

В соответствии с операционными картами, определяющими характер выполняемых операций, устанавливают разряд рабочего при выполнении операций и средний разряд производственных рабочих цеха или участка. В заключение расчёта составляют сводную ведомость производственных рабочих по сменам (табл. 3.17). В настоящее время при двухсменном режиме работы численность производствен-

ных рабочих в первой смене (% общего числа производственных рабочих) рекомендуется принимать: в единичном и мелкосерийном производстве 60, в среднесерийном 55, в крупносерийном и массовом производстве 50.

3.17. Ведомость расчёта производственных рабочих механического цеха

Профессия	Число единиц оборудования	Годовая трудоёмкость в станко-часах	Коэффициент многостаночного обслуживания	Число рабочих		В том числе по сменам		
				расчётное	принятое	I	II	III
Токари								
Револьверщики								
Автоматчики								
Карусельщики								
Расточники								
Фрезеровщики								
Строгальщики								
Долбёжники								
Сверловщики								
Зуборезчики								
Протяжчики								
Шлифовщики								
Хонингисты								
Пилорезчики								
Центровщики								
Итого производственных рабочих								

Примечание. Указанный перечень профессий является примерным и устанавливается в каждом отдельном случае применительно к разработанному проекту.

3.8.2. Расчёт вспомогательных рабочих

К вспомогательным относятся рабочие, выполняющие техническое обслуживание производственных участков и линий: рабочие ремонтных и инструментальных служб, транспортные и подсобные рабочие, уборщики производственных помещений, рабочие складов и кладовых и др.

Численность вспомогательных рабочих при укрупнённом проектировании определяют общим числом в зависимости от числа производственных рабочих. При детальном проектировании вспомогательных служб число вспомогательных рабочих определяют либо по нормам обслуживания, либо в зависимости от трудоёмкости выполняемого объёма работ.

В таблице 3.18 приведены данные о соотношении (%) числа вспомогательных рабочих цехового подчинения в зависимости от числа производственных рабочих цеха. Указанные соотношения даны с учётом централизации всех вспомогательных служб и не учитывают ремонтных рабочих по текущему ремонту и межремонтному обслуживанию технологического, подъёмно-транспортного и электрооборудования, слесарей-инструментальщиков, заточников, наладчиков контрольно-измерительных приборов, рабочих по приготовлению смазочно-охлаждающих жидкостей, водителей электрокаров и контролёров ОТК.

3.18. Численность вспомогательных рабочих механических и сборочных цехов (в % от числа производственных рабочих)

Цехи и линии	Производство			
	единичное и мелкосерийное	средне-серийное	крупно-серийное	массовое
Механические цехи	20...25 40...45*	20...25	20...25	20...25
Автоматические цехи	–	–	30...35	30...35
Автоматические линии	–	–	–	30...40
Сборочные цехи	20...25 40...45*	20...25	20...25	20...25

* Нормы приведены для цехов тяжёлого машиностроения с массой собираемых изделий более 50 т.

Если рабочие-ремонтники, заточники и слесари-инструментальщики входят в состав цеха, то указанные нормы необходимо увеличить на 4...5%.

При распределении общей численности вспомогательных рабочих по сменам можно принимать, что в первую смену работают в цехах единичного производства и мелкосерийного производства 65%, среднесерийного 60%, крупносерийного и массового 55% вспомогательных рабочих.

3.8.3. Расчёт численности ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала

К категории инженерно-технических работников (ИТР) относятся лица, осуществляющие руководство цехом и его структурными подразделениями (начальник цеха, его заместители, начальники отделений, участков, лабораторий, мастера), а также инженеры-технологи, техники, экономисты, нормировщики, механики, энергетики и т.д.

При укрупнённом проектировании численность ИТР механических цехов определяется нормами [2] в зависимости от числа основных станков цеха, а ИТР сборочных цехов – в зависимости от числа производственных рабочих.

В таблице 3.19 приведены нормы для расчёта численности ИТР механических и сборочных цехов с учётом разработки технологических процессов, их нормирования и разработки управляющих программ на ЭВМ, а также проектировании специальных приспособлений и инструментов работниками отдела главного технолога и отдела труда и заработной платы завода. Большие значения норм соответствуют числу основных производственных станков механического цеха до 50 или числу производственных рабочих сборочного цеха до 75, меньшие значения – числу станков более 400 и числу производственных рабочих более 700.

3.19. Нормы для определения численности ИТР механических и сборочных цехов

Цехи	Число ИТР (% числа основных станков механического цеха или числа производственных рабочих сборочного цеха) при производстве			
	единичном и мелкосерийном	средне-серийном	крупно-серийном	массовом
Механические	24...18	22...16	21...15	20...15
Сборочные	12...9	11...8	10...8	10...7

Промежуточные значения для конкретных условий могут быть получены интерполяцией.

При детальном расчёте численность ИТР уточняют в соответствии с разработанной структурой цеха и схемой его управления. Предполагается, что 70% общей численности ИТР работает в первую смену. К категории служащих относится персонал, выполняющий работы по счёту, отчётности, снабжению, оформлению: бухгалтера, кассиры, копировщики, чертёжники, секретари, учётчики, заведующие складами и кладовых. Использование ЭВМ для бухгалтерского учёта и расчёта заработной платы позволяет централизовать эту работу в масштабе завода.

Число служащих механических и сборочных цехов определяют по нормам в зависимости от числа производственных рабочих. Для механических цехов единичного и мелкосерийного производства в зависимости от числа производственных рабочих число служащих составляет 1,2...2,2%, среднесерийного производства 0,9...1,9%, крупносерийного производства 0,6...1,6%, массового производства 0,1...1,4%. Меньшее значение соответствует численности производственных рабочих цеха более 700 человек, большее – численности производственных рабочих – менее 75. Нормы даны для условий централизации табельного участка и бухгалтерских расчётов по заводу, т.е. эти работники в состав работающих цеха не входят. Для первой смены численность служащих принимают равной 70% общей численности служащих.

К категории младшего обслуживающего персонала относят уборщиков конторских и бытовых помещений. Их численность определяют по норме один человек на 500...600 м² площади указанных помещений.

Более подробно нормы расчёта численности ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала для механических цехов приведены в нормативах справочника [2].

Численность персонала ГПС определяют при детальном проектировании и конструкторской проработке отдельных её подсистем. В качестве примера в табл. 3.20 приведены состав и численность персонала ГПС АЛЛ-3-2 для изготовления корпусных деталей более 70 наименований размером до 250×250×250 мм в условиях мелкосерийного производства, ГПС включает семь многоцелевых станков и один пятикоординатный станок с ЧПУ для глубокого сверления, автоматическую систему загрузки станков, автоматический склад, автоматическую систему инструментального обеспечения и другие системы.

3.20. Состав и численность работающих для ГПС АЛЛ-3-2

Состав работающих	Численность работающих в смену		
	1-ю	2-ю	3-ю
Операторы ГПМ	4	1	1
Сменные мастера	3	–	–
Наладчики оборудования и систем ЧПУ	5	2	1
Операторы по загрузке, разгрузке приспособлений-спутников и подготовке, оснастке	6	–	–
Технологи-программисты для автоматизированной подготовки управляющих программ	6	–	–

При проектировании участков из станков с ЧПУ для предварительного расчёта числа работающих можно пользоваться следующими нормами численности работающих на один станок:

Операторы	0,08
Слесари-ремонтники	0,07
Электрики	0,045
Электронщики	0,1
Программисты	0,25
Служащие	0,01
Итого	1,275

Расчётное число основных рабочих-станочников по формулам (3.24) – (3.27), вспомогательных рабочих и других категорий, работающих в цехе может получиться дробным числом. В этих случаях эти числа округляют до целого числа и заносят в соответствующие графы таблиц. При этом при определении рабочих-станочников их средний коэффициент загрузки по цеху (участку) $K_3 = P_p/P_{пр}$ должен быть не менее 0,7...0,8.

После подсчёта всех категорий работающих сводные данные заносят в таблицу по форме табл. 3.21 которая согласно эталону [2] входит в состав пояснительной записки к проекту.

3.21. Сводная ведомость состава работающих

Группа работающих	Число		Обоснование расчёта
	всего	в том числе в максимальную смену	
Производственные рабочие:			
а) станочники			
б) слесари, разметчики и прочее			
Итого производственных рабочих			
Вспомогательные рабочие			По нормативам ____ что составляет ____ от производственных рабочих
Итого рабочих			
Инженерно-технические работники			
Служащие			
Младший обслуживающий персонал			_____ % от рабочих
			_____ % от рабочих
			_____ % от рабочих
			_____ % от рабочих
Всего работающих			

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ЦЕХА МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА. КУРСОВАЯ РАБОТА

4.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Цель курсовой работы по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства» заключается в закреплении теоретических знаний, полученных при изучении курса, и приобретении практических навыков в технологических расчётах и проектировании механосборочных цехов с представлением его компоновочно-планировочного решения.

Задачей курсовой работы является: спроектировать механосборочный цех, обеспечивающий выпуск изделий заданной номенклатуры, требуемого качества в установленном объёме с соблюдением норм техники безопасности и промышленной санитарии.

4.2. СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Состав курсовой работы состоит из расчётно-пояснительной записки, выполненной на 40 – 50 страницах машинописного текста, включающей маршрутную карту изготовления детали-представителя заданной номенклатуры деталей, выполненную на формате А1, и планировку цеха с разрезом здания по основному участку, выполненную в масштабе 1:50 или 1:100 на листе формата А1.

Содержание разделов расчётно-пояснительной записки курсовой работы:

Введение

1. Анализ номенклатуры, расчёт годовой станкоёмкости производственной программы, формирование производственных участков цеха.
2. Выбор типа и организационных форм производства на участках.
3. Проектирование участков цеха по точной программе.
4. Проектирование участков цеха по укрупнённой методике.
5. Проектирование сборочного участка цеха по технико-экономическим показателям проектов.
6. Определение состава и расчёт вспомогательных помещений цеха.
7. Расчёт служебно-бытовых помещений цеха и определение средств охраны труда работающих.
8. Компоновка и планировка участков цеха.
9. Расчёт технико-экономических показателей проекта.

Заключение.

Список используемых источников.

Варианты заданий на курсовую работу представлены в табл. П1. Вариант задания выдаётся преподавателем, руководствуясь в основном порядковым номером студента в списке учебной группы. Каждый вариант задания содержит сведения о закрепляемой за цехом номенклатуре деталей, полный перечень которых приведён в учебном пособии [15] или принят из ранее выполненных студентом заданий по курсовому проектированию (для участков, проектируемых по точной программе) в табл. П2 (для участков, проектируемых по укрупнённой методике).

Пример расшифровки задания на проектирование по варианту 1 (табл. П1). Шифр задания представляет собой сочетание следующих букв и цифр: П1-1.1-2.1-3.1-4.1 и означает разработку детали П1 из табл. 1 учебного пособия [15] по точной программе и четырёх остальных участков для деталей 1.1, 2.1, 3.1, 4.1 из табл. П2 по укрупнённой методике.

4.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Во введении к курсовой работе следует указать основные направления в повышении эффективности и обеспечении конкурентоспособности современного машиностроительного производства как за счёт создания новых производств, так и за счёт реконструкции и технического перевооружения действующего предприятия с выводами, как нашло решение этих задач в предлагаемом проекте механосборочного цеха.

4.3.1. Анализ номенклатуры, расчёт станкоёмкости производственной программы, формирование производственных участков цеха

Номенклатура деталей, подлежащих изготовлению в цехе по каждому из вариантов проекта, предоставлена в табл. 1 – 32 пособия [15] и в табл. П2 (по четыре для каждого варианта).

В таблицах учебного пособия [15] для каждой из деталей, для которых предусмотрена детальная разработка участка с планировкой оборудования, предоставлены технологические маршруты их обработки с выбором оборудования и оснастки. Приняв представленный маршрут обработки детали по заданному варианту за основу, необходимо определить станкоёмкость каждой из операций её механической обработки. Станкоёмкость $T_{ст}$ (ст.-мин) следует принять как норму штучно-го $T_{шт}$ (для массового производства) и как норму штучно-калькуля-

ционного $T_{шт.-к}$ времени (для серийного производства). Расчёт нормы времени $T_{шт}$ и $T_{шт.-к}$ осуществить по приближённым формулам затрат времени в зависимости от вида и размеров обрабатываемых поверхностей, приведённых в табл. ПЗ и П4.

Результаты данных расчётов следует представить в виде маршрутной карты изготовления детали с нормами времени станкоёмкости операций механической обработки на формате А1, оформленных по форме таблиц учебного пособия [15]. Здесь же надо уточнить (рассчитать) массу детали и массу заготовки для неё, приняв во внимание, что коэффициент использования материала заготовки в современном производстве не должен быть меньше $K_m = 0,75$.

Станкоёмкость (трудоемкость) производственной программы в станко-часах работы оборудования $T_{ст.-ч}$ для однопредметных участков рассчитывается по каждому типу оборудования (см. п. 3.5 пособия)

как $T_{ст.-ч} = \sum_i^n T_{шт i} N / 60$ – для поточно-серийного и массового произ-

водства и как $T_{ст.-ч} = \sum_i^n T_{шт.-к i} N / 60$ – для серийного производства,

где $T_{шт i}$ и $T_{шт.-к i}$ – штучное и штучно-калькуляционное время i -й операции, выполняемой на станке данного типоразмера, станко-мин; N – годовая программа выпуска деталей, шт.; n – число деталей-операций, выполняемых на рассматриваемом оборудовании.

Для участков, рассчитываемых по укрупненной методике (табл. П2), данные по станкоёмкости обработки каждой из деталей и годовые объёмы их выпуска являются уже известными величинами. Расчёт этих участков производится по заданным станкоёмкости и годовой программы их выпуска как $T_{ст.-ч \Sigma} = T_{ст.-ч} N / 60$, где $T_{ст.-ч}$ – станкоёмкость изготовления детали, станко-мин; N – годовой объём выпуска детали, шт.

Трудоемкость операций механической обработки деталей выражается в человеко-часах затраченного труда рабочим на выполнение операции с учётом возможности одновременного обслуживания нескольких единиц оборудования и связана со станкоёмкостью следующим выражением (см. п. 3.5 пособия) $T_{чел.-ч} = T_{ст.-ч} / K_m$, где K_m – коэффициент многостаночного обслуживания, значения которого зависят от степени механизации и автоматизации выполнения операций на металлообрабатывающем оборудовании (см. табл. 3.15 пособия).

Трудоёмкость операций является нормативно-расчётной базой при определении количества и состава основных рабочих производственного участка.

Зная суммарную станкоёмкость производственной программы $T_{ст.-ч\Sigma}$, можно рассчитать потребное количество оборудования на выполнение производственной программы по участку и цеху в целом

$$C_p = \frac{T_{ст.-ч\Sigma}}{F_d K_{и}},$$

где F_d – действительный годовой фонд работы оборудования, принимаемый при 2-сменном режиме работы по табл. 3.5 пособия (в среднем 3890 ч); $K_{и}$ – коэффициент использования оборудования, составляющий $K_{и} = 0,8 \dots 0,85$ в серийном производстве и $K_{и} = 0,7 \dots 0,85$ в поточно-серийном и массовом производстве (см. табл. 3.9 пособия).

Принимая по рекомендациям рациональной организации труда и пожарной безопасности количество размещаемого оборудования на одном участке $C_y = 25 \dots 35$ единиц (до 50 – для станков малых размеров), можно определить количество производственных участков в цехе как $n_y = C_{пр} / C_y$, где $C_{пр}$ – принятое количество станков в цехе; C_y – среднее число станков на участке.

В курсовой работе принято формировать производственные участки по предметному принципу, т.е. структура цеха является уже задачей определённой. Цех состоит из пятипредметных участков механической обработки, один из которых подлежит детальной разработке с планировкой оборудования, остальные компоновочным решением производственных площадей на планировке цеха, и одного сборочного участка, также представляемого компоновочным решением занимаемой площади на планировке цеха.

Рекомендуемое количество станков на участке $C_y = 25 \dots 30$ (до 50) можно достичь по согласованию с преподавателем путём коррекции заданного объёма производственной программы в сторону её уменьшения или увеличения.

В заключении раздела следует представить откорректированную поддетальную производственную программу цеха в виде табл. 3.3 пособия, являющейся эталонным документом проекта, и первый лист графической части в виде карты технологического маршрута изготовления детали, закреплённой за участком цеха, рассчитываемого по точной программе (см. табл. учебного пособия [15]).

4.3.2. Выбор типа производства и формы организации его на участках

Тип производства для участков, проектируемых по точной программе, при известных значениях норм времени выполняемых операций определяется расчётным путём по коэффициенту закрепления операций $K_{з.о}$, за одним рабочим местом на участке, линии, в цехе (см. п. 3.1 пособия).

В нашем случае для однопредметных участков коэффициент закрепления можно определить как $K_{з.о} = T_{шт.ср} / \tau$, где

$$T_{шт.ср} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{шти} - \text{среднештучное время выполнения одной операции,}$$

мин; n – число операций обработки детали; $\tau = 60F_d / N$ – такт выпуска деталей на участке, мин.

В зависимости от полученного значения $K_{з.о}$ принимается решение о типе производства: единичное, серийное, массовое (см. п. 3.1 пособия).

В мелкосерийном и единичном производстве ($K_{з.о} = 21 \dots 40$ и более) формирование участков производится по технологическому принципу с расстановкой оборудования на них по сходству служебного назначения: участки токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков. Заготовки, проходя в определённой последовательности обработку на этих участках, приобретают должное качество обработки детали.

С увеличением серийности производства ($K_{з.о} = 10 \dots 20$) целесообразным становится использование общности технологического маршрута обработки различных групп деталей, формируя участки по предметному принципу: участки корпусных деталей, валов, зубчатых колёс и т.д., с расстановкой оборудования по типоразмерам в последовательности выполнения технологического маршрута обработки основного грузопотока заготовок.

Поскольку за предметным участком закрепляются группы деталей, обработку их производят периодически запускаемыми партиями. Величину партии, количество запусков в год и их повторяемость рассчитывают по методике, изложенной в п. 3.1 пособия.

Для крупносерийного ($K_{з.о} = 1 \dots 10$) и массового ($K_{з.о} \leq 1$) производства характерным является поточная форма организации производства: непрерывным ($t_{шти} = \tau_b$) или прерывным ($t_{шти} \neq \tau_b$) потоком. В зависимости от количества наименований деталей, закреплённых за

линией, поточные линии могут быть однопредметными (поточно-массовые непрерывные или прямоточные) и многопредметными (переменно-поточные, групповые). Различие между переменнo-поточными и групповыми поточными линиями состоит в том, что первые при переходе на изготовление другой детали переналаживают, и такт выпуска для разных деталей различный, на групповых линиях одновременно или последовательно изготавливают закреплённую группу деталей без переналадки оборудования. Причём такт выпуска может оставаться для разных деталей одинаковым или изменяться (см. формулы (3.19), (3.20)).

Поточные линии могут быть механизированными, автоматизированными и автоматическими. В автоматизированных линиях наряду с автоматическим действующим оборудованием в состав линии включаются как автоматические позиции, так и рабочие места, обслуживаемые рабочими.

Тип линии можно выбрать, используя показатель коэффициента средней относительной трудоёмкости операции (коэффициент массовости) K_m , показывающий число станков, необходимых для выполнения данной операции (см. п. 3.4 пособия)

$$K_m = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт\ i}}{n\tau} = \frac{T_{шт.ср}}{\tau}.$$

Обобщение практических материалов показывает, что при $K_m \geq 0,75$ целесообразна организация производства в виде однопредметной непрерывно-поточной линии; при $K_m = 0,7 \dots 0,8$ – однопредметной непрерывно-поточной (прямоточной) линии; при $K_m = 0,2 \dots 0,7$ – многономенклатурной переменнo-поточной (непрерывной или прямоточной) линии серийного производства; $K_m = 0,2$ – групповой поточной линии.

Современные тенденции в развитии автоматических систем обусловили создание новых форм организации участков и цехов на базе гибких производственных систем (ГПС) с образованием на их основе гибких автоматизированных участков (ГАУ), гибких автоматизированных линий (ГАЛ), гибких автоматизированных цехов (ГАЦ). Автоматизация операций загрузки-разгрузки в рабочей зоне станка и межоперационное транспортирование на базе робототехники в сочетании с высокоавтоматизированным оборудованием механической обработки с ЧПУ обусловили создание роботизированных технологических ком-

плексов (РТК) и на их базе роботизированных технологических линий (РТЛ) и роботизированных технологических участков (РТУ).

Основные положения по расчёту и конструированию ГПС участков механической обработки корпусных деталей и деталей типа тел вращения изложены в отдельном учебном пособии [11].

4.3.3. Проектирование участка цеха по точной программе

Проектирование участка цеха по точной программе предусматривает выполнение следующих технологических расчётов:

- определение общей станкоёмкости и трудоёмкости по типам оборудования для заданной программы выпуска;
- определение количества основного оборудования и коэффициента их загрузки;
- расчёт численности работающих на участке;
- разработка схем плана расположения оборудования и расчёт производственной площади участка.

4.3.3.1. Расчёт станкоёмкости и трудоёмкости по типам оборудования для заданной программы выпуска

Годовая станкоёмкость объёма механической обработки, выполняемой на станке рассматриваемого типоразмера, в серийном производстве составит (см. п. 3.5 пособия)

$$T_{\text{ст.-ч } i} = \sum_{i=1}^n T_{\text{шт.-к } i} N_i,$$

где $T_{\text{шт.-к } i}$ – штучно-калькуляционное время выполняемой операции i -й детали, мин; N_i – годовая программа выпуска i -х деталей; n – число групп деталей, подлежащих обработке.

В крупносерийном и массовом производстве:

$$T_{\text{ст.-ч } i} = \sum_{i=1}^n T_{\text{шт } i} N_i,$$

где $T_{\text{шт } i}$ – штучное время выполняемой операции, мин.

Для поточно-массовых однопредметных непереключаемых (автоматических) линий:

$$T_{\text{ст.-ч } i} = N \sum_{i=1}^m t_{\text{оп } i},$$

где $t_{оп i}$ – оперативное время операции, мин; m – число позиций (операций) автоматической линии.

Суммарная станкоёмкость механической обработки производственной программы $T_{ст\Sigma}$ составит:

$$T_{ст\Sigma} = \sum_{i=1}^k T_{ст.-ч i},$$

где k – число детали-операций производственной программы.

Кроме операций механической обработки в изготовление деталей входят операции разметки, слесарной обработки, мойки и другие дополнительные операции, трудоёмкость которых определяется в процентном отношении от операций станочных работ и составляет для единичного и мелкосерийного производства 8...15%, среднесерийного 5...10%, крупносерийного и массового 3...6%.

Таким образом, суммарная станкоёмкость производственной программы на участке, в цехе $T_{пр}$ составляет дополнительно к станкоёмкости механической обработки

$$T_{пр} = (1,05 \dots 1,15) T_{ст\Sigma}.$$

Трудоёмкость производственной программы в человеко-часах работы станочника $T_{чел.-ч}$ связана со станкоёмкостью следующим выражением (см. п. 3.5 пособия):

$$T_{чел.-ч} = T_{ст.-ч} / K_M,$$

где K_M – коэффициент многостаночного обслуживания, зависящий от степени автоматизации работы оборудования (см. табл. 3.14 пособия).

Среднее значение коэффициента многостаночности K_M составляет для участков единичного и мелкосерийного производства $K_M = 1,1 \dots 1,35$; для среднесерийного $K_M = 1,3 \dots 1,5$; для крупносерийного и массового $K_M = 1,9 \dots 2,2$.

При модернизации действующего производства, когда объектом проектирования является реконструкция, техническое перевооружение или наращивание объёмов действующего производства, ожидаемая (проектная) станкоёмкость производственной программы может быть определена по заводским (базовым) данным с учётом переработки норм и прогрессивности новой технологии (см. п. 3.5 пособия):

$$T_{пр} = T_{баз} K_y K_N,$$

где $T_{\text{баз}}$ – годовая станкоёмкость изготовления деталей по заводским данным, ст.-ч; K_y – коэффициент ужесточения норм выработки, представляющий собой отношение станкоёмкости операций после и до внедрения передовой технологии, т.е. $K_y = T_{\text{пр}i} / T_{\text{баз}i}$; K_N – коэффициент увеличения производственной программы $K_N = N_{\text{пр}} / N_{\text{баз}}$.

Часто заводами трудоёмкость производственной программы даётся в нормо-часах выполняемых работ $T_{\text{н.-ч}}$, которая будет связана с проектной станкоёмкостью $T_{\text{пр}}$ следующим выражением (см. п. 3.5 пособия):

$$T_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{н.-ч}} K_M}{K_{\Pi}}$$

где K_M – коэффициент многостаночности; K_{Π} – коэффициент переработки норм, составляющий $K_{\Pi} = 1, 1 \dots 1, 3$.

При укрупнённом проектировании годовая станкоёмкость участка цеха может быть найдена по показателям удельной станкоёмкости механической обработки единицы массы изделия $T'_{\text{уд}}$ или комплекта деталей изделия $T''_{\text{уд}}$.

В первом случае $T_{\text{пр}} = T'_{\text{уд}} MN$, где $T'_{\text{уд}}$ – удельные затраты времени на изготовление 1 т изделия; M – масса изделия в тоннах; N – годовой выпуск изделий.

Во втором случае $T_{\text{пр}} = T''_{\text{уд}} N$, где $T''_{\text{уд}}$ – время обработки одного комплекта деталей изделия.

Данные по удельным показателям $T'_{\text{уд}}$ и $T''_{\text{уд}}$ установлены показателями отраслевых институтов на основе анализа опыта работы передовых предприятий. Для примера в табл. 3.7 пособия приведены значения удельных показателей $T'_{\text{уд}}$ и $T''_{\text{уд}}$ для отдельных отраслей машиностроения, которые можно использовать при выполнении курсовой работы.

4.3.3.2. Расчёт основного оборудования и коэффициентов его загрузки

Расчёт числа станков при детальном проектировании участков и цехов в непоточном серийном производстве осуществляется по каждому типоразмеру оборудования, исходя из станкоёмкости годового объёма обработки закреплённых за ним деталей (см. п. 3.6 пособия):

$$C_{pi} = \frac{\sum_i^n T_{шт.-к i} N_i}{60F_d},$$

где F_d – действительный годовой фонд работы оборудования, составляющий в своём большинстве при 2-сменном режиме работы $F_d = 4060$ ч для универсальных станков, $F_d = 3975$ ч для оборудования поточных линий (см. табл. 3.5 пособия).

Полученное расчётное значение числа станков по каждому виду C_{pi} округляется до целого большего и получают таким образом принятое число станков $C_{при}$. Затем определяют коэффициент загрузки принятого числа оборудования $K_3 = C_{pi} / C_{при}$ и сравнивают его с допустимыми значениями, которые должны быть не больше и не меньше значений, приведённых в табл. 3.8 пособия.

После определения количества станков по каждому из типоразмеров (операций) осуществляют расчёт установленного числа оборудо-

вания на участке, как $C_{пр\Sigma} = \sum_{i=1}^n C_{при}$, и определяют средний коэффициент их загрузки

$$K_{з.ср} = \sum C_{pi} / \sum C_{при}.$$

Среднее значение коэффициента загрузки станков на участке и в цехах единичного и мелкосерийного производства рекомендуется принимать не менее $K_3 = 0,85$; среднесерийного – $K_3 = 0,8$; крупносерийного и массового – $K_3 = 0,7$ (см. табл. 3.9 пособия).

Число станков для поточно-серийного и массового производства определяют для каждой позиции поточной линии, как

$$C_{pi} = \frac{T_{шт i}}{\tau_B},$$

где $T_{шт i}$ – штучное время выполняемой операции, мин; τ_B – такт выпуска деталей с линии, мин.

Такт выпуска для многопредметной поточной линии учитывает потери времени на их переналадку и осуществляется по расчётным формулам (3.19), (3.20).

Такт выпуска для однопредметной линии

$$\tau_B = \frac{60F_d}{N}.$$

Для многопредметной с одинаковой станкоёмкостью

$$\tau_B = \frac{60F_d}{(N_1 + N_2 + \dots + N_n)} \eta.$$

Для многопредметной с разной станкоёмкостью

$$\tau_B = \frac{60F_d}{(N_1 + \kappa_1 N_2 + \kappa_2 N_3 + \dots)} \eta,$$

где η – коэффициент, учитывающий затраты времени на переналадку оборудования, обычно $\eta = 0,85 \dots 0,95$; коэффициент $\kappa_1 = \frac{t_{шт2}}{t_{шт1}}$,

$\kappa_2 = \frac{t_{шт3}}{t_{шт1}}$ учитывают разность в станкоёмкости обрабатываемых деталей по отношению к первой; N_1, N_2, \dots, N_n – годовые программы выпуска деталей.

Для однопредметных автоматических линий расчётное число станков на каждой из позиций определяется по норме оперативного времени, т.е.

$$C_{pi} = \frac{t_{оп i}}{\tau_B},$$

где $t_{оп i} = t_o + t_B + t_{тр}$ – оперативное время работы позиции автоматической линии; $t_{тр}$ – время транспортной операции, обычно составляет $0,1 \dots 0,3$ мин.

Далее для каждой операции рассчитывают коэффициенты загрузки, значения которых не должны превышать приведённых в табл. 3.9 значений.

Расчёт числа станков поточной линии и коэффициентов их загрузки рекомендуется представлять в виде таблицы [2].

При укрупнённом проектировании участков цеха для деталей, приведённых в табл. П2, потребное количество оборудования опреде-

ляется целиком по участкам, подразумевая предметный принцип их организации исходя из годовой станкоёмкости их производственной программы, как

$$C_{\text{п}} = \frac{T_{\text{п}}}{F_{\text{д}} K_{\text{з.ср}}},$$

где $C_{\text{п}}$ – проектное число станков; $T_{\text{п}} = T_{\text{ст.-ч}} N$ – годовая станкоёмкость производственной программы, ст.-ч; $T_{\text{ст.-ч}}$ – станкоёмкость изготовления детали по заданному варианту, ст.-ч (табл. П2); N – годовой объём выпуска деталей (табл. П2); $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд работы оборудования, ч; $K_{\text{з.ср}}$ – средний коэффициент загрузки оборудования, рекомендуемые значения которого приведены в табл. 3.9.

Имея общее количество станков основной системы, их разбивают на группы и типы, пользуясь процентным соотношением, примеры которого для заводов различных отраслей приведены в справочной литературе [3]. В качестве примера в табл. 3.10 пособия дана разбивка оборудования по типам для автомобилестроения, которой можно пользоваться при выполнении курсовой работы.

Помимо основных станков в состав технологического оборудования цеха следует включить дополнительное оборудование в виде установок для удаления заусенцев, оборудование для нагрева СВЧ, прессы для запрессовки деталей на оправки, контрольные стенды и др. Их количество составляет 5...30% от принятого количества основного технологического оборудования. Таким образом, общее число основного оборудования в цехе составляет $C_{\Sigma} = (1,05 \dots 1,3) C_{\text{пр}}$.

По итогам расчёта количества оборудования составляют заявочную ведомость в соответствии с формой, установленной эталоном проекта [3]. В этой ведомости указывается модель, мощность, балансовая стоимость, габаритные размеры, масса и потребное количество по каждому типоразмеру оборудования. На специальные станки, автоматические линии составляют технические задания для их проектирования и изготовления.

4.3.3.3. Расчёт числа работающих на участке

При выполнении расчётов числа работающих в цехе в курсовой работе предусмотрены две методики их расчёта: по трудоёмкости производственной программы (для участков, проектируемых по точной программе) и по числу принятого оборудования (для участков, проектируемых по укрупнённой методике).

Число основных (производственных) рабочих по профессиям по первой методике определения по формуле (см. п. 3.8.1 пособия)

$$R_{\text{ст}} = \frac{\tau_{\Sigma}}{60\Phi_{\text{д.р}}K_{\text{м}}},$$

где τ_{Σ} – суммарная годовая станкоёмкость обработки деталей на данном типоразмере станка, соответствующая рассматриваемой профессии рабочего (токаря, фрезеровщика и т.д.), станко-мин; $\Phi_{\text{д.р}}$ – действительный годовой фонд времени рабочего ($\Phi_{\text{д.р}} = 1800$ ч); $K_{\text{м}}$ – коэффициент многостаночного обслуживания.

Методика определения годовой станкоёмкости для серийного и массового производства по типам станков была приведена выше.

Нормы многостаночного обслуживания $K_{\text{м}}$ по типам оборудования приведены в табл. 3.14 пособия и составляют $K_{\text{м}} = 1$ – для универсального оборудования с ручным управлением и $K_{\text{м}} = 2 \dots 4$ – для высокоавтоматизированных станков.

По второй методике число основных рабочих определяется по числу принятых станков $C_{\text{пр}}$ так же с учётом их одновременного обслуживания (см. п. 3.8.1)

$$R_{\text{ст}} = \frac{C_{\text{пр}}F_{\text{д}}K_{\text{з.ср}}}{\Phi_{\text{д.р}}K_{\text{м.ср}}},$$

где $K_{\text{з.ср}}$ – средний коэффициент загрузки оборудования, принимаемый $K_{\text{з.ср}} = 0,8 \dots 0,9$ – для единичного и мелкосерийного производства, $K_{\text{ср}} = 0,75 \dots 0,85$ – для среднесерийного и $K_{\text{з.ср}} = 0,65 \dots 0,85$ – для крупносерийного и массового производства (см. табл. 3.9 пособия); $K_{\text{м.ср}}$ – средний коэффициент многостаночного обслуживания, принимаемый $K_{\text{м.ср}} = 1,1 \dots 1,35$ для многосерийного и единичного производства, $K_{\text{м.ср}} = 1,3 \dots 1,5$ – для среднесерийного и $K_{\text{м.ср}} = 1,9 \dots 2,2$ – для крупносерийного и массового производства.

Расчёт производственных рабочих по профессиям и тарификацию их по разрядам целесообразно представлять в виде табл. 3.17 пособия.

В условиях автоматического производства в число производственных рабочих входят операторы, в задачу которых входят операции загрузки-разгрузки, т.е. два человека на линию в каждую смену, и наладчики, число которых определяется по нормам сложности обслужи-

ваемого оборудования (см. табл. 3.15, 3.16 пособия) и составляем в среднем 4 – 8 единицы на одного наладчика.

Кроме станочников в состав основных производственных рабочих входят рабочие, занимающиеся слесарной обработкой деталей, разметчики, мойщики и другие, количество которых составляет 1...3% от основных профессий в крупносерийном и массовом производстве, до 5% – в серийном и мелкосерийном производстве и до 10% – в единичном производстве.

Численность основных рабочих при двухсменном режиме работы составляет в первую смену 50% в крупносерийном и массовом производстве, 55% – в среднесерийном и до 60% – в мелкосерийном и единичном производстве от общего числа рабочих.

Вспомогательные рабочие, в состав которых входят рабочие ремонтных и инструментальных служб, рабочие складов, подсобные рабочие и др., определяются расчётным путём по соответствующим нормативам [2], но чаще всего в процентном отношении от числа производственных рабочих (см. табл. 3.18 пособия) и составляют от 25 до 35%.

Численность инженерно-технических работников (ИТР), служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП) определяется также расчётным путём или в процентном отношении от суммарного количества основных и вспомогательных рабочих (см. табл. 3.19 пособия). Расчёт числа работающих в цехе по категориям и сменам рекомендуется оформлять в виде сводной ведомости состава работающих (см. табл. 3.21 пособия).

4.3.3.4. Разработка схем плана расположения оборудования на участке

Расположение станков на участках и линиях механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, числом станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами.

Основные рекомендации по разработке схем плана расположения оборудования и рабочих мест на участках механической обработки с различными примерами планировочных решений приведены в литературе [2]. В таблицах 3.12, 3.13 раздела 3.7 пособия приведены схемы размещения станков и нормы их расстояний, предусмотренные нормами технологического проектирования планировок, являющихся достаточными при выполнении соответствующего раздела курсовой работы.

Основные этапы разработки планировочного решения участка следующие:

1. Предварительно определить производственную площадь участка, взяв за основу норматив удельной производственной площади, приходящейся на один станок (табл. 3.11 пособия).

2. Выбрать способ размещения оборудования: линейный, предметный, технологический.

3. Определить размеры пролёта, сетку колонн и место участка в пролёте механического цеха.

4. Определить длину станочного участка и число рядов станочного оборудования.

5. Изготовить темплеты размещаемого оборудования на участке в предполагаемом масштабе (1:100; 1:50).

6. На миллиметровой бумаге или компьютерным способом разместить темплеты технологического и других видов оборудования на выделенной площади с соблюдением всех норм расстояний между станками, станками и колоннами (стенами), стенками и проездами, станками и средствами автоматического транспортирования, предусмотренные нормами технологического проектирования планировок (табл. 3.12, 3.13 пособия).

7. Определить место и размеры проездов и проходов на участке с учётом выбранных транспортных средств и нанести их на план участка.

8. Предусмотреть место и размеры площадок временного межоперационного хранения заготовок, контрольно-разметочных пунктов, площадок складирования заготовок, место мастера участка и других позиций, входящих в состав производственной площади участка.

9. Обеспечить привязку оборудования размерами от колонн производственного здания, от проездов, между собой и др., обеспечивающую построение монтажной схемы размещения оборудования на производственной площади участка.

10. Обозначить размеры участка и уточнить первоначально определённую величину производственной площади.

11. Вычертить планировку участка в выбранном масштабе (1:100; 1:50) на листе А1 с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования.

Планировку оборудования в техническом проекте выполняют в масштабе 1:100, для малых участков 1:50. Длина станочного комплекса участков должна находиться в пределах не более 35...50 м. Место рабочего у станка обозначается кружком (Ø 500 мм в соответствующую

щем масштабе), половина которого затеняется, при этом светлая часть кружка должна быть обращена к станку. Ширина рабочей зоны перед станком (вместе с рабочим) должна составлять 800 мм, расстояние от фронтальной стороны станка до проезда должна быть не менее 1000 мм (см. табл. 3.12, 3.13 пособия).

Критерием оптимального варианта планированного решения участка является минимальное значение грузопотока заготовок между ра-

бочими местами установленного оборудования $J_{j_1 j_2} = \sum_k^p N_k \cdot M_k \rightarrow \min$,

где N_k – годовая программа обработки k -й детали; M_k – её масса; p – число детали-маршрутов между j_1 -м и j_2 -м рабочими местами.

Планировка участка в выбранном масштабе (1:50) вычерчивается на отдельном листе (А1), с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования. К числу прикладывается ведомость спецификаций установленного оборудования на участке.

4.3.4. Проектирование участков цеха по укрупнённой методике

В задачу выполнения данного раздела входит освоение студентами методики расчёта и проектирования участков цеха по укрупнённой методике, используемой на предпроектных стадиях проектирования в частности, на этапе технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта и разработки задания на проектирование (см. п. 2.3 пособия).

В технологические расчёты участков, проектируемых по укрупнённой методике, входят:

- расчёты станкоёмкости (трудоёмкости) годового объёма обработки деталей;
- расчёты общего количества станков на программу и распределение их по группам и типам оборудования;
- расчёты числа основных рабочих и распределение их по профессиям;
- расчёты общего числа работающих, составление сводной ведомости работающих с распределением их по сменам работы;
- расчёты производственной площади участков и их компоновка на плане цеха.

Заданием на проектирование в курсовой работе предусмотрены расчёты четырёх участков по укрупнённой методике для изготовления деталей по варианту из табл. П2. В исходные данные для расчётов

включена полная станкоёмкость механической обработки каждой из деталей $T_{\text{ст.-мин}}$ и варианты годового объёма их выпуска $N_{\text{г}}$.

По имеющимся исходным данным станкоёмкость обработки годового объёма выпуска деталей в ст.-ч по каждому из участков составит $T_{\text{ст.-ч}} = T_{\text{ст.-мин}} N_{\text{г}} / 60$.

Зная объём обработки, можно определить общее количество станков, потребных для изготовления заданной программы выпуска деталей, как

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{ст.-ч}}}{F_{\text{д}} K_{\text{з.сп}}},$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный фонд работы оборудования, ч (см. табл. 3.5 пособия); $K_{\text{з.сп}}$ – средний коэффициент загрузки оборудования (см. табл. 3.9 пособия).

Расчётное значение станков по приведённой формуле округляется в сторону целого большего числа с соблюдением значений коэффициента их загрузки $K_{\text{з}} = C_{\text{пр}} / C_{\text{р}}$, рекомендованных в табл. 3.8 пособия.

Далее «обезличенное» число станков распределяют по группам и типам оборудования в процентном отношении от общего количества, пользуясь рекомендациями выполненных проектов в соответствующей отрасли машиностроения. Такие данные по автомобилестроению для деталей из табл. П2 Приложения приведены в табл. 3.10 пособия.

Расчётное количество станков по участкам следует увеличить на 5...15% от количества основного оборудования на дополнительное оборудование, связанное с выполнением технологических операций запрессовки, нагрева ТВЧ, слесарной обработки и т.д.

Таким образом, общее количество станков на предварительно рассчитываемых участках составит $C_0 - (1,05 \dots 1,15) C_{\text{пр}}$.

Результаты расчёта станков по участкам рекомендуется систематизировать в виде табл. 4.1.

Расчёты количества основных рабочих и распределение их по профессиям при укрупнённых расчётах осуществляется по принятому количеству станков из табл. 4.1

$$R_{\text{ст}} = \frac{C_{\text{пр}} F_{\text{д}} K_{\text{з.сп}}}{\Phi_{\text{д.р}} K_{\text{п.сп}}}.$$

Значения средних коэффициентов загрузки станков $K_{\text{з.сп}}$ и многостаночного обслуживания $K_{\text{п.сп}}$ при расчётах можно принимать из рекомендаций к п. 4.3.3.3 настоящего раздела. Расчётное число основ-

4.1. Распределение станков на участках по укрупнённым расчётам

Наименование групп станков	Количество станков по участкам				Процентное отношение к общему количеству станков
	1	2	3	4	
Токарно-автоматные					38
Агрегатные... и т.д.					4... и т.д.
...					...
Прочие					5...15
Всего					100

ных рабочих следует увеличить на 3...10% в зависимости от типа производства для выполнения работ, не связанных с обслуживанием станочного оборудования (см. п. 3.8.1 пособия).

Таким образом, общее число основных рабочих на участке составит $R_{ст} = (1,03...1,1) R_{ст.пр}$. Результаты расчётов основных рабочих следует систематизировать в виде табл. 4.2.

Количество вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП) определяют в процентном отношении от основных рабочих по нормативам табл. 3.18, 3.19 пособия, а также по рекомендациям к п. 4.3.3.3 настоящего раздела. Результаты расчёта следует представить

4.2. Распределение основных рабочих по профессиям на участках по укрупнённым расчётам

Категории профессий	Количество рабочих по участкам				Распределение по сменам	
	1	2	3	4	1	2
Токарь-автоматчик						
Оператор ... и т.д.						
.						
.						
Прочие (3...10%)						
Итого						
Всего						

в виде общей сводной ведомости состава работающих по участкам (табл. 3.21 пособия). Для этого расчёты вспомогательных рабочих, ИТР, служащих и МОП допускается осуществлять от суммарного числа основных рабочих из табл. 4.2 (строка «Всего»).

Производственную площадь участков в проектных решениях определяют в два этапа. На первом этапе проектирования участка производственную площадь определяют расчётом по величине удельной площади, приходящейся на единицу производственного оборудования, как (см. п. 3.7 пособия).

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{уд.пр}} C_{\text{пр}}.$$

На втором этапе проектирования производственную площадь уточняют путём разработки технологической планировки (плана расположения всего оборудования, рабочих мест слесарей, контролёров, подземно-транспортных средств, проездов, проходов, складочных мест заготовок и др.).

Поскольку в составе участка имеется оборудование разных габаритных размеров, для предварительной оценки требуемой площади пользуются обобщёнными показателями средней удельной площади $S_{\text{уд. пр}}$, составленными по ранее выполненным проектам в соответствующих отраслях машиностроения [5]. Такие данные по автомобилестроению для деталей из табл. П2 приведены в табл. 3.11 (в среднем $S_{\text{уд.пр}} = 16...20 \text{ м}^2/\text{ст}$).

Типовая схема компоновочного решения производственных площадей в цехе приведена на рис. 4.2 пособия. Основные рекомендации при размещении участков на плане цеха сводятся к следующему.

Производственная площадь участков с рассчитанной площадью на компоновочном плане цеха представляется в виде прямоугольников с вытянутой стороной вдоль пролёта. В состав производственной площади входят площади, занятые металлорежущими станками (станочными линиями) с пристаночным оборудованием (инструментальные тумбочки, стеллажи для обработанных деталей и др.); термическое, слесарное, моечное оборудование с учётом пультов управления, электрошкафов, гидрпанелей, систем подачи СОЖ; площади разметочных и контрольных отделений; площади временного хранения межоперационных разделов заготовок и деталей; площади, занятые межоперационными транспортными и грузовыми наземными устройствами; площади проходов и проездов.

4.3. Ведомость производственных площадей участков

п/п	Наименование участков обработки деталей	Количество установленного оборудования	Нормативный показатель	Площадь, м ²	
				расчётная	по планировке
1					
.					
.					
.					
4					
Всего					

Длина прямоугольников производственной площади участка должна быть не более рекомендуемой длины станочного комплекса, т.е. 35...50 м. Каждый участок должен располагаться в начале пролёта. Оптимальной шириной участка являются его размеры, вписывающиеся в ширину пролёта, т.е. 18 или 24 м. Ведущим ориентиром является компоновка участка, рассчитанного по точной программе с детальной планировкой оборудования. Относительно этого участка компонуются остальные площади участков, ориентируясь на его длину, ширину, место расположения в пролёте и т.д., добиваясь компактного варианта компоновки производственных участков на плане цеха. Каждый производственный участок должен быть разделен поперечными проездами.

Окончательно вопрос о компоновке производственных участков решается после определения состава и расчёта площадей вспомогательных подразделений, приводимом в п. 4.3.6 общей компоновки площадей цеха настоящего пособия.

Расчёты производственных площадей участков по укрупнённой методике следует систематизировать в виде табл. 4.3.

4.3.5. Проектирование сборочного участка цеха

Целью выполнения настоящего раздела курсовой работы является приобретение студентами практических навыков в расчётах и проектировании сборочных участков механосборочных цехов по технико-экономическим показателям проектов заводов в соответствующих отраслях машиностроения. Этот метод широко применяется при укрупнённых расчётах сборочных участков и цехов, когда номенклатура объектов производства ещё недостаточна определена, а иногда и не

известна. В последнем случае заданием на проектирование предусматривают выпуск продукции в единицах массы или в стоимостном выражении.

В задачи расчёта сборочного участка входят:

- определение трудоёмкости сборочных работ на участке;
- расчёт числа рабочих мест;
- расчёт числа основных рабочих (слесарей-сборщиков) и количества работающих на участке;
- расчёт производственной площади сборочного участка и его компоновка на плане цеха.

Трудоёмкость сборочных работ по технико-экономическим показателям проектов отрасли может быть определена по одному из двух способов [3]:

1. По показателю трудоёмкости сборочных работ 1 т массы изделия $T_{ст} = T_{уд} \cdot M_{и} \cdot N$, где $T_{уд}$ – удельный показатель сборки 1 т изделия-представителя, чел.-ч; $M_{и}$ – масса собираемого изделия; N – годовая программа выпуска.

2. По среднеотраслевому показателю трудоёмкости сборочных процессов, представляющим отношение времени сборочных работ изделия $T_{сб}$ к времени на изготовление деталей данного соединения $T_{изг}$ по всем видам обработки, начиная с заготовки, т.е. $K_{об} = T_{сб} / T_{изг}$.

Так, в табл. 4.4 приведены данные числовых значений и процентного соотношения трудоёмкостей сборочных работ и механической обработки по отношению к общей трудоёмкости изготовления $T_{изг}$ для одного комплекта деталей автомобилей различного назначения по принятым проектам в отрасли.

Этими данными, взяв за основу рассчитанную трудоёмкость изготовления деталей по спроектированным участкам, можно воспользоваться на этапе технического предложения сборочного участка в цехе.

Для этого по заданному варианту группы автомобилей из табл. П2 следует определить значение коэффициента трудоёмкости сборочных процессов для этого автомобиля, пользуясь данными

табл. 4.4, как $K_{сб} = \frac{T_{сб} K_{н}}{T_{изг}}$, где $T_{сб}$ – трудоёмкость сборочных работ,

чел.-ч; $K_{н}$ – коэффициент выполнения нормы, $K_{н} = 1,1 \dots 1,3$; $T_{изг}$ – трудоёмкость полного изготовления комплекта деталей на автомобиль, нормо-ч.

Далее, используя значения трудоёмкости изготовления деталей на рассчитанных участках цеха $T_{изг}$, можно определить трудоёмкость сборочных работ их соединений $T_{сб\Sigma}$, как $T_{сб\Sigma} = K_{сб} T_{изг\Sigma}$, где $T_{изг\Sigma}$ –

суммарная трудоёмкость годового объёма выпуска деталей в цехе, включая участок, рассчитанный по точной программе, чел.-ч.

4.4. Отношение трудоёмкости 1 т выпуска сборочных цехов $T_{сб}$ к станкоёмкости 1 т выпуска соответствующих механических цехов $T_{мех}$

Наименование изделий отрасли производства	Наименование цехов	$\frac{T_{сб}}{T_{мех}} \cdot 100\%$
Прокатное и адьюстажное оборудование	Мелких, средних и крупных узлов и машин	68
Централизованное производство редукторов и гидроприводов	Мелких, средних и крупных редукторов Гидроприводов	25 80
Централизованное производство смазочной аппаратуры	Смазочной аппаратуры	35
Энергетическая арматура высокого давления	Энергетической арматуры Электроприводов и приводных головок	23 20
Горно-шахтное оборудование	Гидрооборудования Ограждающих конструкций и конвейеров	27 37
Транспортное машиностроение	Путевых механизмов и инструментов	42
Восьмиосные металлические полувагоны	Полускатно-тележечный	33
Вагоны узкой колеи	Тележек. Узлов вагонов	59
Вагоны-самосвалы	Сборочный	47
Тормозная аппаратура	Тяжёлых, станков и прессов	63
Станкостроение	Координатно-расточных и резьбошлифовальных станков	80
	Зубошлифовальных и шлицшлифовальных станков	85
	Деревообрабатывающих станков	47

Пример: рассчитать трудоёмкость сборочных работ комплекта деталей (первых пяти из табл. П2) грузового автомобиля грузоподъёмностью 2,5 т.

Решение: находим коэффициент трудоёмкости сборочных работ для данного автомобиля по данным табл. 4.4 $K_{сб} = 27 \cdot 1,2/96 = 0,34$. Далее находим суммарную станкоёмкость механической обработки одного комплекта деталей из табл. П2 $T_{ст.-ч} = (95 + 7,5 + 92,3 + 45,5 + 8,2) / 60 = 4,14$ ст.-ч и переводим её в трудоёмкость. $T_{чел.-ч}$, используя рекомендованные значения коэффициента многостаночности при изготовлении деталей шасси и двигателей в отрасли $K_m = 1,3 \dots 1,5 = 1,4$, как $T_{чел.-ч} = T_{ст.-ч} / K_m = 4,14/1,4 = 2,96$ чел.-ч. Находим трудоёмкость годового объёма выпуска деталей $T_{изг\Sigma} = T_{чел.-ч} N_{г} = 2,96 \cdot 100\,000 = 296\,000$ чел.-ч. Используя полученные данные $K_{сб}$ и $T_{изг\Sigma}$, находим трудоёмкость сборочных работ на участке $T_{сб\Sigma} = 0,34 \cdot 29\,6000 = 100\,640$ чел.-ч.

Число рабочих мест на сборочном участке при укрупнённых расчётах определяется по суммарной трудоёмкости сборочных работ $T_{сб\Sigma}$ [2]

$$M_{сб} = \frac{T_{сб\Sigma}}{F_{р.м} \Pi},$$

где $F_{р.м}$ – действительный годовой фонд времени рабочего места, ч; Π – плотность выполняемых работ, определяется числом занятых рабочих на одном рабочем месте.

При укрупнённых расчётах обычно пользуются значениями $F_{р.м} = 4140$ ч (табл. 3.5 пособия) и плотностью работ $\Pi = 1$. Расчётное число рабочих мест увеличивают на 5...10% резервных постов, потребность в которых может возникнуть при более детальных расчётах проекта, т.е. $M_{сб.пр} = (1,05 \dots 1,1) M_{сб}$.

Число основных рабочих при сборке (слесарей-верстачников) при укрупнённых расчётах принимают по числу рабочих мест

$$R_{сл} = \frac{M_{сб.пр} F_{р.м} K_{и} \Pi}{\Phi_{р.д}} = M_{сб.пр} m,$$

где m – число рабочих смен. Для машиностроительных производств работа осуществляется в две смены, т.е. $m = 2$.

Число вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП) принимается в процентном соотношении от числа основных рабочих по нормативам, приведённым в табл. 3.18, 3.19. Результаты расчёта числа работающих на сборочном участке рекомендуется привести в виде сводной ведомости работающих (см. табл. 3.21 пособия).

Производственная площадь сборочного участка определяется на удельной производственной площади $S_{уд}$, приходящейся на одно рабочее место по нормативам выполненных проектов в отрасли, т.е. $S_{сб} = S_{уд,сб} M_{сб.пр}$.

Значения удельных площадей сборочных участков и цехов для различных отраслей машиностроения приведены в табл. 4.5. Так, для автомобилестроения при сборке двигателей и коробки передач значения $S_{уд,сб}$ составляют в среднем 18...20 м² на одно рабочее место.

Компоновку площадей сборочных участков на плане цеха осуществляют, как правило, в конце участков механической обработки, перпендикулярно их пролётам, разделяя контрольными пунктами и складом готовых деталей и комплектующих [2].

4.5. Удельная площадь сборочных участков автомобильной промышленности

Цехи, участки и наименование деталей	Норма общей площади, приходящаяся на одно рабочее место, м ²	Применение норм	
		Меньшее значение удельной площади	Большее значение удельной площади
<i>Общая сборка автомобиля</i>			
Цехи с главными сборочными конвейерами автомобилей:			
легковых	80...150	Для микролитражных автомобилей	Для автомобилей среднего литража
грузовых	120...200	Для автомобилей грузоподъёмностью до 1 т	Для автомобилей грузоподъёмностью до 7 т и более

Продолжение табл. 4.5

Цехи, участки и наименование деталей	Норма общей площади, приходящаяся на одно рабочее место, м ²	Применение норм	
		Меньшее значение удельной площади	Большее значение удельной площади
<i>Сборка и испытание двигателей</i>			
Цехи конвейерной сборки двигателей	20...40	Для двигателей мощностью до 57 кВт	Для двигателей мощностью 110 кВт и более
Участки испытания	20...70	То же	То же
Участки исправления дефектов	15...20	»	»
Участки укомплектования и сдачи	16...30	»	»
<i>Сборка и испытание узлов</i>			
Ведущие мосты, гидроподъемники, амортизаторы	30...45	Для автомобилей грузоподъемностью до 1 т	Для автомобилей грузоподъемностью 7 т и более
Коробки передач, раздаточные коробки, редукторы ведущих мостов	15...20	То же	То же
Сцепления, рулевые управления, гидроусилители, узлы тормозной системы	10...15	»	»

По ширине сборочный участок занимает, как правило, расстояние не более размера шага колонн производственного здания. По длине в плане сборочного участка располагают положительное отделение, окрасочное отделение, отделение упаковки и отправки изделия (экспедиция), замыкая ширину пролётов механического отделения цеха.

Пример: определить количество рабочих мест и рассчитать площадь сборочного участка и примерные его размеры по ранее определённой трудоёмкости сборочных работ в предыдущем примере.

Решение: количество рабочих мест при известной трудоёмкости годового объёма сборочных работ $T_{сб\Sigma} = 100\ 640$ чел.-ч из предыдущего примера составит $M_{сб} = 100\ 640 / 4140 \cdot 1 = 24,3 \approx 24$ рабочих места. С учётом резервных мест 5...10% примем $M_{сб.пр} = 26$ рабочих мест. Производственную площадь сборочного участка определим, как $S_{сб} = 19 \cdot 26 = 494 \text{ м}^2 \approx 500 \text{ м}^2$. Задав ширину участка, равной шагу колонн $t = 12$ м, определим длину участка $B = 500/12 = 41$ м. При принятой ширине пролёта, например 18 м, длина сборочного участка займёт $41/18 = 2,3$ пролёта.

Окончательное место и размеры сборочного участка на плане цеха определяется после расчёта площадей и планировки вспомогательных и служебно-бытовых отделений цеха.

4.3.6. Определение состава и расчёт вспомогательных и служебно-бытовых помещений цеха

К вспомогательным площадям механических, сборочных, МСЦ, ИЦ и РМЦ относятся площади станочного и слесарного отделений ремонтной базы, мастерской энергетика, кладовой запасных частей, инструментально-раздаточных кладовых, отделения приготовления и раздачи СОЖ, складов материалов и заготовок, межоперационных складов, промежуточных складов готовых деталей, узлов, покупных изделий (приборов, нормалей и пр.), контрольных отделений, отделений сбора и переработки стружки, помещений под энергетические и санитарно-технические установки и др.

Нормы проектирования вспомогательных площадей цехов приведены в табл. 4.6.

Результаты расчётов вспомогательных площадей цеха по приведённым в табл. 4.6 – 4.10 нормативам рекомендуется систематизировать в виде табл. 4.11.

4.6. Нормы расчёта площадей ремонтной базы цеха [6]

Наименование отделения	Норматив расчёта площадей	Норма площади
Станочное отделение	На 1 станок ремонтной базы, м ²	22...28
Слесарное отделение	На 1 слесаря (по многочисленной смене), м ²	8...10
Отделение по ремонту электрооборудования и электронных систем	В % от станочного и слесарного отделений ремонтной базы	35...40
Склад (кладовая) запасных частей	То же	25...30
Отделение сбора и переработки стружки	В % от производственной площади цеха	3...4
Отделение приготовления СОЖ	То же	0,6...1,2
Склад масла	На 1 обслуживаемый станок, м ²	0,1...0,12
Помещения компрессорных установок	В % от производственной площади цеха	0,8...6
Помещения вентиляционных систем	То же	5...7,5

4.7. Нормы расчёта площадей ИРК

Наименование кладовых	Норма площади на один производственный станок, м ²			
	Единичное и мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	Массовое
Кладовая инструментов	0,7...1,2	0,4...0,6	0,3...0,45	0,25...0,35
Кладовая приспособлений	0,5...0,7	0,3...0,4	0,2...0,25	0,15...0,10
Кладовая УСП	0,35...0,45	0,3...0,45	0,05...0,2	–
Кладовая абразивов (на один шлифовальный станок)	0,5...0,9	0,45...0,6	0,4...0,6	–

4.8. Нормы площади заточного отделения ИРК

Число станков, обслуживаемых заточкой	Число заточных станков в процентах		Нормы площади на один заточной станок, м ²		
	Единичное и мелко-серийное производство	Крупно-серийное и массовое производство	При обработке крупных деталей	При обработке средних деталей	При обработке мелких деталей
До 200	4	3	12	10	8
Более 200	3	2			

4.9. Укрупнённые нормы расчёта площадей складского хозяйства цеха [6]

Наименование склада	Норматив расчёта площадей	Норма площади
Склады материалов и заготовок, в том числе с заготовительным отделением	В % от станочной площади	10...15
		15...20
Межоперационные склады (площадки)	То же	7...10
Промежуточные склады готовых деталей и узлов, покупных изделий (приборов, нормалей и пр.)	То же	10
Склад вспомогательных материалов	На 1 станок цеха, м ² (меньшие значения для массового производства, большие – для единичного)	0,2...0,1

Состав санитарно-бытовых помещений механосборочных и вспомогательных цехов промышленных предприятий регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 2.09.04–87 в зависимости от санитарной характеристики технологических процессов.

4.10. Нормы расчёта площади системы контроля качества изделий

Наименование отделения	Норматив расчёта площадей	Норма площади
Контрольно-поверочный пункт	На 1 станок основного производства, м ² (не менее 25 м ² в целом)	0,1...0,2
Пункт поверки и ремонта калибров и кладовая обменного фонда (для условий крупносерийного и массового производства)	На 1 станок обслуживаемого технологического оборудования, м ²	0,18...0,3

4.11. Состав вспомогательных площадей цеха

Состав вспомогательных служб цеха	Норматив для расчёта площади	Норма площади, м ²	
		расчётная	по планировке
Цеховая ремонтная база (ЦРБ): <ul style="list-style-type: none"> • станочное отделение • слесарное отделение • мастерская энергетика • кладовая запасных частей • отделение сбора и переработки стружки • отделение по приготовлению СОЖ • склад масел • помещение компрессорных установок • помещение вентиляционных систем 			
Итого по ЦРБ			

Продолжение табл. 4.11

Состав вспомогательных служб цеха	Норматив для расчёта площади	Норма площади, м ²	
		рас- чётная	по пла- нировке
Инструментально-раздаточная кладовая (ИРК): <ul style="list-style-type: none"> • кладовая инструментов • кладовая приспособлений • кладовая УСП • кладовая абразивов • заточное отделение • мастерская по ремонту технологической оснастки и инструмента 			
Итого по ИРК			
Складеное хозяйство: <ul style="list-style-type: none"> • склад материалов и заготовок • заготовительное отделение • межоперационные склады (площадки) • склад готовых деталей и комплектующих • склад вспомогательных материалов 			
Итого по складам			
Контрольное отделение: <ul style="list-style-type: none"> • контрольно-поварочные пункты • пункт поверки и ремонта, кладовая обменного фонда 			
Итого по ОТК			
Всего вспомогательной площади			

В состав санитарно-бытовых помещений входят: гардеробные и умывальные – для всех групп (для групп 1б, 1в и 2 гардеробные домашней и спецодежды должны предусматривать двойные шкафы на

каждого работающего); душевые для всех групп за исключением 1а; помещения для сушки рабочей одежды – 2в; комната личной гигиены женщин (при численности среди работающих свыше 50 женщин); санузлы, курительные, устройства питьевого водоснабжения (располагаются на расстоянии от рабочих мест не более 75 м); медицинские пункты (при численности работающих от 50 до 300 человек, свыше 300 – фельдшерский здравпункт); помещения ручных ванн (при производственных процессах, связанных с вибрацией, передающейся на руки); помещения ножных ванн (установки гидромассажа ног, предусматриваются при производственных процессах, связанных с работой стоя или связанных с вибрацией, передающейся на ноги), камеры сухого жара (сауны); помещения общественного питания: при числе работающих в смену более 200 человек – столовую, при числе работающих в смену менее 30 человек – комнату приёма пищи (не менее 12 м²). Норма расчёта площадей санитарно-бытовых служб приведена в табл. 4.12.

4.12. Норма расчёта санитарно-бытовых помещений проектируемого цеха [6]

Помещение	Расчётная единица	Нормы для определения потребного количества расчётных единиц	Норма площади, м ²
1	2	3	4
Гардеробная	Двойной закрытый шкаф	Один шкаф на каждого рабочего цеха	0,43
Санузел	Кабина и тамбур	1 кабина на 12 женщин или на 18 мужчин в многочисленной смене	2,6
Душевые	Кабина Место для переодевания (преддушевая)	1 кабина на 3 чел. гр. 2б; на 5 чел. гр. 1в, 2в; 7 чел. гр. 2а; 15 чел. гр. 1б; 20 чел. гр. 1а (по многочисленной смене при сочетании признаков различных групп производственных процессов – по группе с наиболее высокими требованиями) 3 места на 1 кабину	1,62 1,7

Продолжение табл. 4.12

1	2	3	4
Умывальная	Кран	1 кран на 7 чел. гр. 1а; 10 чел. гр. 1б; 20 чел. для работающих остальных групп (по многочисленной смене и группе с наиболее высокими требованиями)	1,05... 1,75
Ножные ванны	Ванна	1 ванна на 40 человек в многочисленной смене	1,0
Ручные ванны	Ванна	1 ванна на 3 человек, пользующихся ручными ваннами в смену	1,5
Личной гигиены женщин	Кабина	1 кабина на 50 женщин в многочисленной смене (размещается совместно с санузлами)	4,6
Курительная	Место для курения	1 место на 1 работающего в многочисленной смене	0,03
Камера сухого жара (сауна)	Место	1 место на 20 человек, работающих в многочисленной смене	0,6
Устройство питьевого водоснабжения	Место	1 место на 100 чел. раб. гр. 2а, 2б; 200 человек – остальных групп производственных процессов в многочисленной смене	0,35
Для отдыха и психологической разгрузки	–	Один работающий на многочисленную смену	0,2
Общественного питания	Посадочное место	1 посадочное место на 4 человека, работающих в многочисленной смене	1,0
	Гардеробная (1 крючок на вешалке)	120% мест на вешалке от количества посадочных мест для приходящих в уличной одежде	0,25
Медицинского пункта	Организуется при численности работающих от 50 до 300 человек 12 м ² – при списочном составе от 50 до 150 человек, 18 м ² – при списочном составе работающих в многочисленной смене от 151 до 300 человек.		

4.13. Состав административно-конторских площадей цеха

Вид помещения	Норматив для расчёта площади	Норма площади, м ²	
		расчётная	по планировке
<ul style="list-style-type: none"> • начальник цеха • заместитель начальника • контора мастеров • планово-распределительное бюро • технологическое бюро • конструкторское бюро • бюро механизации и автоматизации 			

4.14. Состав санитарно-бытовых помещений цеха

Вид помещения	Норматив для расчёта площади	Норма площади, м ²	
		расчётная	по планировке
Гардеробная			
Санузел			
Душевые			
Умывальная			
Курительная			
Сауна			
Устройство питьевого снабжения			
Комната личной гигиены женщины			
Кабинет психологической разгрузки			
Медпункт			
Столовая			

Площадь административно-конторских помещений определяют также СНиП 2.09.04–87 из расчёта: 4 м^2 на одного работника управления и 6 м^2 на одного работника конструкторского или технологического бюро. Площадь кабинетов руководителей должна составлять не более 15% площади рабочих помещений. При кабинетах руководителей МП (цехов) и их заместителей следует предусматривать приёмные. Допускается устраивать общую приёмную на два кабинета. Площадь приёмных должна быть не менее 9 м^2 .

4.3.7. Выбор типа здания и компоновочно-планировочное решение площадей цеха

Цехи предприятий среднего и тяжёлого машиностроения размещают в одноэтажных промышленных зданиях, компонуемых из основных и дополнительных унифицированных типовых секций (УТС).

Основные секции (для продольных пролётов) имеют размеры $144 \times 72 \text{ м}$ и $72 \times 72 \text{ м}$; дополнительные секции (для поперечных пролётов) – $24 \times 72 \text{ м}$, $48 \times 72 \text{ м}$; $30 \times 72 \text{ м}$. Сетки колонн для одноэтажных многопролётных зданий составляют $18 \times 12 \text{ м}$ и $24 \times 12 \text{ м}$, где 12 – шаг колонны, 18, 24 – ширина пролётов.

Пролёты меньшей длины используют для цехов с малогабаритным оборудованием. Для производств с крупногабаритным оборудованием ширина пролётов может быть увеличена до 30 или даже до 36 м.

Для сборочных пролётов используют дополнительные (крановые) секции размерами $24 \times 72 \text{ м}^2$, $48 \times 72 \text{ м}^2$ и $30 \times 72 \text{ м}^2$.

Наиболее распространённые УТС с размерами в плане $144 \times 72 \text{ м}^2$, с сеткой колонн 12×18 и $12 \times 24 \text{ м}^2$.

Помещения санитарно-бытового и административно-культурного обслуживания рабочих и служащих на машиностроительных заводах располагают в пристройках к производственным зданиям, в отдельно стоящих зданиях или непосредственно в производственных. Последнее нежелательно из-за большой стоимости 1 м^2 производственной площади.

Объёмно-планировочные решения административно-контрольных и санитарно-бытовых помещений пристраиваемых или отдельно стоящих вспомогательных зданий унифицированы СНиП 2.09.04–87. Административные и бытовые здания [14].

Технологические расчёты механосборочного производства завершаются компоновочно-планировочным решением площадей цеха.

Компоновка – это чертёж с изображением на нём в плане производственных участков, вспомогательных служб, магистерских проездов, входных и въездных проёмов, административно-конторских и

санитарно-бытовых помещений цеха или нескольких цехов, размещённых в одном корпусе, без пространственного размещения оборудования.

Компоновку выполняют в масштабе 1:200 или 1:500 (1:400) в зависимости от размера цеха в соответствии с правилами и условными обозначениями ЕСКД.

К компоновке может быть приложен поперечный разрез здания с указанием высоты пролётов до нижнего пояса ферм, а для крановых пролётов – до отметки головки кранового рельса. Все высотные отметки должны быть даны относительно пола первого этажа здания. При наличии подвальных, вторых и последующих этажей их компоновочные планы, как и план 1 этажа, располагают на чертеже.

При разработке компоновки отделения и участка цеха необходимо располагать в определённой технологической последовательности производственного процесса. В основу компоновки цеха закладывают следующие принципы [6]:

- кратчайший путь перемещения заготовок и деталей;
- движение заготовок и деталей в одном направлении без перекрёстных и возвратных перемещений;
- непосредственная близость конечных пунктов линий изготовления деталей к рабочим местам узловой или общей сборки;
- рациональное использование всей площади цеха. Высоту здания следует использовать для размещения транспортных устройств и складов заготовок, деталей и комплектующих изделий;
- максимальные удобства для работы и отдыха производственного персонала при одновременном обеспечении высокой производительности технологических процессов и техники безопасности;
- возможность создания общекорпусных вспомогательных баз (зачного отделения, мастерской по ремонту технологической оснастки и инструмента, ремонтной базы и др.).

Наиболее распространённые в машиностроении варианты взаимного расположения сборочных и механических участков и цехов представлены на рис. 4.1.

В поточном массовом и крупносерийном производстве участки сборки размещают в конце линий механической обработки. Отделение или цех общей сборки при этом размещают в конце корпуса или в его середине так, чтобы конвейер общей сборки был расположен перпендикулярно линиям механической обработки. В серийном и единичном производстве используют компоновочные схемы размещения цеха (отделения) общей сборки в отдельном пролёте, расположенном перпендикулярно или параллельно пролётам механических цехов.

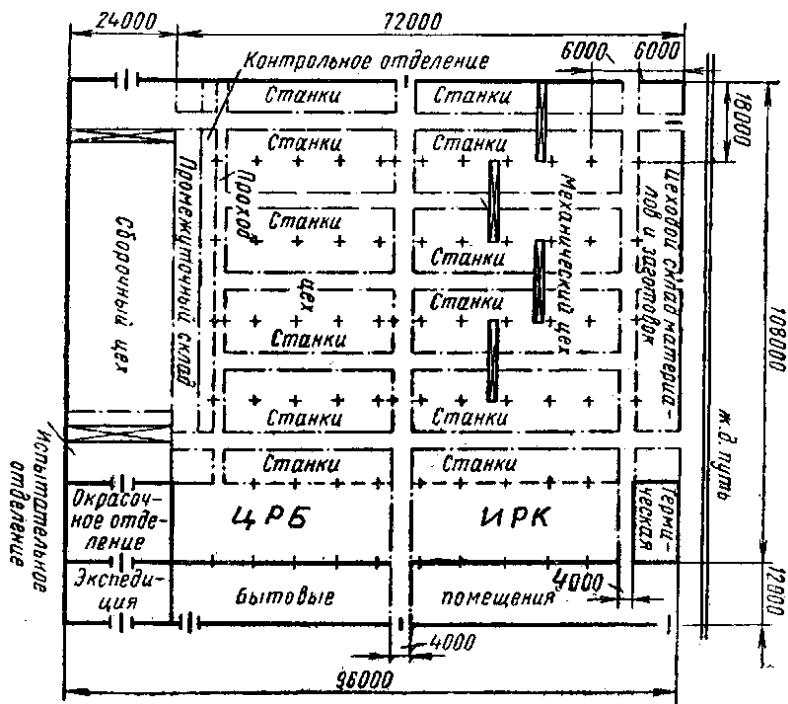


Рис. 4.1. Схема общей компоновки в одном здании механического и сборочного цехов машиностроительного завода серийного производства со вспомогательными отделениями, складами и бытовыми помещениями

В цехах с поточной формой организации производства вспомогательные службы располагают, как правило, в стороне от потока на границе с соседним цехом или вдоль торцовых или продольных стен производственного здания. Последнее в ряде случаев нецелесообразно, так как при этом ухудшается естественная освещённость рабочих мест. В крупносерийном и массовом производствах производственные участки специализируют на изготовлении и сборке отдельных агрегатов или узлов машин с законченным производственным циклом. В серийном производстве (реже в крупносерийном и массовом) организуют специализированные предметно-замкнутые участки по изготовлению деталей типа валов, шестерён, болтов, корпусных и других деталей.

В некоторых производствах (в основном непоточном мелкосерийном и единичном) вспомогательные службы занимают в цехе центральное положение по отношению к обслуживаемым участкам. Склады материалов и заготовок размещают в начале цеха, смежно или вместе с заготовительным участком или отделением [3].

При проектировании новых цехов административно-конторские и санитарно-бытовые помещения следует размещать во вспомогательном здании, примыкающем к основному производственному зданию или расположенному во вставках производственного корпуса. При этом следует руководствоваться приведёнными ниже рекомендациями:

- гардеробные располагают близко к входам в здание;
- в гардеробных предусматривают запасные выходы на случай пожара;
- каждый этаж многоэтажного вспомогательного здания должен иметь вдоль торцовых стен лестничные клетки;
- душевые следует располагать смежно с гардеробными;
- душевые и преддушевые не рекомендуется располагать у наружных стен;
- умывальные необходимо размещать смежно с гардеробными, расстояние от умывальников до шкафов не должно быть меньше 2 м;
- ножные ванны следует размещать в преддушевых или в умывальных;
- санузлы в многоэтажных зданиях должны быть на каждом этаже, курительные следует размещать смежно с санузлами;
- расстояние от рабочих мест до помещений общественного питания при продолжительности обеда 30 мин не должно превышать 300 м;
- медицинский пункт располагают на первом этаже вспомогательного здания вблизи наиболее многолюдных участков;
- административно-конторское помещение в многоэтажном здании следует располагать на 2–3 этаже;
- контору цеха размещают вблизи кабинетов начальника цеха и его заместителей.

Техника выполнения компоновок сводится к следующему:

- наносят в масштабе сетку колонн, стены выбранного здания, помечают границы цеха, магистральных проездов, места размещения компрессорных и трансформаторных станций;
- определяют границы производственных участков и отделений проектируемого цеха исходя из последовательности выполнения технологических процессов и наличия вспомогательных служб, необходимых для обслуживания производств;
- в соответствии с выбранным направлением грузопотоков и людских потоков устанавливают внутрицеховые технологические и противопожарные проезды и проходы;
- определяют местоположение вспомогательного здания и наносят его на план.

Пример компоновки механосборочных цехов с поперечным разрезом по пролёту представлен на рис. 4.2.

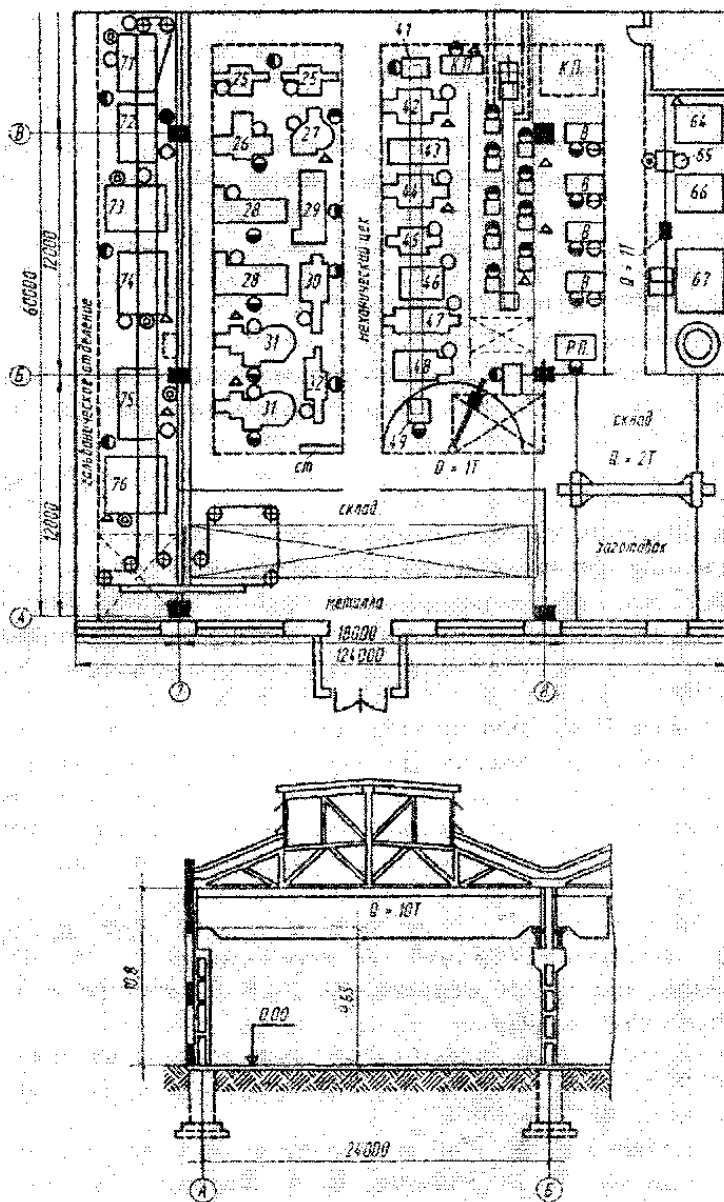


Рис. 4.2. Компоночно-планировочный план цеха с поперечным разрезом пролёта

Общие правила выполнения компоновок цехов и условные обозначения элементов строительных зданий приведены в работах [2, 5, 10, 12, 15, 17].

4.3.8. Общая планировка механического цеха

Все отделения цеха располагаются по направлению общего производственного потока в следующем порядке (типовую схему см. на рис. 4.2):

а) при единичном и серийном производстве цеховой склад материалов и заготовок вместе или смежно с заготовительным отделением размещаются в начале цеха (поперек пролётов цеха или в отдельном пролёте, перпендикулярном к пролётам цеха); при поточном производстве складские площадки для заготовок располагаются в начале каждой поточной линии;

б) вдоль склада или складских площадок поперёк пролётов цеха устраивается проезд шириной не менее 4 м и более в зависимости от применяемых средств транспорта;

в) далее располагается станочное отделение; при значительной длине технологической линии устраиваются поперечные проходы шириной не менее 4 м;

г) в конце станочного отделения поперёк всех пролётов также устраивается поперечный проезд шириной не менее 4 м в зависимости от применяемых средств транспорта.

Необходимо располагать линии обработки механического цеха по отношению к сборочному цеху таким образом, чтобы обработанные детали поступали на сборку кратчайшим путём и к той позиции сборочной линии, где они должны ставиться на собираемую машину.

В крупносерийном и массовом производстве необходима специализация отделений (участков) по агрегатам или узлам изготавливаемой машины с законченным технологическим циклом обработки и сборки данного агрегата или узла; в серийном и мелкосерийном производстве специализировать отделения по технологическому признаку – отделение механической обработки; узловой сборки, общей сборки; применять специализацию отделений механической обработки по группам деталей, например отделение корпусных деталей, отделений валов, отделений зубчатых колёс и т.д.;

д) далее располагается контрольное отделение или контрольные пункты (при поточном производстве);

е) параллельно контрольному отделению, поперёк пролётов, размещается промежуточный склад и смежно с ним – межоперационный, если таковой предусмотрен;

ж) заточное отделение и инструментально-раздаточный склад, как отмечалось выше, при поточном производстве располагаются в стороне от потока, где размещаются и все остальные вспомогательные отделения цеха, чтобы не стеснять движение деталей; при единичном и серийном производстве они могут занимать в цехе центральное положение по отношению к станочному участку.

Складские помещения в цехе (склад материалов и заготовок, промежуточный склад, раздаточная инструмента) отделяются от станочного отделения металлической сеткой высотой не более 2,0...2,5 м (для свободного прохода кранов), а контрольное и заточное отделения – стеклянной перегородкой.

В соответствии с указанной последовательностью расположения вспомогательных отделений цеха и планировкой оборудования устанавливается общая компоновка цеха, в результате чего определяются число пролётов, ширина цеха, его длина (в соответствии с принятым шагом колонн) и общая площадь цеха (определение ширины, длины и высоты здания цеха рассматривается).

В проектном задании схема общей компоновки отделений цеха разрабатывается на основе площадей, подсчитанных по удельной площади, и других технико-экономических показателей или, что точнее, на основе планировки оборудования, количество которого определено по данным технологического процесса; в рабочих чертежах производится уточнение общей компоновки цеха с учётом необходимых площадей отделений, полученных на основании окончательной планировки оборудования.

План цеха выполняется в масштабе 1:100. Для больших цехов (насчитывающих примерно более 250 станков) его можно выполнять в масштабе 1:200. На плане должны быть изображены всё оборудование и все устройства, относящиеся к рабочему месту, а именно:

- 1) металлорежущие станки, автоматические станочные линии и другое производственное оборудование;
- 2) местоположение рабочего у станка во время работы;
- 3) рабочие места без оборудования (на полу или на специальных основаниях) с указанием их габарита;
- 4) верстаки, рабочие столы, подставки;
- 5) инструментальные шкафы (столики);
- 6) места у станков для обработанных деталей и обрабатываемых заготовок и материалов;
- 7) места для этажерок и подставок для деталей и крупного инструмента;

- 8) транспортные устройства, относящиеся к рабочему месту – наклонные скаты (желоба, лотки), склизы и пр.;
- 9) площадки для контроля и временного хранения деталей;
- 10) места для мастеров.

На плане должны быть также показаны грузоподъемные и транспортные устройства цеха: краны мостовые и балочные, консольные, велосипедные, порталные и полупортальные, местные поворотные краны, тельферы, тали, рольганги и конвейеры, рельсовые узкоколейные и ширококолейные пути, подъемники-лифты.

Кроме того, на плане должны быть изображены штрихпунктирными линиями все проезды и проходы, штриховыми линиями туннели или ямы, предназначенные для производственных или транспортных целей.

В части строительной на плане должны быть изображены:

- 1) колонны с осями и обозначением номера каждой колонны;
- 2) очертания оснований колонн и фундаментов, изображаемые штриховыми линиями;
- 3) наружные и внутренние стены – капитальные и лёгкие, а также перегородки, включая стеклянные и сетчатые;
- 4) окна, ворота и двери как наружные, так и внутренние;
- 5) подвалы, подземные комнаты, антресоли.

На плане должны быть даны и все необходимые размеры: ширина пролётов; шаг колонн; общая ширина цеха; общая длина пролётов и всего цеха; ширина продольных и поперечных проходов или проездов; ширина, длина и площадь каждого вспомогательного отделения; расстояния от станков до колонн и между станками и рабочими местами, габаритные размеры крупных станков. Все нанесённые на план изображения и размеры должны быть вычерчены в масштабе.

Все станки, автоматические станочные линии и другое оборудование, а также устройства на рабочих местах, складские и контрольные площадки, грузоподъемные и транспортные устройства, изображённые на плане, обозначаются порядковыми номерами и вносятся в спецификацию, которая помещается на плане. В спецификации должны быть указаны:

- 1) номер, обозначенный на плане;
- 2) наименование оборудования или устройства;
- 3) характеристика их – основные размеры, грузоподъемность, площадь и т.д.;
- 4) мощность электродвигателей этого оборудования и устройств.

4.15. Условные обозначения, применяемые на планировке (выкопировка из ОСТ 23.4.261–86)

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена		Место складирования заготовок и изделий	
Окно		Пульт управления	
Сплошная перегородка		Кран мостовой	
Перегорodka из стеклоблоков		Стеллаж многоярусный однорядный	
Барьер		Кран-штабелёр автоматизированный	
Ворота распашные		Кран консольный поворотный с электроталью	
Ворота откатные		Каретка-оператор с автоматическим адресованием грузов	
Колонны железобетонные и металлические		Тележка рельсовая	
Канал для транспортирования стружки		Конвейер подвесной цепной	
Автоматическая линия и технологическое оборудование		Промышленный робот	
Место рабочего		Конвейер роликовый однорядный	
Многостаночное обслуживание одним рабочим		Подвод сжатого воздуха (цифры указывают давление в сети)	
Контрольный пункт		Точка подвода электрокабеля к оборудованию	

На плане должны быть сделаны надписи с номерами или названиями производственных отделений цеха, производственных участков, вспомогательных отделений, а также с названиями или номерами этажей (при многоэтажных зданиях).

В случае расположения цеха в многоэтажном здании на одном листе изображаются все этажи, один над другим так, чтобы совпадали все оси, колонны и габариты по всем этажам.

Кроме плана должен быть выполнен поперечный разрез здания в масштабе 1:50 и 1:100 с указанием высоты здания.

К плану цеха должна быть приложена выкопировка из генерального плана, указывающая положение данного цеха по отношению к другим цехам, а также внутривозовские транспортные пути, подходящие к данному цеху и связывающие его с другими цехами, сооружениями, складами.

На рисунке 4.2 дана схема общей компоновки механического и сборочного цехов с инструментальным, ремонтным, термическим, окрасочным, испытательным и контрольным отделениями, экспедицией, а также складами и бытовыми помещениями машиностроительного завода средних размеров серийного производства.

Изображение строительных элементов здания и технологического оборудования выполняется в масштабе чертежа в виде контурных очертаний условными графическими обозначениями в соответствии с ОСТ 23.4.261–86 (табл. 4.17).

5. ПРИМЕРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

5.1. РАСЧЁТ И ПЛАНИРОВКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ» РЕДУКТОРА ЗАДНЕГО МОСТА АВТОМОБИЛЯ

5.1.1. Анализ исходных данных

Фланец вала ведущей конической шестерни редуктора ведущих мостов автомобиля ЗИЛ-131 предназначен для присоединения редуктора к карданному валу автомобиля и передачи крутящего момента от него к редуктору (рис. 5.1).

Материалом фланца является сталь марки 45, заготовкой является штамповка на ГКМ.

Технологический маршрут, технические условия и трудоёмкость операций механической обработки фланца приведены в табл. 5.1, 5.2.

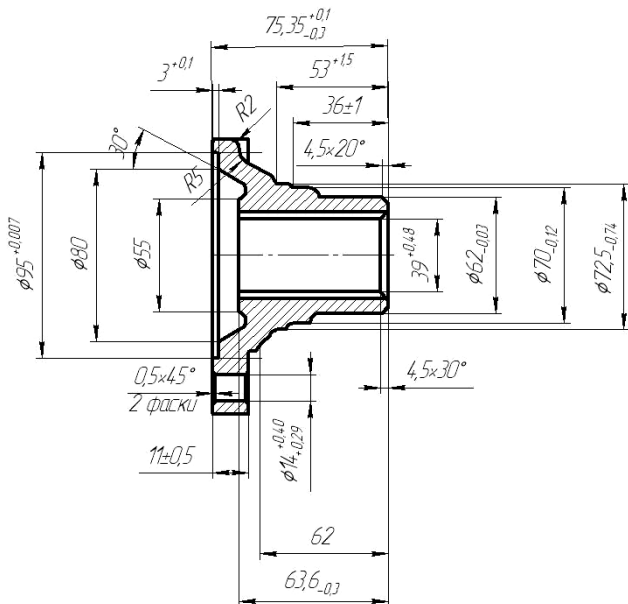


Рис. 5.1. Чертеж фланца редуктора заднего моста автомобиля

5.1. Технические условия на изготовление заготовки фланца

Технические требования	Параметры
1. Вид заготовки	Штамповка
2. Способ получения	Штамповка на ГKM
3. Класс точности по ГОСТ 7505–89	T4...T5
4. Степень сложности (ГОСТ 7505–89)	C3
5. Группа стали (сталь 45)	M1
6. Термообработка (улучшение): закалка (t , °C в масле) отпуск (t , °C на воздухе)	830...850 550...600
7. Твёрдость, НВ	240...280
8. Способ очистки поверхности от окалины	Дробеструить
9. Предельные отклонения	По ГОСТ 7505–89

Продолжение табл. 5.1

Технические требования	Параметры
10. Неуказанные штамповочные уклоны, град	7
11. Неуказанные радиусы, мм	2
12. Внешние дефекты допускаются не более, мм	0,6
13. Смещение по размерам штампов допускается не более, мм	0,6
14. Разностенность допускается не более, мм	2
15. Масса заготовки, кг	2,4

5.2. Технологический маршрут механической обработки детали «Фланец»

№ операции	Наименование операции	Норма штучного времени, мин	Модель станка
005	Токарная автоматная	2,1	1Б24ОП-4К
010	Вертикально-протяжная	0,47	7Б66
015	Токарно-копировальная	0,56	1Н113
025	Вертикально-протяжная	0,32	7Б66
035	Токарная автоматная	0,63	1Б284-6
040	Токарная многорезцовая	0,78	1Н713
045	Агрегатная	0,71	АБ2873
050	Вертикально-сверлильная	0,74	2Н135
055	Торцешлифовальная	0,76	3Т160
060	Круглошлифовальная	1,23	3Т160
065	Полировальная	0,72	3М153
Всего		9,02	
Среднее значение		0,82	

5.1.2. Технологические расчёты участка

5.1.2.1. Расчёт производственной программы и выбор типа производства

При годовой программе выпуска автомобилей $N_{г.а} = 40\ 000$ и семи комплектных фланцев для каждого, годовой объём выпуска фланцев составит

$$N_{г} = 40\ 000 \cdot 7 = 280\ 000 \text{ шт.}$$

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операции по ранее приведённой формуле [1]

$$K_{з.о} = \tau_{в} / T_{шт.сп.}$$

Такт выпуска при поточном производстве составляет

$$\tau_{в} = \frac{60\delta}{N_{г}}.$$

Действительный (расчётный) годовой фонд времени работы автоматических линий по данным табл. 2.1 [1, с. 34] составляет $F_{г} = 3725$ г.

Тогда такт выпуска составит

$$\tau_{в} = \frac{60 \cdot 3725}{280\ 000} = 0,798 \approx 0,8 \text{ мин.}$$

Среднештучное время одной операции изготовления фланца по данным табл. 5.2 составляет

$$T_{шт.сп} = 0,82 \text{ мин.}$$

Таким образом, значение коэффициента операции составляет

$$K_{з.о} = 0,8/0,82 = 0,98.$$

По классификации [1] при $K_{з.о}$ меньше единицы производство относится к массовому виду. Определяем форму организации производства как непрерывное штучное массовое с изготовлением деталей на автоматической поточной линии с механизированным транспортированием заготовок между рабочими позициями с тактом выпуска $\tau_{в} = 0,8$ мин.

В качестве технологического оборудования выбираем станки-полуавтоматы с обслуживанием их рабочими-операторами на каждом рабочем месте.

5.1.2.2. Расчёт количества основного технологического оборудования и выбор структуры поточной линии

Расчёт количества станочного оборудования на каждой рабочей позиции в поточном производстве осуществляется по формуле [2]

$$C_{pi} = \frac{t_{штi}}{\tau_b},$$

где C_{pi} – расчётное число станков; $t_{штi}$ – норма штучного времени операций; τ_b – такт выпуска, мин.

Расчётное значение станков округляется в сторону большего целого числа станков – $C_{пр}$. Коэффициент загрузки станков каждой из рабочей позиции поточной линии $K_3 = C_p / C_{пр}$ должен быть в среднем не менее $K_3 = 0,9$ [2].

Средний коэффициент загрузки рабочих мест поточной линии должен быть не менее $K_{3,о.ср} = 0,75$ [2].

В таблице 5.3 приведены расчёты основного оборудования и коэффициенты их загрузки по технологическим операциям, выполняемым на поточной линии механической обработки фланца.

5.3. Расчёт количества основного технологического оборудования для поточной линии механической обработки детали «Фланец»

№ операции	Наименование операции	Норма штучного времени, мин	Количество станков		Коэффициент загрузки	Модель станка
			расчётное	принятое		
005	Токарная автоматная	2,1	2,62	3	0,87	1Б24ОП-4К
010	Вертикально-протяжная	0,47	0,59	1	0,59	7Б66
015	Токарно-копировальная	0,56	0,70	1	0,70	1Н113
025	Вертикально-протяжная	0,32	0,40	1	0,40	7Б66
035	Токарная автоматная	0,63	0,79	1	0,79	1Б284-6
040	Токарная многорезцовая	0,78	0,97	1	0,97	1Н713

№ операции	Наименование операции	Норма штучного времени, мин	Количество станков		Коэффициент загрузки	Модель станка
			расчётное	принятое		
045	Агрегатная	0,71	0,89	1	0,89	АБ2873
050	Вертикально-сверлильная	0,74	0,92	1	0,92	2Н135
055	Торцешлифовальная	0,76	0,95	1	0,95	3Т160
060	Круглошлифовальная	1,23	1,54	2	0,77	3Т160
065	Полировальная	0,72	0,9	1	0,90	3М153
Всего		9,02	11,27	14	8,75	
Среднее значение		0,82	–	–	0,8	

Как видно из приведённых в табл. 5.3 данных, коэффициент загрузки единиц оборудования в поточной линии составляет в основном $K_{з,о} = 0,77 \dots 0,97$. Невысокий коэффициент загрузки протяжных станков $K_{з,о} = 0,4 \dots 0,59$ предполагаем возможность объединения этих операций. Однако наличие только одного станка в линии снижает надёжность работы всей линии. По величине среднего коэффициента загрузки оборудования линии $K_{з,о,ср} = 0,8$ проектное решение линии можно считать удовлетворительным.

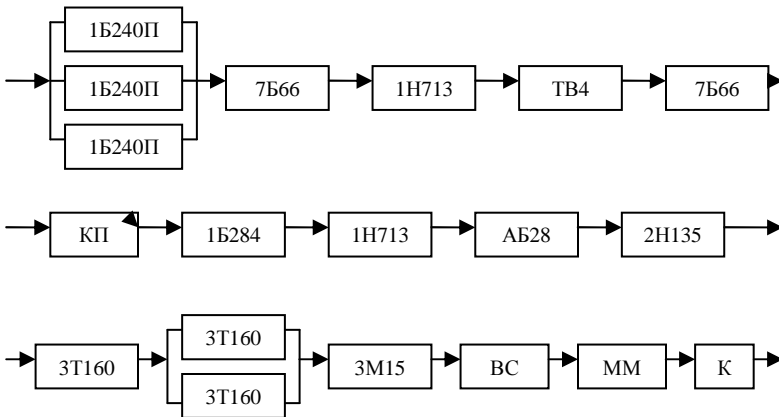


Рис. 5.2. Структурная схема поточной линии изготовления детали «Фланец»

На рисунке 5.2 представлена структурная схема поточной автоматической линии по изготовлению детали «Фланец», включающая все рабочие позиции технологического маршрута его изготовления. Номера операций и количество рабочих мест на рис. 5.2 приведены в соответствии с технологическим маршрутом изготовления фланца (см. табл. 5.2).

5.1.2.3. Определение состава и числа работающих на участке

В состав работающих на производственном участке поточной линии механической обработки «Фланца» входят основные (производственные) рабочие, вспомогательные рабочие, инженерно-технические работники (ИТР), служащие и обслуживающий персонал.

В состав основных рабочих входят: станочники и наладчики оборудования, слесари для выполнения механизированных операций обработки (зачистки) деталей, мойщики деталей, непосредственно занимающиеся выполнением операций технологического процесса обработки деталей.

5.1.2.3.1. Определение числа основных рабочих

Число основных рабочих-станочников в поточном производстве определяется по формуле [9, с. 13]

$$P_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{шт } i} N_{\text{г}}}{\Phi_{\text{р}} \kappa_{\text{м}} m},$$

где $T_{\text{шт } i}$ – норма штучного времени выполняемой операции, мин; $N_{\text{г}}$ – годовой объём выпуска изделий, шт.; $\Phi_{\text{р}}$ – эффективный (расчётный) годовой фонд рабочего, г; коэффициент многостаночности; m – число смен.

Расчёт числа рабочих по специальностям сводим в табл. 5.4.

Годовой фонд работы рабочего-станочника составляет $\Phi_{\text{р}} = 1860$ ч [2]. Режим работы – двухсменный, $m = 2$. Коэффициент многостаночности $\kappa_{\text{м}}$ взят из таблиц [2].

Число наладчиков станков автоматической линии принимается по рекомендациям [3] из числа 1 наладчик на 3 – 10 позиций автоматической линии. Большее число нормы относится к обработке с невысокой точностью (12 квалитет). В случае высокой квалификации рабочих, работающих на оборудовании, требующем специальной наладки и их невысокой загрузки (до 80% в смену), функции наладчика по своему

оборудованию может выполнять рабочий-станочник. Поэтому принимаем в нашем случае число наладчиков, равным одному рабочему.

5.4. Расчёт числа основных производственных рабочих на участке

№ п/п	Профессия по виду обслуживаемого оборудования	Станкоёмкость годовой программы	Коэффициент многостаночности	Разряд работы	Число рабочих в смену		Коэффициент загрузки рабочего
					расчётное	принятое	
1	Токарь-автоматчик	9800	3	4	0,88	1	0,88
2	Токарь-многорезник	2613	1	5	0,70	1	0,70
3	Токарь-автоматчик	2940	1	5	0,79	1	0,79
4	Токарь-многорезчик	3640	1	4	0,98	1	0,98
5	Шлифовщик	3546	1	4	0,95	1	0,95
6	Шлифовщик	5740	1	4	1,54	2	0,77
7	Полировщик	3360	1	4	0,90	1	0,90
8	Сверловщик	2352	1	4	0,63	1	0,63
9	Сверловщик	3453	1	3	0,93	1	0,93
10	Протяжчик	3686	1	3	0,99	1	0,99
11	Термист			4		1	–
12	Слесарь			3		1	–
13	Мойщик			3		1	–
14	Контролёр			5		2	–
15	Наладчик			5		1	–
Всего рабочих						17	–
Средний коэффициент загрузки рабочего-станочника							0,78

Число слесарей, мойщиков деталей и контролёров примем по числу рабочих мест, т.е. по одному на каждое рабочее место.

Таким образом, как это следует из расчётных данных табл. 5.4, число основных рабочих на поточной линии в одну смену составляет: станочников – 11 человек; наладчиков – 1 человек; термистов – 1 человек; слесарей – 1 человек. Всего основных рабочих:

$$P_0 = 11 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 = 17 \text{ человек.}$$

Средний коэффициент загрузки рабочего-станочника составляет 0,78, что близко к рекомендованным его значениям 0,8...1,0 [2].

Несколько заниженные значения K_3 позволяют отказаться от 50% запаса «скользящих» рабочих на случай замены временно отсутствующих (примерно $21 \cdot 0,05 \approx 1$ человек в смену).

5.1.2.3.2. Определение состава работающих на производственном участке

К другим категориям, работающих на участке, относятся вспомогательные рабочие, составляющие 30...40% от числа основных рабочих [2]; инженерно-технические работники, составляющие 20...15% от числа установленных станков; служащие составляют 0,1...1,4% и младший обслуживающий персонал, составляющий 1 человек на 500...600 кв. метров производственной площади. Полный состав, работающих на участке рабочих, приведён в табл. 5.5.

5.5. Состав и численность работающих на производственном участке поточной линии механической обработки детали «Фланец»

№ п/п	Состав работающих	Численность работающих		
		всего	в смену	
			1-ю	2-ю
1	Основные рабочие	34	17	17
2	Вспомогательные рабочие (35%)	12	6	6
3	Инженерно-технические работники (18%)	3	2	1
4	Служащие (1%)	5	3	2
5	Младший обслуживающий персонал	2	1	1
Всего на участке		56	29	37

5.1.3. Состав оборудования и планировка поточной линии

5.1.3.1. Краткое описание устройства линии

При использовании поточных линий массового производства трудно добиться равной производительности оборудования, выполняющего разные по сложности операции. В этом случае на сложных операциях предусматривают разное число станков и обеспечивают распределение потока заготовок с возможными межоперационными задачами более производительного по сравнению с тактом выпуска линии оборудованием.

Одним из направлений сглаживания разной производительности оборудования является использование межоперационного транспорта цепных подвесных конвейеров [2].

Для этого конвейеры оснащают многопоточными подвесками, подвесками со штырями, ячейками и другими элементами, что позволяет их использование в качестве накопителей для разнопроизводительного оборудования. При этом на линии может быть предусмотрено несколько конвейерных участков с разной производительностью, но обеспечивающих заданный такт выпуска на выходном участке линии.

Планировка оборудования для выбранной в проекте поточной линии показана на рис. 5.3.

Всё технологическое оборудование расположено по обе стороны подвесного цепного конвейера *11*, охватывающего линию неразрывным цепным контуром. На конвейере размещены три полки со штырями для размещения заготовок деталей «Фланец» в процессе его изготовления. Технологическое оборудование расположено в строгой последовательности выполнения технологических операций. Вид и модели технологического оборудования расположены в последовательности их обозначения на чертеже и приведены в соответствии табл. 5.2 маршрута обработки. Оборудование расставлено таким образом, что начало и конец обработки фланца находятся в одной зоне, образованной площадкой *12* с конвейерами заготовок, для загрузки конвейера и площадкой *13* для разгрузки готовых деталей. Перед разгрузкой каждая деталь проходит слесарную обработку на позиции *9*, мойку в моечной машине *10*, комплексную проверку точности и качества обработки на контрольной позиции *4*. Тара с обработанными деталями с площадки *13* поступает на сборку.

Планировка оборудования осуществлена в соответствии с нормами его размещения в станочных линиях, приведёнными в табл. 4.9, 4.10 [2], а также с примером типовой планировки линии с цепным конвейером [2].

Под линией цепного конвейера вдоль 2-стороннего ряда станочного оборудования в подпольной части предусмотрен магистральный стружкоуборочный конвейер с отводами стружки от каждого станка (на планировке условно не показан).

5.1.3.2. Расчётные характеристики конвейера

1. Общая длина ветвей конвейера (по планировке) составляет

$$\begin{aligned} L_k &= 35500 \cdot 2 + 9500 + 8500 + 3 \frac{\pi P_{зв}}{2} = \\ &= 76000 + 9500 + 8500 + 3 \frac{3,14 \cdot 100}{2} = 94\,570 \text{ мм.} \end{aligned}$$

2. Средний шаг расстановки оборудования (по планировке нижнего ряда станков)

$$t = \frac{28\,000}{7} = 4000 \text{ мм.}$$

3. Скорость подвешенного цепного конвейера периодического действия (по рекомендациям [11]) составляет при массе транспортируемого груза до 50 кг – $v_{тр} = 0,67$ м/с (~ 40 м/мин).

4. Расчётный такт обрабатывания конвейера при скорости $v = 40$ м/мин составляет

$$\tau_k = \frac{t}{v} = \frac{4,0}{40} = 0,1 \text{ мин.}$$

5.1.3.3. Техническая характеристика производственного участка

Производственный участок механической обработки детали «Фланец» расположен в пролёте механического цеха с принятой сеткой колонн 18×12 м. Общая длина пролёта, занятого участком, составляет 36 м.

В таблице 5.6 приведены основные технические характеристики производственного участка, основанные на расчётных данных и полученных при планировке оборудования.

5.6. Технические характеристики производственного участка

№ п/п	Техническая характеристика	Показатель
1.	Годовой объём выпуска, шт.	280 000
2.	Сменное задание, шт.	610
3.	Такт выпуска, мин	0,8
4.	Количество единиц оборудования, шт.	19
5.	Число основных рабочих в смену, человек	17
6.	Производственная площадь, м ²	450
7.	Установочная мощность оборудования, кВт	140

5.1.4. Расчёт параметров производственного здания участка

Общие размеры и площадь цеха определяют на основе планировки оборудования и всех помещений цеха. Размеры зданий, состоящих из нескольких пролётов, определяют по размерам и числу пролётов.

Каждый пролёт характеризуется основными размерами, шагом колонн t и шириной пролёта L , или иначе, сеткой колонн $t \times L$.

Ширина пролёта здания L называется расстоянием между осями подкрановых стоек или колонн. Ширина пролёта здания находится в установленной размерной зависимости от пролёта мостового крана. В механическом цеху применяют краны грузоподъёмностью до 15 т. Ширину пролёта мостового крана выбираем 23 м, тогда ширина пролёта здания будет $L = 24$ м, расстояние от оси колонн до вертикальной оси кранового рельса равна $l = 500$ мм. Шаг колонн выбираем равным $t = 12$ м.

Наибольший недоход главного крюка для кранов грузоподъёмностью до 15 т составляет $l_1 = 1300$ мм.

Длина пролёта цеха определяется суммой размеров производственных и вспомогательных отделений, последовательно расположенных вдоль пролёта, проходов и других участков цеха. Основным размером, определяющим длину пролёта, является длина технологической линии станков, расположенных вдоль пролёта.

Длина пролёта цеха, определяемая графически, на основе планировки оборудования и всех отделений и участков, расположенных вдоль пролёта, складывается при типовой схеме компоновки.

Общая длина цеха должна быть кратной величине шага колонн, который для всех цехов и размеров пролётов в настоящее время принимается равным 12 и 6 м.

Высоту пролёта цеха определяют исходя из размеров изготавливаемых изделий, габаритных размеров оборудования (по высоте), размеров и конструкции мостовых кранов, а также санитарно-гигиенических требований.

Общая высота здания H от пола до нижней выступающей части верхнего перекрытия или до нижней точки стропильной затяжки складывается из расстояния H_1 от пола до головки подкранового рельса и расстояния h от головки рельса до нижней выступающей части верхнего перекрытия, которое для кранов грузоподъёмностью до 10 м принимается $h = 2200$ мм.

$$H = H_1 + h . \quad (5.1)$$

Величина H_1 складывается из следующих величин:

$$H_1 = k + z + e + f + c , \quad (5.2)$$

где k – высота наиболее высокого станка; z – промежуток между транспортируемым изделием, принимается равным 0,5...1,0 м; e – высота наибольшего по размеру изделия в положении транспортирования; f – расстояние от верхней кромки наибольшего транспортируемого изделия до центра крюка крана в верхнем его положении, необходимое для захвата изделия канатом, принимается 1 м; c – расстояние от предельного верхнего положения крюка до горизонтальной линии, проходящей через вершину головки рельса, принимаем 1 м.

$$H_1 = 6700 + 1000 + 500 + 1000 + 1000 = 10\,200 \text{ мм};$$

$$H = 10200 + 2200 = 12400 \text{ мм}.$$

Среднюю высоту здания принимаем равную сумме высоты H – от пола до нижнего пояса фермы и a – от нижнего пояса фермы до горизонтальной линии, проходящей через середину фонаря. Высота a принимается 1/5 ширины пролёта здания, $a = 4800$ мм. Среднюю высоту пролёта здания принимаем 17 200 мм.

Высоту помещений в цехе по санитарно-гигиеническим требованиям принимаем до 8,4 м.

Железобетонные стропильные фермы для пролётов 24 м изготавливают сборными (составными). Высота стропильных ферм равна 3,7 м.

В здании предусмотрены прямоугольные фонари, сооружения, служащие для естественного освещения и аэрации воздуха внутри цеха.

Прямоугольные фонари имеют вертикальное остекление, которое меньше загрязняется и препятствует проникновению в цех прямых солнечных лучей.

Ширина фонарей для пролётов 24 м принимаем 12 м.

Расположение фонарей предусматривают не реже, чем через 84 м по длине пролёта. Разрывы между фонарями должны быть не менее 6 м.

В световых фонарях делается одинарное остекление. Переплёты остекления фонарей делаются в один ярус, открывание фонарных створок производится снизу, с уровня пола, с помощью специальных механизмов. При открывании и закрывании длинных лент поясов остекления используются электродвигателями.

Очистка от загрязнения внутренней поверхности остекления фонарей производится со специальных тележек.

В цеху несущие функции выполняет каркас, состоящий из железобетонных колонн и балок. Для обеспечения необходимой жёсткости размеры колонн квадратного сечения ($a \times a$) определяются по формуле

$$a = \frac{H}{25}, \quad (5.3)$$

$$a = \frac{12\,400}{25} = 496 \text{ мм.}$$

Принимаем $a = 500$ мм.

Ширина ворот для прохода железнодорожных вагонов – 5 м, высота ворот – 5,6 м. Ворота выполнены с автоматическим открыванием.

Для защиты рабочих мест от холодного воздуха при частом открывании ворот предусматривается утепление проёмов при помощи воздушно-тепловых завес. Включение воздушно-тепловых завес блокируется с открытием ворот.

Также предусмотрены административно-бытовые помещения. Бытовые помещения располагаются вместе с административно-торговскими в одном специальном здании. Это здание пристроено к торцовой стороне здания цеха.

5.2. РАСЧЁТ И ПЛАНИРОВКА СБОРОЧНОГО УЧАСТКА РЕДУКТОРА ЗАДНЕГО МОСТА АВТОМОБИЛЯ ЗИЛ-131

5.2.1. Анализ исходных данных

Задачей проектирования является осуществление технологических расчётов и планировка сборочного участка сборки редуктора заднего моста автомобиля ЗИЛ-131. Устройство редуктора показано на рис. 5.4.

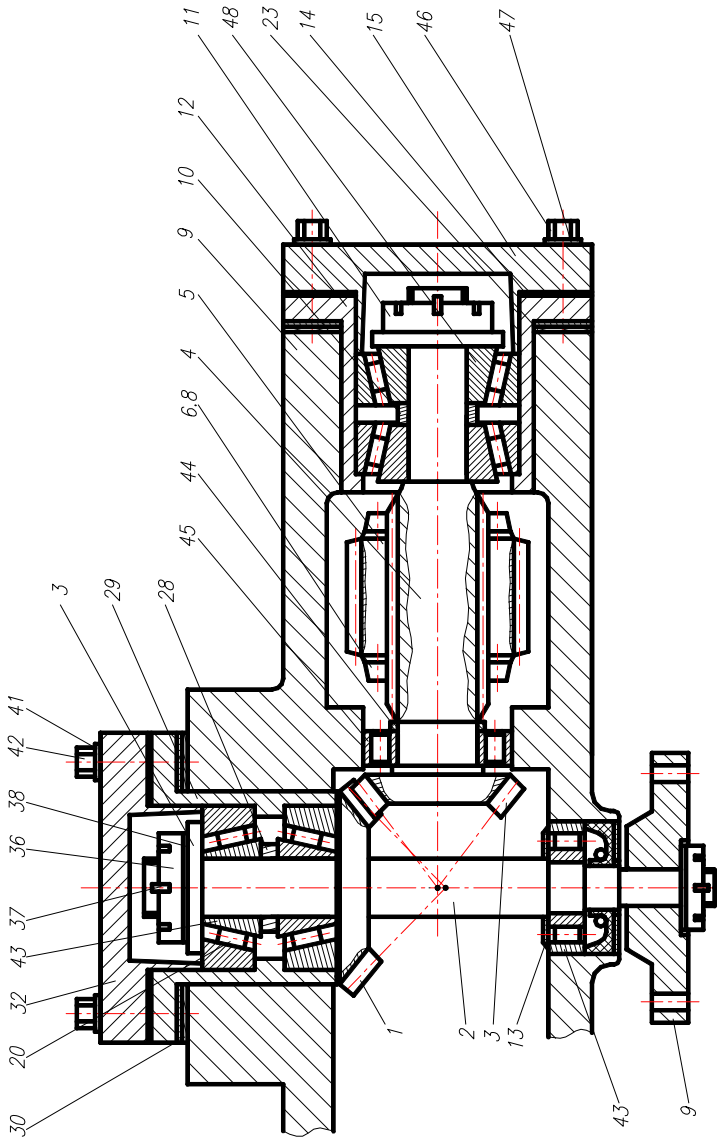


Рис. 5.4. Устройство редуктора автомобиля ЗИЛ-131

Производственная программа выпуска автомобилей по заданию на проектирование составляет $N_a = 40\ 000$ шт. На каждый трёхосный автомобиль ЗИЛ-131 требуется $m = 3$ редуктора. При этом необходимо предусмотреть $\beta = 3,5\%$ -й ресурс изделий, представляющий ежегодную поставку их как запасных частей для ремонта автомобилей.

Технологический маршрут и трудоёмкость операций сборочного процесса редуктора представлены в табл. 5.7.

5.7. Технологический маршрут и трудоёмкость операций сборки редуктора

Операции сборочного процесса	$T_{шт}$, мин
005. Сборка	0,921
010. Сборка	1,496
015. Сборка	1,496
020. Контрольная	0,021
025. Сборка	1,282
030. Регулирование	1,534
035. Контрольная	0,300
040. Сборка	1,442
045. Сборка	1,419
050. Сборка	1,184
055. Контрольная	0,180
060. Сборка	1,206
065. Сборка	1,519
070. Сборка	1,530
075. Сборка	1,511
080. Контрольная	0,200
085. Клеймение	0,055
090. Слесарная	0,441
Суммарное значение, $\sum T_{шт i}$	17,737

5.2.2. Технологические расчёты сборочного участка

5.2.2.1. Расчёт производственной программы и выбор типа производства

Годовой объём выпуска редукторов N_{Γ} в этом случае определяется по формуле [1]

$$N_{\Gamma} = N_{\text{пр}} m \left(1 + \frac{\beta}{100} \right), \quad (5.4)$$

где $N_{\text{пр}}$ – производственная программа выпуска автомобилей; m – число одинаковых изделий (редукторов), входящих в автомобиль; β – процент запасных изделий.

В нашем случае годовой объём выпуска редукторов составит

$$N_{\Gamma, \text{р}} = 40\,000 \cdot 3 \left(1 + \frac{3,5}{100} \right) = 140\,000 \text{ шт.}$$

По числу однотипных деталей число фланцев в автомобиле составляет $m = 6$ шт. на один автомобиль, т.е. по две детали на редуктор. Тогда годовой объём производства составит

$$N_{\Gamma} = 2N_{\Gamma, \text{р}} = 2 \cdot 140\,000 = 280\,000 \text{ деталей.}$$

Для определения типа производства обычно пользуются расчётной величиной коэффициента закрепления операции (ГОСТ 3.1108–74), который определяется по формуле [1]

$$K_{з, \text{о}} = P_{\text{оп}} / M, \quad (5.5)$$

или для поточного производства

$$K_{з, \text{о}} = T_{\text{шт. ср}} / \tau_{\text{в}}, \quad (5.6)$$

где $P_{\text{оп}}$ – число различных операций, закреплённых за одним рабочим местом на участке; M – число рабочих мест на участке; $T_{\text{шт. ср}}$ – среднеступное время выполнения одной операции, мин; $\tau_{\text{в}}$ – такт выпуска поточной линии, мин.

Среднеступное время одной операции по данным табл. 5.7 составляет

$$T_{\text{шт.ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{18} T_{\text{шт } i} = \frac{1}{18} \cdot 17,737 = 0,985 \text{ мин.}$$

Такт сборки поточной линии определяем по формуле [10]

$$\tau_c = \frac{60F_g}{N_{\text{г.р}}}, \quad (5.7)$$

где $F_g = 3725$ ч – расчётный годовой фонд времени работы автоматической сборочной линии при двухсменном режиме работы [2].

Подставляя ранее приведённое значение годового объёма выпуска редукторов $N_{\text{г.р}} = 140\,000$ шт., получим расчётное значение такта выпуска сборочной линии

$$\tau_c = \frac{60 \cdot 3725}{140\,000} = 1,596 \approx 1,6 \text{ мин.}$$

$K_{3.0} = 0,985/1,6 = 0,62$, что меньше $K_{3.0} = 1$, и является характеристикой массового производства.

Принимаем по рекомендациям [2] при массовом типе производства следующую организационную форму сборки:

- подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой с помощью конвейера с соблюдением строго регламентированного значения такта сборки.

Размер сменного задания составит

$$n_{\text{см}} = \frac{N_{\text{г.р}}}{K_{\text{дн}} m}, \quad (5.8)$$

где m – число рабочих смен в сутки. Принимаем $m = 2$, т.е. двухсменный режим работы; $K_{\text{дн}}$ – число рабочих дней в году с полной длительностью смены. Принимаем $K_{\text{дн}} = 247$ дня [2].

С учётом приведённых данных размер сменного задания составит

$$n_{\text{см}} = \frac{140\,000}{247 \cdot 2} = 283,4 \text{ шт.}$$

Принимаем $n_{\text{см}} = 285$ редукторов в смену.

5.2.2.2. Расчёт числа рабочих мест поточной линии сборки

Расчёт числа рабочих позиций поточной линии сборки с периодическим (пошаговым) перемещением собираемых объектов определяется по формуле [2]

$$M_{\text{сб}} = \frac{T_{\text{шт}}}{(\tau_{\text{с}} - t_{\text{тр}}) \Pi}, \quad (5.9)$$

где $T_{\text{шт}}$ – норма штучного времени на операции, мин; $\tau_{\text{с}}$ – такт сборки, мин; $t_{\text{тр}}$ – время транспортирования объекта между сборочными позициями; Π – число рабочих, занятых на данной позиции (плотность сборки).

Расчётное значение $M_{\text{сб.р}}$ округляется в сторону большего целого числа и получается таким образом принятое число рабочих позиций $M_{\text{сб.пр}}$. Отношение $K_3 = M_{\text{сб.р}}/M_{\text{сб.пр}}$ является коэффициентом загрузки сборочной позиции и его значение в массовом производстве по каждой позиции должно составлять $K_3 = 0,95 \dots 1,0$. Допускается перегрузка рабочего места до 10%, т.е. со значением коэффициента $K_3 = 1,1$ [2]. Средний коэффициент загрузки рабочих мест всей поточной линии должен быть не менее $K_3 = 0,75$ [2].

Время транспортирования собираемого объекта $t_{\text{тр}}$ при пошаговом перемещении объекта определяется по формуле

$$t_{\text{тр}} = \frac{L}{v}, \quad (5.10)$$

где L – длина пошагового перемещения объекта (шаг сборочного конвейера), м; v – скорость транспортирования объекта, м/мин.

Принимаем по рекомендациям [1] из рекомендуемого диапазона значений $v = 15 \dots 20$ м/мин для периодически движущихся конвейеров расчётное значение $v = 20$ м/мин.

Тогда при ориентировочно назначенном шаге позиций конвейерной линии $L = 2$ м время транспортировки составляет

$$t_{\text{тр}} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ мин.}$$

Плотность сборки по каждой позиции примем равным $\Pi = 1$.

Тогда расчётная формула (5.9) примет следующий вид:

$$M_{\text{сб.р}i} = \frac{T_{\text{шт}i}}{(1,6-0,1) \cdot 1} = \frac{T_{\text{шт}i}}{1,5}.$$

Расчётное и принятые значения числа рабочих позиций по каждой операции по выше приведённой формуле, а также коэффициенты их загрузки приведены в табл. 5.8.

5.8. Расчётное и принятое число рабочих мест сборочной поточной линии

Операции	$T_{\text{шт}}, \text{ мин}$	Число рабочих мест на операцию		Коэффициент загрузки рабочих позиций
		$M_{\text{сб.р}}$	$M_{\text{сб.пр}}$	
005. Сборка	0,921	0,614	1	0,61
010. Сборка	1,496	0,997	1	0,997
015. Сборка	1,496	0,977	1	0,997
020. Контрольная	0,021	0,014	1	0,014
025. Сборка	1,282	0,855	1	0,86
030. Регулирование	1,534	1,02	1	1,02
035. Контрольная	0,300	0,2	1	0,2
040. Сборка	1,442	0,96	1	0,96
045. Сборка	1,419	0,946	1	0,95
050. Сборка	1,184	0,789	1	0,79
055. Контрольная	0,180	0,12	1	0,12
060. Сборка	1,206	0,804	1	0,80
065. Сборка	1,519	1,03	1	1,013
070. Сборка	1,530	1,02	1	1,02
075. Сборка	1,511	1,007	1	1,007
080. Контрольная	0,200	0,133	1	0,13
085. Клеймение	0,055	0,037	1	0,037
090. Слесарная	0,441	0,294	1	0,29
Суммарное значение, $\sum T_{\text{шт}i}$	17,737	11,820	18	0,87*

* – без учёта контрольных операций.

Как видно из приведённой таблицы, значения K_3 рабочих позиций находятся в интервале $K_3 = 0,6 \dots 1,1$. Коэффициент загрузки контрольных позиций невысок и составляет $K_3 = 0,12 \dots 0,2$. Это предполагает обслуживание этих позиций в конвейере одним контролёром.

Средний коэффициент загрузки рабочих на сборочных позициях составляет

$$K_3 = \frac{0,61 + 0,997 + 0,997 + 0,86 + 1,02 + 0,96 + 0,95 + 0,79 + 0,80 + 1,013 + 1,02}{13} + \frac{1,01 + 0,29}{13} = \frac{11,32}{13} = 0,87.$$

Средний коэффициент загрузки контрольных операций составляет

$$K_{3.к} = \frac{1}{5}(0,014 + 0,2 + 0,12 + 0,13 + 0,037) = 0,501/5 = 0,1.$$

Таким образом, коэффициент загрузки рабочих позиций сборочной поточной линии составляет $K_3 = 0,87$, что является удовлетворительным показателем проекта для поточных линий массового производства, т.е. удовлетворяет условию $K_3 \geq 0,75$ [2].

5.2.2.3. Расчёт числа рабочих-сборщиков и синхронизация их работы во времени

Число основных рабочих слесарей-сборщиков при поточной сборке рассчитывается по формуле [2]

$$P_{сб} = \frac{T_{шт} N_{г.р}}{60 \Phi_p m K_m}, \quad (5.11)$$

где $N_{г.р}$ – годовой объём сборки редукторов, шт.; $T_{шт}$ – трудоёмкость расчётной сборочной операции, мин; Φ_p – расчётный годовой фонд времени работы сварщика, ч; m – принятое число рабочих смен; K_m – коэффициент многостаночного (многопозиционного) обслуживания рабочих позиций одним рабочим.

Расчётное число рабочих сборщиков $P_{сб.р}$ также округляется в сторону большего целого числа и получается таким образом принятое число рабочих $P_{сб.пр}$ с их коэффициентом загрузки $K_3 = P_{сб.р}/P_{сб.пр}$.

Допускается перегрузка рабочего до 10% во времени, т.е. принятие коэффициента $K_3 \leq 1,1$ [2].

Принимаем по имеющимся данным следующие значения, входящих в формулу (5.11) составляющих:

$$N_{г.р} = 140\,000 \text{ шт.}; \Phi_p = 1860 \text{ ч [10, с. 23]}; m = 2; K_M = 1.$$

Подставляя их в формулу (5.11), получим следующий её вид для расчётов:

$$P_{сб} = \frac{T_{шт\ i} \cdot 140\,000}{60 \cdot 1860 \cdot 2 \cdot 1} = 0,627 T_{шт\ i}.$$

Расчётное и принятое число рабочих-сборщиков на каждой позиции сборочного конвейера сведены в табл. 5.9.

Из анализа расчётных и принятых значений слесарей-сборщиков в табл. 5.9 можно сделать следующее заключение.

1. Средний коэффициент загрузки на контрольных позициях, даже при объединении их обслуживания одним контролёром составляет $K_3 = 0,32$, однако ввиду специфики квалификации этих работ и перемещения их во времени работы практически по всей длине линии, очевидно, повысит коэффициент занятости контролёра примерно в два раза, т.е. довести K_3 до 0,62, возможно, и более.

2. Невысокие значения коэффициентов загрузки на первой 005 и последней 090 операциях, связанных с загрузкой на конвейер и выгрузкой с конвейера собранного изделия $K_3 = 0,58$ и $K_3 = 0,28$ соответственно, являются справедливыми, поскольку эти операции мало прогнозируемые в плане надёжности их работы, например, из-за возможных отказов консольных кранов, используемых при погрузке картера на спутник конвейера, что может привести к использованию живого труда слесаря, возможной взаимозаменяемости при выполнении этих операций, находящихся рядом в работе конвейера.

3. Несколько заниженное среднее значение коэффициента загрузки слесарей-сборщиков на основных операциях $K_3 = 0,82$ от рекомендуемого $K_3 = 0,95 \dots 1,0$ [2] позволяет не привлекать «скользящих» рабочих (для замены временно отсутствующих), составляющих до 5% от $M_{сб.пр}$, т.е. $14 \cdot 0,05 = 0,7$ рабочего.

Таким образом, для выполнения заданной программы сборки $n_{см} = 285$ редукторов в смену на поточной линии сборки, состоящей из $M_{сб} = 18$ позиций, потребуется $P_{сб} = 13$ основных рабочих-сборщиков и один контролёр ОТК со средним коэффициентом загрузки основных

рабочих $K_3 = 0,82$. Имеющийся резерв времени можно использовать для организации рабочего места по своевременной доставке комплектующих изделий на рабочие позиции, самостоятельной наладки сборочного оборудования и оснастки, взаимозаменяемости выполнения работ на смежных операциях.

5.9. Расчётное значение и принятое число рабочих-сборщиков на поточной линии

Операции	$T_{шт}$, мин	Число рабочих мест на операцию		Коэффициент загрузки рабочих позиций
		$M_{сб.р}$	$M_{сб.пр}$	
005. Сборка	0,921	0,577	1	0,58
010. Сборка	1,496	0,938	1	0,94
015. Сборка	1,496	0,938	1	0,94
025. Сборка	1,282	0,804	1	0,80
030. Регулирование	1,534	0,962	1	0,96
040. Сборка	1,442	0,904	1	0,91
045. Сборка	1,419	0,89	1	0,89
050. Сборка	1,184	0,742	1	0,74
060. Сборка	1,206	0,756	1	0,76
065. Сборка	1,519	0,952	1	0,95
070. Сборка	1,530	0,959	1	0,96
075. Сборка	1,511	0,947	1	0,95
090. Слесарная	0,441	0,277	1	0,28
020, 035, 055, 080, 085. Контрольные	0,756	0,474	1	0,47
Суммарное значение $\sum T_{шт i}$	17,737	10,960	14	0,82*

* – без учёта контрольных операций.

5.2.2.4. Расчёт основных параметров сборочного конвейера и планировка рабочего места

5.2.2.4.1. Планировка рабочей позиции сборочного конвейера

К основным рабочим параметрам конвейера относятся тип и способ перемещения объектов сборки конвейером, скорость перемещения, такт срабатывания, длина рабочей зоны, общая ширина и длина рабочей части конвейера, занимаемая площадь.

Ввиду большого числа сборочных позиций конвейера общей сборки редуктора ($M_{сб} = 18$ позиций) с целью сокращения его протяжённости выбираем конструкцию конвейера замкнутого типа с цепным приводом от звёздочек, расположенного в конце ветвей конвейера. Здесь на рис. 5.5 представлена схематично его конструкция для определения расчётных характеристик рабочего места конвейера.

Шаг конвейера t_k определяется по формуле

$$t_k = l + l_1, \quad (5.12)$$

где l – длина собираемого изделия, мм; l_1 – расстояние между сборочными позициями, принимаемое из удобства выполнения сборки в пределах 300...1500 мм [11].

Размер l для редуктора определяется его посадочным размером в горловину картера моста и составляет $\varnothing 360$ мм. По этому размеру примем размер приспособления-спутника 3 в виде квадрата со стороной в плане $l_n = 400$ мм.

Размер l_1 участвует в образовании расстояния между позициями и определяется размерами оборудования сборочной позиции. На каждой сборочной позиции должен быть верстак слесарный с набором инструментов, на который можно также установить ящичную тару с комплектующими деталями. Примем верстак марки СМЗ-743-ОУ с габаритными размерами 250×750×850 мм [2], разместив его длинной стороной перпендикулярно сборочной линии для удобства принимаемой тары с комплектующими изделиями. Оставив свободный проход между верстаками и смежной позицией, равным 550 мм [2], получим следующее значение величин l_1 и t_k (см. рис. 5.5):

$$l_1 = 750 + 550 = 1300 \text{ мм},$$

$$t_k = 500 + 1300 = 1800 \text{ мм}.$$

Такие же расчёты справедливы при расположении слесарных верстаков параллельно сборочной линии конвейера.

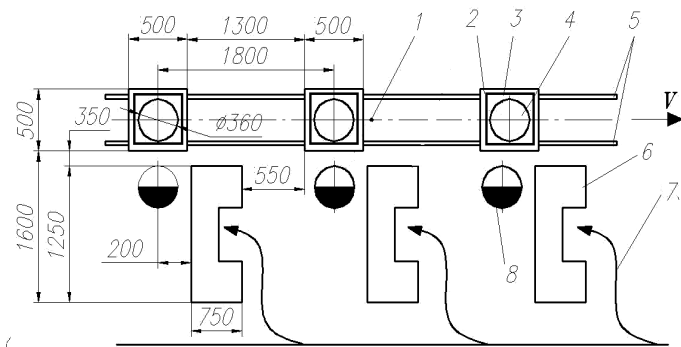


Рис. 5.5. Схема планировки сборочной позиции конвейера:

1 – тяговая цепь конвейера; 2 – платформа; 3 – приспособление-спутник;
4 – сборочный объект (редуктор); 5 – направляющие конвейера; 6 – слесарный
верстак; 7 – грузопотоки комплектующих; 8 – рабочее место сборщика

Размер платформы 2 конвейера увеличим по сравнению с размерами приспособления-спутника до 500 мм, т.е. примем её форму также в виде квадрата 500х500 мм. Таким образом, размер l в наших расчётах составит $l = 500$ мм.

5.2.2.4.2. Устройство и планировка сборочного конвейера

Схема устройства сборочного конвейера показана на рис. 5.6.

По компоновочному решению (рис. 5.6) сборочный участок состоит из цепного конвейера 1 с замкнутыми рабочими ветвями, состоящего из 18 рабочих позиций; двух буферных сборочных конвейеров 2 и 3 поузловой сборки, состоящих каждый из двух сборочных позиций, установленных в начале сборки; одного трёхпозиционного конвейера 4 поузловой сборки дифференциала, оборудованного консольным краном 5, для переноса собранного дифференциала на позицию общей сборки редуктора; площадки 6 для технологического задела корпусов редуктора в начале сборки и площадки 7 для разгрузки собранных редукторов. Обе площадки 6 и 7 обслуживаются одним консольным краном 8.

Сборочная ветвь конвейера (см. рис. 5.6) состоит из роликотяговой цепи 1 с закреплёнными на ней платформами 2, соответствующими числу рабочих позиций конвейера $M_{сб} = 18$. На каждой из платформ

смонтированы приспособления-спутники 3, на которые в начале сборки закрепляется картер редуктора 4. Вся конструкция конвейера смонтирована на эстакаде с индивидуальной опорой каждой тележки платформы на соответствующие направляющие 5, выполненные по всей длине эстакады. Устойчивость платформ при выполнении сборочных работ обуславливается значительной собственной массой редуктора ($M = 42 \text{ кг}$).

Такт сборки обеспечивается наличием в приводе мальтийского креста, сконструированного специально для обеспечения заданной ритмичности перемещения объекта $\tau_c = 1,6 \text{ мин}$.

Поузловая сборка механизмов редуктора осуществляется параллельно с общей сборкой с тем же тактом сборки $\tau_c = 1,6 \text{ мин}$. Для этого к соответствующим сборочным позициям пристыкованы буферные сборочные конвейеры с перемещением ленточными транспортерами собранных единиц к соответствующим сборочным позициям конвейера общей сборки.

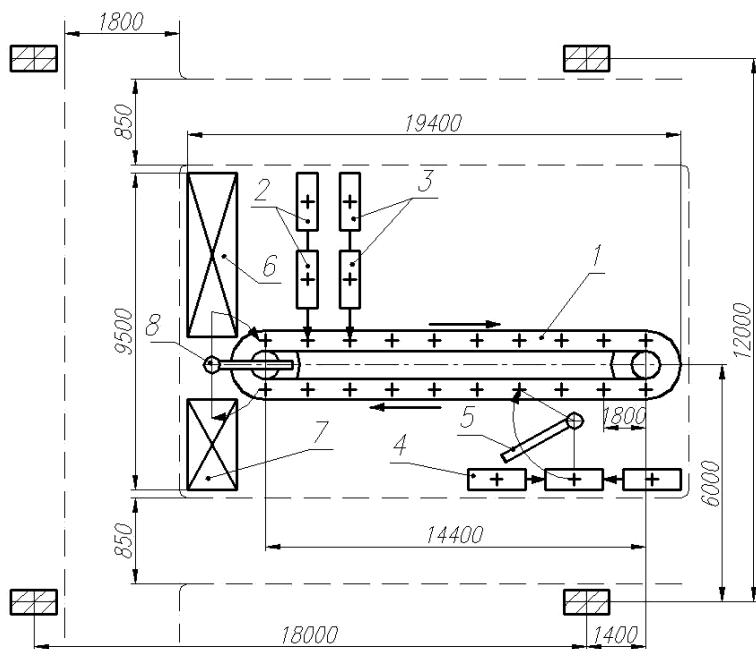


Рис. 5.6. Компоновочная схема участка поточной сборки редуктора

Таких буферных сборочных конвейера три:

1. Сборочный конвейер по сборке сборочной единицы ТСБ-2 «Шестерня коническая ведущая в сборе с валом»;

2. Сборочный конвейер по сборке сборочной единицы ТСБ-4 «Шестерня коническая ведомая в сборе с валом»;

3. Сборочный конвейер по сборке сборочной единицы ТСБ-5 «Дифференциал в сборе с шестернёй ведомой цилиндрической».

По существующей маршрутной технологии сборки эти конвейеры пристыковываются к сборочным позициям при выполнении операций 010, 015 и 065 соответственно.

Рабочая длина конвейера, состоящего из двух сборочных ветвей с общим числом $M_{сб} = 18$, позиций с шагом $t_k = 1800$ мм каждая, определяется по формуле [2]

$$L_k = \left(\frac{M_{сб}}{2} - 1 \right) t_k + D_3, \quad (5.13)$$

где D_3 – диаметр приводной звёздочки, мм.

Примем длину части конвейера, находящейся на полуокружности звёздочек, равной шагу t_k , т.е. $t_k = \frac{\pi D_3}{2} t_k$, откуда найдём диаметр звёздочек D_3 как

$$D_3 = \frac{2t_k}{\pi} = \frac{2 \cdot 1800}{3,14} = 1146 \text{ мм.}$$

Тогда длина конвейера, состоящая из двух ветвей на приводных звёздочках $D_3 = 1146$ мм, составит при шаге $t_k = 1800$ мм и длине платформы L_p

$$L_k = 1800 \cdot 9 + 1146 + 500 = 16\,200 + 1146 + 500 = 17\,846 \text{ м.}$$

Развёртка длины конвейера составит

$$L_{p.k} = M_{сб} t_k = 18 \cdot 1800 = 32\,400 \text{ мм.}$$

Рекомендуемые скорости перемещения v конвейеров периодического действия рекомендуют принимать из диапазона $v = 15 \dots 20$ м/мин [2].

С учётом определённого значения $t_k = 1,8$ м и принятого времени, затрачиваемого на транспортирование, в расчётах такта сборки $t_{тр} = 0,1$ мин назначим скорость перемещения сборочного объекта конвейера $v = 18$ м/мин.

Как видно из компоновочной схемы, сборочный участок расположен в соответствии с рекомендациями [2] перпендикулярно пролётам механосборочного цеха и по своим габаритным размерам вписывается в принятую сетку колонн 18×12 м, с предусмотрением места для продольного и поперечного проездов шириной 1,8 и 1,25 м для грузопотоков комплектующих изделий. Площадки для размещения комплектующих изделий, в основном в ящичной таре, предусмотрены на каждом слесарном верстаке рабочей позиции слесаря-сборщика.

При планировке оборудования пользовались нормами технологического проектирования рабочих мест механосборочных цехов, приведённых в работе [2].

В таблице 5.10 приведены основные технические характеристики сборочного участка.

5.10. Основные технические характеристики поточной сборки редукторов

Технический показатель	Характеристика
1. Годовой объём сборки редукторов, шт.	140 000
2. Объём сменного задания, шт.	285
3. Такт сборки, с	1,6
4. Транспортируемая масса, кг	42
5. Число платформ конвейера, шт.	18
6. Скорость транспортирования, м/мин	18
7. Число рабочих в смену, человек:	
на участке	23
на конвейере	15
8. Число контрольных позиций на конвейере, шт.	3
9. Число контролёров, человек	1
10. Габаритные размеры конвейера, мм:	
длина	16 050
ширина	1650
высота	850
11. Площадь сборочного участка (без проездов), м ²	184
12. Установленная мощность электродвигателя, кВт	12
13. Грузоподъёмность кран-балок, т	0,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены основные сведения о машиностроительном производстве и структуре машиностроительного завода; цель и задачи проектирования машиностроительного производства, содержание этапов проектирования, касающихся раздела «Технологические расчёты», проекта машиностроительного предприятия; методики расчёта основного и вспомогательного оборудования механосборочных цехов, расчёта численности работающих, расчётов производственной и вспомогательной площадей цехов, служебно-бытовых помещений; рекомендации и правила компоновки и планировки оборудования, расчёта основных параметров производственного здания цеха, технико-экономических показателей проекта; примеры расчёта механических и сборочных участков цеха.

Изложены содержание, методика выполнения и варианты заданий самостоятельной работы студентов.

Полученные знания и навыки способствуют усвоению основных разделов дисциплины «Проектирование машиностроительного производства» и успешному выполнению квалификационной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНИП 11-01–95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. – М. : Государственный комитет РФ по делам строительства. – 1995. – 17 с.
2. Вороненко, В.П. Проектирование механосборочных цехов : учебник / В.П. Вороненко, Г.Н. Мельников. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.
3. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М.Е. Егоров. – М. : Высш. шк., 1963. – 480 с.
4. Адам, А.Е. Проектирование машиностроительных заводов. Расчёт технологических параметров механосборочного производства : учебное пособие / А.Е. Адам. – М. : Высш. шк., 2004. – 101 с.
5. Айзенберг, В.И. Проектирование машиностроительных заводов и цехов : справочник в 6 томах / В.И. Айзенберг, М.Е. Зельдис, Ю.Л. Казанский [и др.] Т. 4: Проектирование механических, сборочных цехов, цехов защитных покрытий / под ред. З.И. Соловья. – М. : Машиностроение, 1975. – 326 с.
6. Киселев, Е.С. Практические и тренировочные задания по проектированию механосборочных, инструментальных и ремонтно-механических цехов : учебно-практическое пособие / Е.С. Киселев. – Ульяновск : Венец, 1999. – 49 с.
7. Бударин, А.М. Компоновка и планировка механосборочных цехов : учебное пособие / А.М. Бударин. – Ульяновск : УлПИ, 1975. – 124 с.
8. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха) : учебное пособие / В.М. Балашов и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : Изд-во ТНТ, 2009. – 200 с.
9. Организация инструментального хозяйства машиностроительного завода ОМТРМ 0662-003–87. – Ч. 2. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : НИИМАШ, 1987. – 214 с.
10. Проектирование гибких производственных систем механической обработки деталей. МР-040-79–86, МР-040-080–86. – М. : НПО «Оргстанкинпром», 1986.
11. Хватов, Б.Н. Гибкие производственные системы. Расчёт и проектирование : учебное пособие / Б.Н. Хватов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 112 с.
12. ОСТ 23.4.261–86. Правила разработки и оформления технологических планировок. Обозначения условные графические. – М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1986. – 17 с.

13. СНиП 2.09.02–85. Строительные нормы и правила. Производственные здания. – М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1985. – 14 с.

14. СНиП 2.09.04–87. Строительные нормы и правила. Административные и бытовые здания. – М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1987. – 50 с.

15. Ванин, В.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении : учебное пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.

16. Анохин, В.И. Отечественные автомобили / В.И. Анохин. – М. : Машиностроение, 1964. – 780 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

П1. Варианты заданий к курсовой работе

№ варианта	Номер детали для участка, проектируемого по точной программе	Номера деталей для участков, проектируемых укрупнённо			
	Таблицы [15]	Таблица П2			
1	2	3	4	5	6
1	П1	1,1	2,1	3,1	4,1
2	П2	5,1	6,1	7,1	8,1
3	П3	9,1	10,1	11,1	12,1
4	П4	13,1	14,1	15,1	16,1
5	П5	17,1	18,1	19,1	20,1
6	П6	21,1	22,1	23,1	24,1
7	П7	25,1	26,1	27,1	28,1
8	П8	1,3	2,3	3,3	4,3
9	П9	5,3	6,3	7,3	8,3
10	П10	9,3	10,3	11,3	12,3
11	П11	13,3	14,3	15,3	16,3
12	П12	17,3	18,3	19,3	20,3
13	П13	21,3	22,3	23,3	24,3
14	П14	25,3	26,3	27,3	28,3
15	П15	1,4	2,4	3,4	4,3
16	П16	5,4	6,4	7,4	8,3
17	П17	9,4	10,4	11,4	12,3
18	П18	13,4	14,4	15,4	16,3
19	П19	17,4	18,4	19,4	20,3

Продолжение прил. П1

№ варианта	Номер детали для участка, проектируемого по точной программе	Номера деталей для участков, проектируемых укрупнённо			
	Таблицы [15]	Таблица П2			
20	П20	21,4	22,4	23,4	24,3
21	П21	25,4	26,4	27,4	28,4
22	П22	1,7	2,7	3,7	4,7
23	П23	5,7	6,7	7,7	8,7
24	П24	9,7	10,7	11,7	12,7
25	П25	13,7	14,7	15,7	16,7
26	П26	17,7	18,7	19,7	20,7
27	П27	21,7	22,7	23,7	24,7
28	П28	25,7	26,7	27,7	28,7
29	П29	1,9	2,9	3,9	4,9
30	П30	5,9	6,9	7,9	8,9
31	П31	9,9	10,9	11,9	12,9
32	П32	13,9	14,9	15,9	16,9

П2. Примерное число станко-минут, затрачиваемых на механическую обработку основных деталей грузовых и легковых автомобилей (по проектам для поточно-массового производства)

№ детали по варианту	Детали	Грузовые автомобили грузоподъемностью, т										Легковые автомобили													
		2,5					3,5...4					5...7		малолитражные		четырёхместные									
		Годовой выпуск тыс. шт.																							
1	2	100	200	400	100	200	400	30	60	100	60	100	60	100	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Варианты заданий		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11												
1	Блок двигателя	95,0	76,0	56,0	110,0	88,0	66,0	256,0	87,5	76,0	109,0	95,0													
2	Головка блока	7,5	6,0	4,4	8,7	6,9	5,2	20,0	6,9	6,0	8,7	7,5													
3	Коленчатый вал	92,3	74,0	54,3	107,0	85,6	64,0	249,0	85,0	74,0	106,0	92,3													
4	Распределительный вал	45,5	36,0	26,6	52,0	41,6	31,2	121,5	41,5	36,0	51,8	45,0													
5	Шатун с крышкой	8,2	6,5	4,8	9,5	7,6	5,7	22,1	7,5	6,5	9,4	8,2													
6	Маховик	11,2	8,9	6,7	13,0	10,4	7,8	30,2	10,3	8,9	12,9	11,2													
7	Поршень	3,4	2,7	2,0	4,0	3,2	2,4	9,3	3,1	2,7	3,9	3,4													
8	Поршневой палец	0,9	0,7	0,5	1,15	3,2	0,6	2,7	0,9	0,7	1,1	0,9													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	Поршневое компрессионное кольцо	0,4	0,3	0,2	0,5	0,9	0,3	1,1	0,3	0,3	0,4	0,4
10	Впускной клапан	1,3	1,1	0,8	1,6	0,4	0,9	3,7	1,2	1,1	1,5	1,3
11	Блок шестерён	13,8	11,0	8,3	16,0	1,2	9,6	37,2	12,7	11,0	15,9	13,8
12	Шестерня коробки передач	12,9	10,3	7,7	15,0	12,0	9,0	34,8	11,9	10,3	14,8	12,9
13	Первичный вал коробки передач	22,8	18,2	13,5	26,5	21,2	15,9	61,5	21,0	18,2	26,2	22,8
14	Вторичный вал коробки передач	25,8	20,6	15,4	30,0	24,0	18,0	69,6	23,8	20,6	29,7	25,8
15	Картер	23,3	18,7	13,7	27,0	21,6	16,2	63,0	21,4	18,7	26,8	23,3
16	Червяк руля	4,1	3,3	2,4	4,8	3,8	2,8	11,2	3,8	3,3	4,7	4,1
17	Картер руля	8,3	6,6	4,9	9,6	7,7	5,7	22,4	7,6	6,6	9,5	8,3
18	Сателлит дифференциала	3,6	2,7	2,1	14,5	3,3	2,5	9,8	3,3	2,7	4,1	3,6
19	Поворотный кулак	19,8	15,8	11,7	23,0	18,4	13,8	53,5	18,2	15,8	22,8	19,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	Скользкая вилка карданного вала	10,3	8,2	6,2	12,0	9,6	7,2	27,8	9,5	8,2	11,8	10,3
21	Фланец кардана	8,3	6,6	4,9	9,6	7,7	5,7	22,4	7,6	6,6	9,5	8,3
22	Полуось	12,5	10,0	7,5	14,5	11,6	8,7	33,8	11,5	10,0	14,4	12,5
23	Ступица колеса	6,3	5,0	3,7	7,3	5,8	4,4	17,0	5,8	5,0	7,2	6,3
24	Тормозной барабан	4,7	3,7	2,7	5,2	4,1	3,1	12,7	4,3	3,7	5,4	4,7
25	Шестерня полуоси	6,4	5,1	3,8	7,5	6,0	4,5	17,4	5,9	5,1	7,4	6,4
26	Коническая задняя ведущая шестерня	12,9	10,3	7,7	15,0	12,0	9,0	34,8	11,9	10,3	14,8	12,9
27	Коническая ведомая шестерня	7,7	6,2	4,5	9,0	7,2	5,4	20,9	7,12	6,2	8,9	7,7
28	Крестовины дифференциала	5,8	4,6	3,4	6,8	5,4	4,1	15,8	5,4	4,6	6,7	5,8

**ПЗ. Приближённые формулы для определения норм времени
по размерам обрабатываемой поверхности.
Основное технологическое время $T_0 \cdot 10^{-3}$ мин**

Вид обработки	Эмпирическая формула
1	2
Черновая обточка за один проход	$0,17dl$
Чистовая обточка по 4-му классу точности	$0,1dl$
Чистовая обточка по 3-му классу точности	$0,17$
Черновая подрезка торца	$0,037(D^2 - d^2)$
Черновая подрезка торца	$0,052(D^2 - d^2)$
Отрезание	$0,19D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,63(D^2 - d^2)$
Шлифование грубое по 4-му классу точности	$0,07dl$
Шлифование чистовое по 3-му классу точности	$0,1dl$
Шлифование чистовое по 2-му классу точности	$0,15dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,18dl$
Сверление отверстий	$0,52dl$
Рассверливание $d = 20 \dots 60$	$0,31dl$
Зенкерование	$0,21dl$
Развёртывание черновое	$0,43dl$
Развёртывание чистовое	$0,86dl$
Внутреннее шлифование отверстий 3-го класса точности	$1,5dl$
Внутреннее шлифование отверстий 2-го класса точности	$1,8dl$
Черновое растачивание отверстий за один проход	$0,2dl$
Черновое растачивание под развёртку	$0,3dl$
Развёртывание плавающей развёрткой по 3-му классу точности	$0,27dl$

1	2
Развёртывание плавающей развёрткой по 2-му классу точности Здесь d – диаметр; l – длина обрабатываемой поверхности; D – диаметр обрабатываемого торца; $D - d$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца	$0,52dl$
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (l – длина протяжки, мм)	$T_o = 0,4dl$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$T_o = 0,065Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$T_o = 0,034Bl$
Фрезование черновое торцевой фрезой: за проход чистовое	$T_o = 6l$ $T_o = 4l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$T_o = 7l$
Шлифование плоскостей торцом круга Здесь B – ширина обрабатываемой поверхности, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм	$T_o = 2,5l$
Фрезерование зубцов червячной фрезой ($D = 80 \dots 300$)	$T_o = 2,2Db$
Обработка зубцов червячных колёс ($D = 100 \dots 400$) Здесь D – диаметр зубчатого колеса, мм; b – длина зуба, мм	$T_o = 60,3D$
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$T_o = 9lz$
Шлицешлифование Здесь l – длина шлицевого валика, мм; z – число шлицев	$T_o = 4,6lz$
Нарезание резьбы на валу ($d = 32 \dots 120$)	$T_o = 19dl$
Нарезание метчиком отверстий ($d = 10 \dots 24$) Здесь d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм	$T_o = 0,4dl$
Штучно-калькуляционное время	$T_{шт.-к} = \varphi_k T_o$

Норма штучно-калькуляционного времени по приближённым данным: $T_{шт.-к} = \varphi_k T_o$, где φ_k – коэффициент, зависящий от сложности обслуживания оборудования (табл. П4).

П4. Величина коэффициента Φ_k

Виды станков	Производство	
	средне- и мелкосерийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	–	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	–
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	–
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	4
1.1. Классификация машиностроительных производств	4
1.2. Состав машиностроительного завода	5
1.3. Основные понятия о производственном процессе	7
1.4. Производственный цех. Состав оборудования, площадей и контингента работающего персонала	10
2. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ	13
2.1. Цель и задачи проектирования	13
2.2. Проектные организации	14
2.3. Состав и содержание проектной документации	14
2.4. Предпроектное обследование и подготовка исходных данных	15
2.4.1. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО)	15
2.4.2. Аванпроект	16
2.4.3. Задание на создание производственной системы	16
2.5. Технологические решения проекта машиностроительного производства	17
2.6. Критерии оптимизации и алгоритм проектных решений	18
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ ...	21
3.1. Анализ исходных данных и выбор типа производства	21
3.2. Производственная программа и методы проектирования цеха	22
3.3. Режим работы и фонды рабочего времени	26
3.4. Принципы организации участков и цехов	28
3.5. Станкоёмкость и трудоёмкость механической обработки	33
3.6. Состав и количество оборудования основной системы	37
3.7. Разработка схем плана расположения оборудования основной системы	41
3.8. Состав работающих и расчёт его численности	50
3.8.1. Производственные рабочие	50
3.8.2. Расчёт вспомогательных рабочих	56
3.8.3. Расчёт численности ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала	57

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ЦЕХА МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА. КУРСОВАЯ РАБОТА	61
4.1. Цель и задачи курсовой работы	61
4.2. Состав курсовой работы и выбор варианта задания	61
4.3. Методические указания к выполнению разделов курсовой работы	62
4.3.1. Анализ номенклатуры, расчёт станкоёмкости производственной программы, формирование производственных участков цеха	62
4.3.2. Выбор типа производства и формы организации его на участках	65
4.3.3. Проектирование участка цеха по точной программе	67
4.3.4. Проектирование участков цеха по укрупнённой методике	76
4.3.5. Проектирование сборочного участка цеха	80
4.3.6. Определение состава и расчёт вспомогательных и служебно-бытовых помещений цеха	86
4.3.7. Выбор типа здания и компоновочно-планировочное решение площадей цеха	94
4.3.8. Общая планировка механического цеха	99
5. ПРИМЕРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ	103
5.1. Расчёт и планировка производственного участка механической обработки детали «Фланец» редуктора заднего моста автомобиля	103
5.1.1. Анализ исходных данных	103
5.1.2. Технологические расчёты участка	106
5.1.3. Состав оборудования и планировка поточной линии	112
5.1.4. Расчёт параметров производственного здания участка ...	115
5.2. Расчёт и планировка сборочного участка редуктора заднего моста автомобиля ЗИЛ-131	117
5.2.1. Анализ исходных данных	117
5.2.2. Технологические расчёты сборочного участка	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	131
ПРИЛОЖЕНИЯ	133