

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 19.10.2023 15:11:13
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Рязанский институт (филиал)
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Механико-технологические дисциплины»

А.С. Асаев, С.Е. Корнаухова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания по выполнению курсового проекта

Рязань
2021

УДК 621.002(076.5)
ББК 34.5Я73
А90

Асаев, А.С.

А90 Проектирование машиностроительного производства: Методические указания по выполнению курсового проекта / А.С. Асаев, С.Е. Корнаухова. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2021. – 59 с.

Методические указания содержат информацию о методике выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Проектирование машиностроительных производств». В пособии даны краткие теоретические сведения о последовательности проектирования автоматизированного участка.

Методические указания по выполнению курсового проекта предназначены для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.05 –Технология машиностроения.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 621.002(076.5)
ББК 34.5Я73

© Асаев А.С., Корнаухова С.Е., 2021
© Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2021

Содержание

Введение	4
1 Основные стадии проектирования промышленного предприятия	5
2 Структура завода с полным производственным циклом	6
3 Проектирование механических цехов	8
3.1 Фонды рабочего времени	10
3.2 Производственная программа цеха	11
3.3 Определение потребного количества оборудования	16
3.4 Рабочий состав цеха и определение его численности	19
4 Планировка оборудования и рабочих мест в цехе	20
5 Экологическая безопасность	25
6 Проектирование сборочных цехов	28
7 Расчёт необходимого количества подъёмно-транспортного оборудования	36
8 Пример выполнения элементов основной части курсового проекта	38
8.1 Описание, назначение и конструкция детали	38
8.2 Материал детали и его характеристики	40
8.3 Выбор способа получения заготовки	40
8.4 Выбор варианта ТП обработки	41
8.5 Выбор оборудования	43
8.6 Проектирование автоматизированного участка	48
8.7 Описание автоматизируемой системы проектируемого участка ...	52
8.8 Расчёт циклограммы работы роботизированного комплекса	54
8.9 Графическая часть курсового проекта	56
Заключение	57
Библиографический список	58

Введение

Достижение максимальной эффективности машиностроительного производства, возможность выпуска конкурентоспособной продукции, гибкое реагирование на рыночную конъюнктуру невозможны без рационального подхода к проектированию предприятий. Достижение максимальной эффективности во многом зависит от рационального выбора:

- состава цехов (подразделений);
- номенклатуры оборудования;
- организации транспортного и энергетического хозяйства предприятия.

Кроме того, обеспечение экологической безопасности производства и соответствия нормам безопасности труда также во многом закладывается на стадии проектирования предприятия.

1 Основные стадии проектирования промышленного предприятия

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

Генеральным планом завода называется чертёж, на котором нанесено расположение всех его зданий и сооружений, рельсовых и безрельсовых дорог, подземных и наземных сетей, увязанных с рельефом и благоустройством территории.

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

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

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

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

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

- расположение источников сырья и энергоносителей;

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

2 Структура завода с полным производственным циклом

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

Основные производственные цеха – подразделения предприятия, в которых выполняется обработка и сборка деталей, сборочных единиц и изделий, составляющих основную производственную программу предприятия. Среди них выделяют: заготовительные, обрабатывающие и сборочные цеха.

К заготовительным относятся:

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

К обрабатывающим относятся:

- механические;
- термические;
- прессовые (холодной штамповки);
- цеха металлических конструкций;
- металлопокрытий;
- окрасочные;
- деревообрабатывающие и др.

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

Вспомогательные цеха – обеспечивают нормальное функционирование основных производственных цехов или завода в целом:

- инструментальные;
- ремонтно-механические;
- ремонтно-строительные;
- электроремонтные;
- экспериментальные, модельные, абразивные и др.

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

Складское хозяйство включает в себя:

- материальные склады;
- склады твердого и жидкого топлива;
- склады средств производства (инструментальный, абразивный, склад штампов, приспособлений, моделей, металлотоваров, полуфабрикатов и т.д.)

Транспортное хозяйство (транспортный цех):

- устройства рельсового транспорта (депо)
- безрельсовый транспорт (гараж автомобилей, гараж и зарядная станция для электрокара и т.д.)

Обслуживающие подразделения:

- заводоуправление;
- центральная заводская лаборатория;
- столовая;
- медпункты;
- учебная сеть;
- охрана, сторожевые и пропускные пункты;
- связь и сигнализация;

- электронно-вычислительные и др. подразделения.

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

Основные принципы, лежащие в основе проектирования генерального плана:

- прямоточность технологических процессов;
- использование минимальной площади под застройку;
- сокращение коммуникаций.

3 Проектирование механических цехов

Классификация механических цехов.

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

- 1) тип (характер) производства;
- 2) характер конструкции и вес изделия (4 класса цехов);
- 3) размер цеха (по условному количеству металлорежущих станков).

Классификация по типу производства.

Для каждого типа производства характерны свои особенности технологического процесса (ТП) и форма организации производства (таблица 1).

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

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

Таблица 1 – Виды производства

Вид (тип) производства	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера		
	Крупных (>2 т)	Средних (от 100 кг до 2 т)	Лёгких (менее 100 кг)
Единичное	до 5	до 10	до 100
Серийное	от 5 до 1 000	от 10 до 5 000	от 100 до 50 000
Массовое	свыше 1 000	свыше 5 000	свыше 50 000

Серийное производство (самый распространенный тип производства):

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

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

Массовое производство – дальнейшее развитие серийного способа производства (наиболее совершенная организация производственного процесса). Изготовление изделий происходит путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций.

Основные этапы разработки проекта механического цеха:

1) разработка задания для проектирования цеха, исходя из производственной программы завода, чертежей, описаний конструкций, технических условий на изготовление изделий;

2) определение типа производства;

3) разработка технологического процесса механической обработки в зависимости от типа производства и его организационной формы;

4) определение количества станков и коэффициента их загрузки;

5) определение потребности цеха в электроэнергии, газе, паре, воде, сжатом воздухе;

6) определение необходимого рабочего состава цеха и его численности;

7) разработка плана расположения оборудования и определение производственной площади;

8) определение количества оборудования и площадей вспомогательных отделений служебных и бытовых помещений;

9) выбор типа транспортных и грузоподъемных средств и определение их количества;

10) компоновка цеха, определение основных размеров;

11) разработка схемы организации, управления и технического руководства.

Определение типа производства: через $K_{зо}$ – курс ТМС (там же расчёт величины партии).

3.1 Фонды рабочего времени

В процессе проектирования машиностроительных заводов различают календарный, номинальный и действительный фонды времени работы оборудования и рабочих.

Календарный годовой фонд времени: $24 \cdot 365 = 8760$ ч.

Номинальный годовой фонд времени работы (41 рабочий час в неделю):

- рабочих $\Phi_{кр} = 2070$ ч;

- оборудования: 1 сменная работа – 2070 ч; 2-х сменная – 4140 ч; 3-х сменная – 6210 ч;

Действительный годовой фонд времени: состоит из номинального фонда времени за исключением неизбежных потерь (отпуска, болезни, декретные отпуска и т.д.):

- 15 дней отпуска $\Phi_{оп} = 1860$ ч;

- 18 дней отпуска $\Phi_{оп} = 1840$ ч;

- 24 дня отпуска $\Phi_{оп} = 1820$ ч.

Действительный фонд рабочего времени оборудования, включая потери от простоя оборудования в планово-предупредительном ремонте от 3 до 4 % и

составляет от 4029 до 4015 ч для обычного оборудования; и 3904 ч (6 % потерь) – для уникального оборудования.

В серийном производстве запуск и выпуск готовой продукции происходит партиями

$$n = \frac{Q \cdot a}{F}, \quad (1)$$

где F – число рабочих дней в году, $F = 254$ дня.

a – число дней, на которое необходимо иметь запас деталей.

3.2 Производственная программа цеха

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

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

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

Приведённая программа определяется следующим образом:

- вся номенклатура изделия разбивается на группы, в каждую из которых входят изделия, сходные по конструкции и технологии изготовления;

- в каждой группе намечается типовое изделие представитель, по которому ведутся все расчёты;

- все другие изделия группы приводятся по трудоёмкости к изделию представителю с учётом их различия в массе, серийности программы и сложности механической обработки. Эти различия оцениваются коэффициентом приведения

$$K_0 = K_m \cdot K_{сер} \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где K_m – коэффициент приведения по массе;

$K_{сер}$ – коэффициент приведения по серийности;

$K_{сл}$ – коэффициент приведения по сложности.

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

где M_x – масса приводимого изделия, т (кг);

M – масса изделия представителя, т (кг).

$$K_{сер} = \left(\frac{Q}{Q_x}\right)^{0,15-0,2}, \quad (4)$$

где Q – годовой выпуск изделия представителя;

Q_x – годовой выпуск приведённого изделия.

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

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

В проектных организациях

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

где H_x – число оригинальных деталей в приводимом изделии;

H – число оригинальных деталей в изделии-представителе (таблица 2).

Таблица 2 – Определение приведённого количества изделий

Наименование изделия	Заданная программа			Приведённая программа				Приведённое количество изделий на годовую программу	
	Годовое кол-во шт., комплектов	Масса, т		Наименование базового изделия	Коэффициент приведения				
		одного изделия	годовой про- граммы		по массе	по серийности	по сложности		общий
Изд. А	400	0,8	320	Изд. А	1,0	1,0	1,0	1,0	400
Изд. Б	200	0,8	160		1,0	1,12	1,3	1,46	292
Изд. В	100	0,4	40		0,63	1,22	1,5	1,16	16
Всего:	700	–	520	Всего:				808	

Основные формы организации работ в цехе

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

Существуют следующие основные формы организации работы:

1) по видам оборудования, свойственная главным образом единичному производству; для отдельных деталей применяется в серийном производстве. Станки располагаются по признаку однородности обработки, т.е. создаются участки станков одного вида обработки – токарных, строгальных, фрезерных и др.;

2) предметная, свойственная главным образом серийному производству; для отдельных деталей применяется в массовом производстве. Станки располагаются в последовательности технологических операций для одной или не-

скольких деталей, требующих одинакового порядка обработки. В этой же последовательности образуется и движение деталей. Обработка деталей на станках производится партиями; при этом время выполнения операции на отдельных станках может быть не согласовано с временем операции на других станках. Изготовленные детали во время работы хранятся у станков и затем транспортируются целой партией. Здесь же может производиться и контроль деталей;

3) поточно-серийная или переменнo-поточная, свойственная серийному производству. Станки располагаются также в последовательности технологических операций для деталей, обрабатываемых на данной станочной линии. Производство идет партиями, причем детали каждой партии могут несколько отличаться одна от другой размерами или конструкцией, допускающими, однако обработку их на одном и том же оборудовании. Производственный процесс ведется таким образом, что время выполнения операции на одном станке согласовано с временем работы на следующем станке; детали данной партии перемещаются со станка на станок в последовательности технологических операций, создавая непрерывность движения деталей по станкам. Переналадка станков, приспособлений и инструментов при переходе на обработку сходных деталей других партий обеспечивается предварительной подготовкой. Норма времени на каждую операцию должна быть примерно одинакова;

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

ствами, иногда применяются и конвейеры, служащие здесь только в качестве транспортеров;

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

Различают несколько разновидностей работы непрерывным потоком:

а) работа непрерывным потоком с периодической подачей деталей (изделий) простыми транспортными устройствами без тягового элемента (рольганги, склизы, скаты, наклонные желоба и т. д.);

б) работа непрерывным потоком с периодической подачей деталей (изделий) транспортными устройствами с тяговым элементом. Передвижение деталей от одного рабочего места к другому производится при помощи механических транспортирующих устройств – конвейеров, которые двигаются периодически, толчками. Конвейер перемещает деталь через промежуток времени, соответствующий величине такта работы, в течение которого конвейер стоит, и выполняется рабочая операция, продолжительность которой примерно равна величине такта работы;

в) работа непрерывным потоком с непрерывной подачей деталей (изделий) также механическими транспортными устройствами с тяговым элементом. В этом случае механический конвейер движется непрерывно, перемещая расположенные на нём детали от одного рабочего места к другому. Операция выполняется во время движения конвейера, при этом деталь или снимается для выполнения операции (обработка на станках) или остается на конвейере, и в этом случае операция выполняется во время его движения (сборка изделия). Скорость движения детали вместе с конвейером соответствует такту, который поддерживается механически.

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

3.3 Определение необходимого количества оборудования

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

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

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

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

Расчёт оборудования по данным технологического процесса (точным способом) ведётся при разработке технического проекта цехов серийного и массового производства, когда трудоёмкость определяется по подробно разработанным технологическим процессам. В этом случае для обычного серийного (непоточного) производства расчёт ведётся по каждому типоразмеру станков, а для поточно-массового и поточно-серийного – для каждой операции.

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

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

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

$$C_p = \frac{t_{ум}}{\tau} \rightarrow C_{np},$$
$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_{д.об}}{Д} \text{ или } C_p = \frac{t_{in} \cdot Д}{60 \cdot \Phi_{д.об}} \quad (6)$$

– количество станков для выполнения одной операции в поточной линии.

Расчётное количество станков обычно округляется до ближайшего большего целого числа.

При поточно-серийном производстве количество станков определяется по формуле

$$C_p = \frac{t_{ум1} \cdot Д_1 + t_{ум2} \cdot Д_2 + \dots + t_{умn} \cdot Д_n}{60 \cdot \Phi_{д.об} \cdot K_n}, \quad (7)$$

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

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

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

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

В основу расчёта принимают следующие технико-экономические показатели:

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

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

Для многих машин средних размеров годовой выпуск в одну смену составляет от 35 до 40 т. Число станко·ч, затрачиваемое для изготовления 1 т изделий составляет от 50 до 57 станко·ч

$$C_p = \frac{D}{q \cdot m}, \quad (8)$$

где D – годовой выпуск продукции, т (шт.);

q – годовой выпуск с одного станка в одну смену, т (шт.);

m – число рабочих смен.

Расчётное количество станков по показателю, выражающему число станко·ч, затрачиваемых на 1 т или на 1 шт. готовых изделий определенных по формуле

$$C_p = \frac{h \cdot D}{\Phi_{д.об}}, \quad (9)$$

где h – количество станко·ч, затрачиваемых на 1 т или на 1 шт. готовых изделий.

Величины q и h берутся из справочника.

3.4 Рабочий состав цеха и определение его численности

В работе механического цеха участвуют:

- 1) производственные рабочие (гл. образом станочники);
- 2) вспомогательные рабочие;
- 3) МОП – младший обслуживающий персонал;
- 4) служащие;
- 5) ИТР – инженерно-технические работники;
- 6) СКП – счётно-конторский персонал.

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

Для единичного и серийного производства

Количество производственных рабочих станочников по виду работы (специальности) и по квалификации (разрядам) может определяться двумя способами:

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

Расчёт по общему нормированному времени

$$R_{cm} = \frac{T \sum_{шт-к}}{\Phi_{д.р} \cdot K_m}, \quad (10)$$

где T – трудоёмкость годового выпуска изделий, чел.·ч;

$\Phi_{д.р}$ – действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч (1860 ч, 1840 ч, 1820 ч);

K_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

Расчёт по заданному количеству станков

$$^3 = \frac{T \sum_{шт-к}}{\Phi_{д.об} \cdot C_n}, \quad (11)$$

отсюда $T_{\sum_{шт-к}} = \Phi_{д.об} \cdot C_n \cdot \eta_3$.

Подставив это значение в формулу (10), получается

$$R_{см} = \frac{\Phi_{д.об} \cdot C_n \cdot \eta_3}{\Phi_{д.р} \cdot K_m}. \quad (12)$$

Зная трудоёмкость для каждого типа станка, определяют количество рабочих-станочников по специальностям.

В проектной практике для определения K_m используют опытные данные из соответствующих отраслей машиностроения:

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

4 Планировка оборудования и рабочих мест в цехе

Планировка оборудования

Состав производственных отделений и участков механических цехов определяется характером изготавливаемых изделий, технологическим процессом, объёмом и организацией производства.

Пролётом называется часть здания, ограниченная в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн. Металлорежущие станки участков и линий механического цеха располагают в цехе одним из двух способов:

- по типам оборудования;
- в порядке технологических операций.

По порядку технологических операций – этот способ характерен для цехов серийного и массового производства. Станки располагаются в соответствии с технологическими операциями для обработки одноименных или нескольких разноименных деталей, имеющих схожий порядок операций. В мелкосерийном и среднесерийном производстве каждая группа станков выполняет

обработку нескольких деталей, имеющих аналогичный порядок операций, т. к. загрузить полностью все станки линии одной деталью не всегда возможно.

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

Основные принципы при размещении станков:

1) участки, занятые станками, должны быть по возможности наиболее короткими. В машиностроении длина участка составляет от 40 до 80 м;

2) станки вдоль участка могут располагаться в 2, 3 и более рядов. При расположении станков в 2 ряда между ними оставляется проход (проезд) для транспорта. При трёхрядном расположении станков может быть два или один проход. В последнем случае продольный проход образуется между одинарными и сдвоенными рядами станков. Для подхода к станкам сдвоенного ряда (станки расположены друг к другу тыльными сторонами), расположенным у колонн, между станками оставляют поперечные проходы. При 4-х рядном расположении устраивают 2 прохода: у колонн станки располагают в один ряд, а сдвоенный ряд – посередине;

3) станки могут располагаться по отношению к проезду вдоль поперек и под углом. При поперечном расположении станков затрудняется их обслуживание, т.к. нужно предусматривать поперечные проезды. Загрузочная сторона прутковых станков должна быть обращена к проезду, у остальных же станков сторона с приводом обращена к стене или колоннам. Для лучшего использования площади револьверные станки, автоматы, протяжные, расточные, продольно-фрезерные и продольно-шлифовальные располагают под углом;

4) в поточных линиях станки также могут устанавливаться в один или в два ряда. В последнем случае деталь в процессе обработки переходит с одного ряда на другой. В поточных линиях с применением рольгангов или других конвейеров станки могут устанавливаться относительно них параллельно, перпендикулярно, а также могут быть встроены в линию;

5) расстояние между станками, а также между станками и элементами зданий для различных вариантов расположения оборудования, а также ширина проездов в зависимости от различных видов транспорта регламентирована нормами технологического проектирования (таблица 3).

Таблица 3 – Нормы расстояний между станками

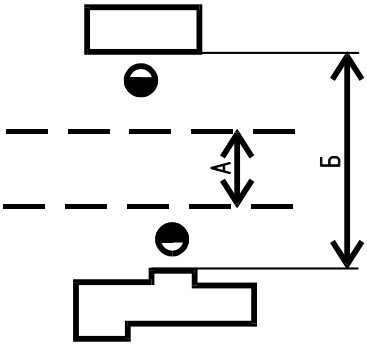
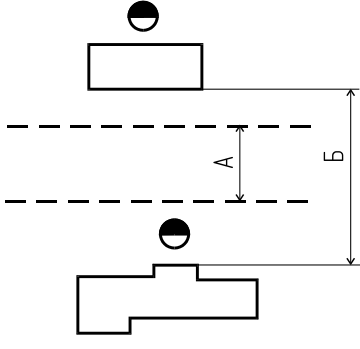
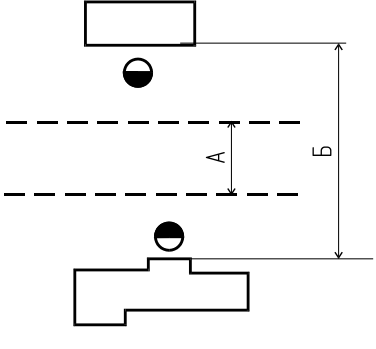
Расстояния		Нормы расстояний между станками при их размерах, мм				
		до 1800×800	до 4000×2000	до 8000×4000	до 16000×6000	
Между станками по фронту «а»		700	900	1500	2000	
Между тыльными сторонами станков «б»		700	800	1200	15000	
Между станками при поперечном расположении к проезду	При расположении станков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

Ширина магистральных проездов

Ширина проездов для различного транспорта (габариты груза от 800 до 1500 мм) представлена в таблице 4.

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

Таблица 4 – Ширина проездов

			
Мостовой кран	A = 2000; 2500 B = 2500; 3000	A = 2000; 2500 B = 3300; 3800	A = 2000; 2500 B = 4000; 4500
Электрические ка- ры	A = 2000; 2500 B = 2500; 3000 при одностор. движении A = 3000; 3500 B = 3500; 4000 при двухстор. движении	A = 2000; 2500 B = 3300; 3800	A = 2000; 2500 B = 4000; 4500
		Только одностороннее движение	

Проектирование технического контроля в механических цехах

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

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

Разновидности контроля:

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

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

Периодический – в форме периодических проверок деталей в процессе их изготовления для предупреждения массового брака. Наиболее эффективным

методом летучего контроля является статистический контроль, применяемый в серийном и массовом производстве. Летучему контролю подвергаются первые детали, обработанные после наладки или переналадки станка, а другие детали – после определенных операций.

Промежуточный контроль – производится между операциями, когда деталь прошла одну операцию. Производится в единичном и серийном производствах на контрольных площадках, установленных в конце каждой группы станков (указывается в планировке).

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

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

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

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

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

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

5 Экологическая безопасность

Отделение для приготовления и раздачи СОЖ (СОТС)

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

- 1) централизованным циркуляционным;
- 2) централизованным групповым
- 3) децентрализованным.

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

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

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

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

Годовой расход СОЖ определяется по формуле

$$Q = \frac{\sum_i q_i \cdot C_n \cdot 253}{1000}, \quad (13)$$

где q_i – расход охлаждающей жидкости на 1 станок в сутки, кг;

C_n – количество станков, шт.;

253 – число рабочих дней в году.

Площадь отделения для приготовления и раздачи СОЖ определяется укрупнённо в зависимости от количества производственного оборудования (таблица 5).

Таблица 5 – Справочная информация

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

Отделение для переработки стружки

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

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

Порядок уборки стружки:

- 1) дробление на станке;
- 2) транспортирование в люк или короб;
- 3) транспортирование от станка к сборным коробам (у проездов);
- 4) транспортирование в отделение;
- 5) переработка стружки в брикеты (пакеты).

Для уборки стружки из рабочей зоны современные многошпиндельные станки имеют специальные устройства шнекового, скребкового или инерцион-

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

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

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

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

Ершово-штанговый конвейер имеет наклонные шипы, приваренные к штанге, которая совершает возвратно-поступательные движения по желобу. На внутренней стороне желоба имеются приваренные шипы.

При рабочем движении штанги витая стружка захватывается шипами и проталкивается по желобу. При возвратном движении штанги шипы проскальзывают сквозь стружку, не захватывая её, а шипы удерживают стружку. Недостатки механических конвейеров – быстрый износ, сложность ремонта, ограни-

ченное применение. Поэтому в ряде случаев более выгодно применять гидравлические и пневматические конвейеры.

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

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

Площадь отделения для сбора и переработки стружки определяется в зависимости от количества производственного оборудования цеха по таблице 6.

Таблица 6 – Справочная информация

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

6 Проектирование сборочных цехов

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

Трудоёмкость сборочных работ составляет:

- в сельскохозяйственном машиностроении – от 20 до 30 %;
- автомобиле строении – от 20 до 25 %;
- в тяжёлом машиностроении – от 25 до 35 %.

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

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

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

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

Организационные формы сборки

Проектирование сборочных цехов также, как и механических, ведётся по точной, приведённой или условной программе.

Проектирование цехов массового и крупносерийного производства ведётся по точной программе.

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

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

При подвижной сборке собираемый объект перемещается от одного сборочного места к другому, причем за каждым рабочим местом закрепляются определенные операции и рабочие. Эти основные формы сборки делятся еще на поточные и непоточные.

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

При неподвижном объекте поточная сборка выполняется на расположенных в линию неподвижных стендах. Каждый рабочий (или бригада рабочих) в

соответствии с установленным тактом сборки выполняет одну и ту же, твердо закрепленную за ним операцию, переходя от одного станда к другому. Такая сборка обычно применяется в условиях мелкосерийного производства или при сборке крупногабаритных изделий (тяжёлые станки, двигатели и пр.) и когда такт сборки достаточно велик.

Поточная сборка при подвижном объекте может осуществляться несколькими способами:

1) на непрерывно движущемся конвейере, скорость перемещения которого обеспечивает возможность выполнения сборочных операций на протяжении каждого рабочего места;

2) на конвейере с пульсирующим (периодическим) движением, когда сборка производится в периоды остановки объекта;

3) с перемещением собираемого объекта от одного рабочего места к другому вручную (по рольгангу, на рельсовых и безрельсовых тележках и др.) или с помощью специальных механических транспортирующих средств.

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

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

$$\tau_{\text{д}} = \frac{\Phi_{\text{рм}} \cdot 60}{D}, \quad (14)$$

где $\Phi_{\text{рм}}$ – действительный годовой фонд времени работы сборочного оборудования рабочего места за вычетом годовых потерь времени на регламентированные перерывы на обслуживание рабочих мест, отдых и прочее, ч;

D – годовой выпуск изделия или узла, шт.

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

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

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

Определение трудоёмкости сборки

Трудоёмкость сборочных работ определяется следующими методами:

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

По технологическому процессу – трудоёмкость определяется путём нормирования операций и переходов на основе известных структурных формул

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отд}, \quad (15)$$

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N}. \quad (16)$$

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

$$T_{оп} = T_o + T_{всп}. \quad (17)$$

Трудоёмкость может быть определена также и другими методами, которые рассмотрены при проектировании механических цехов. Общую трудоёмкость сборки машины подразделяют а трудоёмкость слесарно-пригоночных работ $T_{сл}$, узловой сборки $T_{узл}$, и общей сборки – $T_{общ}$.

Определение количества рабочих мест и оборудования

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

Для непоточного производства при точном проектировании

$$M_p = \frac{T_{сб} \cdot D}{\Phi_{рм} \cdot P_{сб}}, \quad (18)$$

где $T_{сб}$ – трудоёмкость сборки одного изделия, чел./ч;

D – годовой выпуск изделий или узлов, шт.;

$\Phi_{рм}$ – действительный годовой фонд времени рабочего места, ч;

$P_{сб}$ – средняя плотность работы.

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

Полученное M_p округляется до целого числа. Отношение расчётного количества рабочих мест к принятому, описывается формулой

$$\eta_3 = \frac{M_p}{M_{пр}} \quad (19)$$

где η_3 – коэффициент загрузки рабочих мест, выбирается из интервала от 0,75 до 0,85.

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

$$M_{сб} = \frac{\sum T_{сб}}{\Phi_{рм} \cdot P_{сб} \cdot \eta_{зср}}, \quad (20)$$

где $\sum T_{сб}$ – суммарная трудоёмкость годового выпуска цеха по сборке, чел.·ч;

$P_{сб}$ – средняя плотность работы, равна от 1,2 до 1,8.

$\eta_{зср}$ – средний коэффициент загрузки, равный от 0,75 до 0,8.

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

$$M_p = \frac{T_u \cdot 60}{\tau_{\partial} \cdot P_{cp}}, \quad (21)$$

где T_u – трудоёмкость сборки изделия (узла), равная суммарному оперативному времени по всем операциям, чел.·ч;

τ_{∂} – действительный такт сборки.

В состав технологического оборудования сборочного цеха входят также:

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

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

$$C_{об} = \frac{T_{об}}{\Phi_{до}}, \quad (22)$$

где $T_{об}$ – годовая трудоёмкость выполнения операций на оборудовании данного типа;

$\Phi_{до}$ – годовой действительный фонд работы оборудования при принятом числе смен.

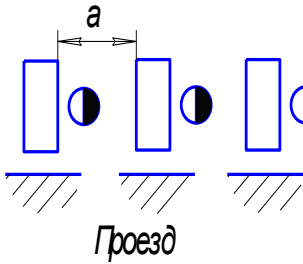
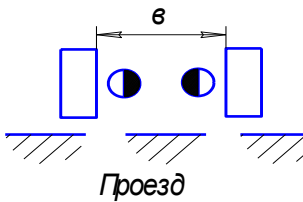
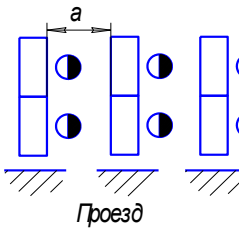
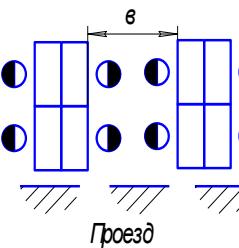
Нормы расстояний между сборочными столами и между верстаками (таблица 7).

Испытательные отделения

Испытания узлов, агрегатов и изделий в целом является конечной операцией узловой и общей сборки машин; при этом испытания являются не только

проверкой качества самой сборки, но и выполнения всего производственного процесса изготовления данных изделий.

Таблица 7 – Нормы расстояний между сборочными столами и между верстаками

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

Испытания машин по назначению и длительности бывают:

- приёмно-сдаточные;
- контрольные (повторные);
- специальные (научно исследовательские).

Приёмно-сдаточные испытания проводят для определения фактических эксплуатационных характеристик.

Контрольные – в том случае, когда машина не прошла приемочных испытаний вследствие обнаруженных неисправностей. После устранения которых машина подвергается повторным испытаниям, которые называются контрольными.

Специальные испытания – проводят для проверки работоспособности машины и ее узлов, определения износа и т.д.

В зависимости от вида, назначения и масштаба выпуска машины проходят испытания на холостом ходу (проверка работы механизмов и паспортных данных) и под нагрузкой, а также испытания на производительность жёсткость и точность работы.

При испытании на холостом ходу (обкаткой) проверяется правильность работы и взаимодействия органов управления машиной, надежность блокировок, безотказность работы и точность действия автоматических устройств, качество работы различных соединений.

При испытании под нагрузкой проверяются основные свойства машины в условиях близких к эксплуатационным.

При испытании на производительность проверяется скорость, проходимость и др. показатели, определяющие производственные характеристики машины.

Испытанию на прочность и жесткость подвергают металлорежущие станки и ряд других машин.

Оборудование испытательных отделений (станций) зависит от рода машин и режима испытаний:

- стенды (для механического оборудования);
- специальное оборудование в зависимости от вида испытываемых характеристик.

Площадь испытательного отделения укрупненно рассчитывается по показателям общей удельной площади. Точное определение площади производится

при разработке плана расположения испытательных стендов, рабочих мест, проходов и проездов.

Помещения испытательных отделений располагают либо в сборочном цехе, либо в отдельном пролете. При наличии вредных выделений и шума испытательную станцию располагают в отдельном здании, конструкция которого должна снижать уровень шума.

Технико-экономические показатели сборочного цеха аналогичны технико-экономическим показателям механического цеха.

7 Расчёт необходимого количества подъёмно-транспортного оборудования

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

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

$$K = \frac{Q \cdot T_3 \cdot K_1}{m \cdot q_3 \cdot \Phi_{до} \cdot 60 \cdot K_2}, \quad (23)$$

где Q – годовой грузооборот, т;

q_3 – грузоподъёмность электротележки, т;

T_3 – общее время пробега (оборот) электротележки, мин;

K_1 – коэффициент неравномерности;

K_2 – коэффициент использования грузоподъёмности, $K_2 \approx 0,8$;

$\Phi_{до}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при соответствующем числе смен, ч;

m – коэффициент, учитывающий одно или двухстороннюю систему перевозок, $m = 1$ или 2 .

Общее время пробега электрической тележки

$$T_{\text{э}} = T_{np} + T_n + T_p + T_з, \quad (24)$$

где T_{np} – время пробега электрической тележки в оба конца, мин;

T_n – время погрузки, мин;

T_p – время на разгрузку, мин;

$T_з$ – время случайных задержек (примерно 10 % на каждый рейс), мин.

Время пробега электрической тележки в оба конца

$$T_{np} = \frac{2 \cdot l}{v}, \quad (25)$$

где l – среднее расстояние при маршрутных перевозках, м;

v – среднетехническая скорость электрокары, м/с;

Количество мостовых кранов для механических цехов

$$K = \frac{n \cdot i \cdot T_{кр}}{m \cdot T_{см}}, \quad (26)$$

где n – число деталей, транспортируемых в смену, шт.;

i – среднее число транспортных операций на одну деталь;

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

$T_{см}$ – время работы в смену, мин.

$$T_{кр} = T_{np} + T_n + T_p + T_з, \quad (27)$$

где T_{np} – время пробега электрической тележки в оба конца, мин.;

T_n – время погрузки, мин.;

T_p – время на разгрузку, мин.;

$T_з$ – время случайных задержек (примерно 10 % на каждый рейс), мин.

$$T_{np} = \frac{l}{v}, \quad (28)$$

где l – средняя длина пробега крана (приблизительно принимается равной половине длины обслуживаемого участка), м;

v – средняя скорость движения крана, от 30 до 80 м/мин.

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

При расчёте подвесных конвейеров используют скорость или производительность

$$v = \frac{Q \cdot l}{60 \cdot n} \text{ или } v = \frac{l}{\tau \cdot n}, \quad (29)$$

где Q – производительность конвейера в шт./ч;

τ – такт работы, мин;

l – шаг подвесок, м;

n – количество изделий на одной подвеске, шт.

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

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

$$v = \frac{L}{T_o}, \quad (30)$$

где L – общая длина рабочего участка камеры, м;

T_o – технологическое время обработки, мин.

8 Пример выполнения элементов основной части курсового проекта

8.1 Описание, назначение и конструкция детали

Обрабатываемой деталью является «Панель». «Панель» является частью радиолокационного комплекса, используемого в военной авиации, а в частно-

сти вертолетах Ка-52. Дальнейшая информация об использовании детали недоступна, так как она находится под грифом секретности. Предполагается, что «Панель» крепится на специальные кронштейны в носовой части вертолета Ка-52 под корпусом РЛС. В центральные отверстия детали устанавливаются радиоэлектронные датчики. Внутренняя полость предназначена для установки электронной платы, отвечающей за работу приборов.

Требования к данному корпусу напрямую зависят от требований, которые предъявляются к выходным характеристикам всего изделия, в состав которого он входит.

В конструкции данной детали предъявляют повышенные требования к качеству поверхностей, а также других свойств, таких как:

- минимальный вес, высокая точность внутренних поверхностей и отверстий, уменьшение электромагнитной проводимости детали, вибраций и других динамических воздействий от работающей аппаратуры, поэтому для изготовления детали используется дюралюминиевый сплав;

- высокая точность изготовления, т.к. отклонения от оптимальной геометрии основания серьезно отражаются на выходных параметрах всего изделия.

В конструкции детали «Панель» следует выделить следующее:

- присутствует метрическая резьба высокого класса точности;
- требования к поверхности 170Н10 являются обоснованными, т. к. необходимы для правильного функционирования сопрягаемого элемента;
- позиционные допуски являются целесообразными и связаны с соответствующими размерами;
- достижение точности, взаимного расположения и шероховатости обрабатываемых поверхностей возможно путем механообработки на станках;
- присутствуют отверстия с внутренними канавками под установку уплотнительных колец диаметром 63, 62, 60, 44 и 36 мм с длиной 14 мм;
- количество точных поверхностей – 2, требований к расположению поверхностей – 2;

- разнотипность элементов конструкции и ступеней невелика. Количество точных поверхностей так же невелико.

8.2 Материал детали и его характеристики

Деталь «Панель» изготавливается из сплава АМц ГОСТ 4784-97.

Алюминиевый сплав АМц представляет собой прочный материал, из которого изготавливают металлические плиты, листы, прутки, уголки и другие деформируемые конструкции. В качестве легирующих элементов в нем присутствуют медь, кремний и марганец.

Сплав алюминиевый АМц нашел следующее применение в промышленности: детали невысокой прочности, испытывающие небольшие напряжения: изготовления силовых элементов конструкций в авиатехнике: деталей обшивки, каркаса, шпангоутов, нервюр, тяги управления, лонжерон и др.

Сплав АМц обладает высокой пластичностью, малой тепло- и электропроводностью, не склонен к растрескиванию. Материал может подвергаться ковке, литью, резке, фрезеровке, а в процессе обжига становится податливым к холодному деформированию.

Химический состав сплава алюминия Д16 приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Химический состав сплава алюминия АМц

<i>Al</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	Примесей
96,35–99	до 0,6	1–1,15	до 0,7	до 0,1	0,05–0,2	0,15

8.3 Выбор способа получения заготовки

Согласно базовому технологическому процессу, заготовкой для детали «Панель» является плита.

Точность базового проката нормальная по ГОСТ 17232-99. Толщина плиты 70 мм. Длина заготовки 275 мм, ширина 220. Годовой объем выпуска со-

ставляет 500 шт. Масса заготовки $M_3 = 11,4$ кг. Масса готовой детали $M_0 = 1,8$ кг. $K_{в.т.} = 0,157$.

Предлагается использовать вариант получения заготовки детали «Корпус» – отливка по выплавляемой модели.

8.4 Выбор варианта ТП обработки

С целью устранения выявленных недостатков базового ТП, повышения производительности и качества продукции, а так же снижения себестоимости детали «Панель» в проектном ТП предложено предусмотреть следующее:

Повысить уровень интеграции и автоматизации технологического процесса, а так же существенно сократить число операций (в т. ч. транспортных) за счет использования нового оборудования с ЧПУ.

Исключить шлифование, заменив его лезвийной обработкой.

Предлагаемый маршрут обработки детали «Корпус» представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Проектный тип технологического процесса обработки детали «Панель»

№ опер.	№ перех.	Содержание перехода, раб. хода	Инструмент	Тип, модель станка, оборудования
010		Фрезерная с ЧПУ		Matsuura H.Plus405
	1	Установить, закрепить, снять		Станочные тиски
	2	Фрезеровать контур как чисто	Фреза концевая Iscar EC-H4M 20-40C20CF-E104	
	3	Центровать 36 отверстий	Mitsubishi materials MSP0300SB	
	4	Сверлить 20 отверстий Ø3,4 насквозь	Сверло твердосплавное для глубокого сверления Sandvik Coromant 861.1-0340-066A1-GM GC34	

Продолжение таблицы 9

	5	Сверлить 4 отверстия $\varnothing 4,8$ мм под резьбу на глубину 10 мм	Сверло твердосплавное Iscar SCD 048-020-060 AP3N	
	6	Резать резьбу М5-6Н на глубину 10 мм	Метчик Sandvik Coromant T100-NM100DA-M5 D150	
	7	Сверлить 2 отверстия $\varnothing 4$ мм на глубину 10 мм	Сверло твердосплавное Iscar DCN 040-012-06C-3D	
	8	Сверлить 3 отверстия $\varnothing 4,8$ мм под резьбу М5 насквозь	Сверло твердосплавное Iscar SCD 048-020-060 AP3N	
	9	Резать резьбу М5-6Н на всю глубину	Метчик Sandvik Coromant T100-NM100DA-M5 D150	
	10	Сверлить 3 отверстия $\varnothing 4,8$ мм под резьбу насквозь	Сверло твердосплавное Iscar SCD 048-020-060 AP3N	
	11	Резать резьбу М5-6Н на всю глубину	Метчик Sandvik Coromant T100-NM100DA-M5 D150	
	12	Сверлить 4 отверстия $\varnothing 4,8$ мм под резьбу насквозь	Сверло твердосплавное Iscar SCD 048-020-060 AP3N	
	13	Резать резьбу М5-6Н на всю глубину	Метчик Sandvik Coromant T100-NM100DA-M5 D150	
015		Фрезерная с ЧПУ		Matsuura H.Plus405
	1	Установить, закрепить, снять		Станочные тиски
	2	Точить торец как чисто	Сверло Iscar EC-H4M 20-40C20CF-E104	
	3	Расфрезеровать 20 отверстий $\varnothing 3,4$ до $\varnothing 6,5$ мм	Фреза концевая Iscar EC-E4L 03-8/11C06CF57	
	4	Расфрезеровать 2 отверстия $\varnothing 48$ мм	Фреза концевая Iscar EC-H4M 20-40C20CF-E104	
	5	Расфрезеровать отверстие $\varnothing 30$ мм	Фреза концевая Iscar EC-H4M 20-40C20CF-E104	

Продолжение таблицы 9

	6	Расфрезеровать отверстие Ø23 мм	от-	Фреза концевая Iscar EC-N4M 20-40C20CF-E104	
	7	Расфрезеровать отверстие Ø47 мм	от-	Фреза концевая Iscar EC-N4M 20-40C20CF-E104	
	8	Фрезеровать канавку в 5 отверстиях под уплотнительные кольца		Фрезерная головка Iscar MM TS077-N10A-4T05	
	9	Фрезеровать фаску на 5 отверстиях 2x45°		Фреза концевая Iscar E45X D06-C12-06	
020		Контрольная			

8.5 Выбор оборудования

Для изготовления детали «Панель» был выбран фрезерный станок с ЧПУ Matsuura H.Plus405 (рисунок 1) с техническими характеристиками, представленными в таблице 10.



Рисунок 1 – Внешний вид фрезерного станка с ЧПУ Matsuura H.Plus405

Таблица 10 – Основные технические данные фрезерного станка с ЧПУ Matsuura H.Plus405

1	Продольное движение стола (ось – X)	762 мм
2	Поперечное движение стола (ось – Y)	406 мм
3	Вертикальное движение шпинделя (ось – Z)	508 мм
4	Расстояние между передним концом шпинделя и центром стола	12- 620 мм /4,72~24,41дм
5	Расстояние между центром шпинделя и поверхностью стола	35~545 мм / 1,38-21,46 дм
6	Дискретность (X-,Y-,Z- оси)	0,001 мм / 0,025 дм
7	Точность позиционирования (X-,Y-,Z- оси)	± 0,01 мм / 0,25 дм
8	Скорость форсированной X-,Y-,Z- оси продольной подачи	20 000 мм/мин (944 дм/м)
10	Скорость рабочей подачи X-,Y-,Z- оси	8000 мм/мин (315 дм/мин)
11	Приводные следящие X-,Y-,Z- оси электродвигатели	2,8 кВт / 3,8 л.с.
12	Размер шарикового винта (X-,Y-,Z- оси)	40 мм / 1,57 дм шаг 10 мм / 0,39 дм
13	Основной двигатель	9/11кВт (12/15 л.с.)
14	Скорость шпинделя	80-15000 мин ⁻¹
15	Направление шпинделя	С помощью шифратора положения
16	Диаметр подшипника шпинделя (передний)	65 мм / 2,56 дм
17	Конус шпинделя	САТ40
18	Пневматическое давление	5 кг/см ² (71 фт/дм)
19	Максимальный вес инструмента	8 кг / 17,6 фт
20	Потребляемая мощность	30 кВт
21	Площадь	Около 2670x3730 мм (105x147 дм)
22	Высота станка	2650 мм / 104 дм
23	Вес станка	3629 кг
24	Размер палеты	500 x 500 мм
25	Регистрация инструмента	По выбору из памяти
26	Количество инструментов	60
27	Размер инструментов Макс, диаметр инстр. Макс, длина инстр.	85 мм / 3,36 дм 300 мм / 11,81 дм
28	Размер инструмента Макс, диаметр инстр (без смежных инструментов) Макс, длина инстр.	125 мм / 4,92 дм 300 мм / 11,81 дм
29	Двигатель АТС	400 Ватт

Продолжение таблицы 10

30	Узел АТС	Система СТ двойной руки
31	Размер инструмента	САТ40
32	Тяговый стержень	САТР40Т-МА8-1(45°)
33	Макс, загрузочн. вес на стол станка	200 кг

Данная модель – это многофункциональный фрезерный станок с ЧПУ, на котором можно обрабатывать детали с высокой точностью. Большой магазин для различных инструментов (до 16 шт.) позволяет использовать этот станок практически в любой сфере, где требуется обработка заготовок или деталей. Скорость вращения шпинделя до 4000 оборотов в минуту. Для оператора созданы комфортные условия – заготовка отлично просматривается со всех стороны, рабочая камера просторная, многоканальный 19-ти дюймовый монитор. На этом станке можно производить обработку мельчайших и сложных деталей, благодаря высокой точности, 12-ти позиционной фрезерной головке револьверного типа и минимальной вибрации.

Автоматическая промывочная установка АМ800 АК представляет собой моечную камеру с замкнутым контуром. Мойка деталей предназначена для очистки от СОЖ, нефтемасляных и механических загрязнений компонентов машин, двигателей, промышленных станков и прочего оборудования (рисунок 2).

Температура и продолжительность цикла обработки задается на панели управления. Вращение корзины обеспечивает необходимое позиционирование деталей перед коллекторами. П-образная форма рампы позволяет промывать изделия сверху, снизу и сбоку в течение заданного времени. Автоматические промывочные установки серии АМ предназначены для использования со слабощелочными растворами. Для наполнения бака используется обычная водопроводная вода.

Линейка комплектуется электромеханическим приводом корзины с частотой вращения 5-10 мин⁻¹, обеспечивающим высокое качество очистки, за счет равномерной подачи моющего раствора по всей поверхности деталей.



Рисунок 2 – Автоматическая промывочная установка AM800

Для выполнения операций по перемещению заготовок и готовых деталей со стола накопителя на токарно-фрезерный станок с ЧПУ и обратно, был выбран универсальный промышленный робот-манипулятор FANUC M-10iD/10L. Данный робот обладает следующими преимуществами: высокая точность обработки, отличается выдающейся скоростью и максимальной точностью в своем классе, специально предназначенный для узких установок, может работать на относительно крупных деталях благодаря большому горизонтальному ходу, а также может быть установлен перевернутым или под углом (рисунок 3).

Для выполнения операции контроля готовых деталей выбрана полностью моторизованная высокопроизводительная координатно-измерительная машина КИМ Global DEA 05.05.05. Данная модель может использоваться как на производственных участках, так и в измерительных лабораториях. Программное

обеспечение – PC-Dmis PRO. Индексируемая измерительная головка – TESASTAR-i.



Рисунок 3 – Общий вид промышленного робота манипулятора FANUC CR-4iA

Плюсы данной машины в том, что у нее низкая чувствительность к температурным деформациям, вибрациям; хорошая интеграция в производственный процесс, возможность автоматической работы по управляющей программе. Общий вид представлен на рисунке 4.

Технические характеристики контрольно-измерительной машины Global DEA 05.05.05 представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики КИМ Global DEA 05.05.05

Параметр	Значение
Координатные направления	3
Максимальная скорость перемещения	350 мм/с
Воспроизводимость	3 мкм



Рисунок 4 – Контрольно-измерительная машина Global DEA 05.05.05

8.6 Проектирование автоматизированного участка

Проектирование гибкого автоматизированного участка цеха проводим с использованием программы для расчёта цехов, созданной кафедрой «Механико-технологических дисциплин» Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

В качестве исходных данных задается:

- группа деталей, в которой выбирается деталь-представитель, по которой дальше ведут все расчеты. В качестве детали-представителя выбирают деталь или сборочную единицу, характеризующуюся наибольшим объемом выпуска и трудоемкостью изготовления. В нашем случае это группа деталей – «Корпус» с деталью-представителем «13Ш2»;

- количество деталей в комплекте;

- годовая программа выпуска;
- масса одной детали;
- трудоёмкость механической обработки детали-представителя.

По результатам расчётов получаем приведённую программу и приведённую трудоёмкость участка (таблица 12).

Таблица 12 – Расчёт приведённой программы

Наименование деталей	Кол-во деталей в комплекте	Годовая программа выпуска, шт.	Масса деталей, кг		Трудоёмкость механической обработки, н/ч	Трудоёмкость механической обработки, н/ч	Коэффициенты приведения				Приведённая программа, шт.	Приведённая трудоёмкость, н/ч
			одной	на прогр.			K1	K2	K3	K4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Панель												
13Ш2	2	500	1,80	900,00	0,83	415,00	1,00	1,00	1	1,00	500	415,00
23Ш1	5	100	1,50	150,00	0,94	93,57	0,89	1,27	1	1,13	113	105,49
17Ш1	2	1000	2,70	2700,0	0,98	980,21	1,31	0,90	1	1,18	1181	1157,60
13Ш1	5	250	4,00	1000,0	1,57	392,07	1,70	1,11	1	1,89	472	740,82
17Ш1	3	350	3,00	1050,0	1,23	430,80	1,41	1,05	1	1,48	519	638,87
9Ш1	4	720	3,30	2376,0	1,18	847,52	1,50	0,95	1	1,42	1021	1201,96
17Ш1	2	80	3,80	304,00	1,80	143,84	1,65	1,32	1	2,17	173	311,61
12Ш1	2	100	3,50	350,00	1,65	164,61	1,56	1,27	1	1,98	198	326,46
Итого:		3100		8830,0							4178	<u>4897,81</u>

Далее в качестве исходных данных задается:

- число смен работы участка;
- эффективный фонд работы станка – выбирается исходя из режима работы участка и металлорежущего оборудования. В нашем случае двухсменный режим работы и станки с ЧПУ массой до 10 т;

- коэффициент многостаночности – принимается по базовому предприятию;

- эффективный фонд времени рабочего – выбирается исходя из продолжительности рабочей недели и основного отпуска. В нашем случае в рабочей неделе 36 часов, а продолжительность отпуска 36 дней;

- коэффициент загрузки станков и коэффициент использования станков – выбирается исходя из группы оборудования. В нашем случае это станки с ЧПУ;

- базовая трудоёмкость ТП;

- технологическая площадь на единицу оборудования – принимается исходя из характеристик обрабатываемых поверхностей на детали. Принимается расчётное и принятое число станков 6 и 8 соответственно, округляя полученные в таблице 13 значения до большего целого. Число оборудования на участке с новым ТП принимаем 12, поскольку помимо 6 основных станков для обработки детали на участке будут расположены промышленные роботы, а также моечная и контрольно-измерительная машины.

По результатам расчётов получается минимально необходимую площадь проектируемого участка.

Принимается длина участка 36 м, а ширина участка 24 м. Таким образом площадь спроектированного участка будет равна 864 м².

Таблица 13 – Расчёт проектируемого участка

Наименование	Условное обозначение	Расчётная формула	Значение	Принято
Коэффициент перевыполнения норм, %	$b =$		100	100
Число смен	$n =$			2
Трудоёмкость изделия, чел. · ч	$T_{чел.ч} =$	$\frac{T}{b} =$	49,0	95,2
Коэффициент многостаночности	$K_m =$		1,3	1,3
Станкоёмкость изготовления, ст/ч	$T_{ст.час} =$	$T_{чел.ч} \cdot K_m =$	63,7	124
Эффективный фонд работы станка, ч	$\Phi_o =$		3800,0	3800

Продолжение таблицы 13

Эффективный фонд времени рабочего, ч	$\Phi_0 =$		1520,0	1520
Расчётное число станков	$C_p'' =$	$\frac{T_{см.ч}}{\Phi_0} =$	0,0	5
Коэффициент загрузки станков расчётный	$K'_{заг} =$		0,0	0
Коэффициент загрузки станков (таблица)	$K_{заг} =$		0,9	0,9
Коэффициент использования (таблица)	$K_{исп} =$		0,9	0,9
Принятое число станков	$C_{пр} =$	$\frac{C_p'}{K_{исп}} =$	5,6	6
Базовая трудоёмкость ТП, н/ч	$T_б =$		0,8	0,8
Трудоёмкость нового ТП, мин	$T_{шт.к} =$	$\frac{T_{шт.к}}{60 \cdot T_б} =$	49,8	49,8
Коэффициент ужесточения	$K_y =$		1,0	1
Коэффициент увеличения производительности	$K_{yn} =$	$\frac{1}{K_y} =$	1,0	1
Число станков в цехе с новым ТП (расч.)	$C_{см.уч} =$	$C_{пр} \cdot K_y =$	6,0	6
Технологическая площадь на единицу оборудования	$S =$			23145,8
Площадь участка	$S_t =$	$C_{см.уч} \cdot S =$		138874,8

Площадь складов заготовок и готовых деталей определяем по формуле

$$S_{ск} = \frac{m \cdot t}{D \cdot q \cdot K_u}, \quad (31)$$

где m – масса соответственно заготовок, готовых деталей, проходящих через участок в течение года, т;

t – нормальный запас хранения грузов в днях на складе, принимается $t = 2$ для склада заготовок и $t = 0,5$ для склада готовых деталей;

D – число календарных дней в году, $D = 365$;

q – средняя грузонапряженность площади склада, т/м², принимается $q = 3,5$ для склада заготовок и $q = 1,8$ для склада готовых деталей;

K_{II} – коэффициент использования площади, принимаем при обслуживании складов стеллажными и мостовыми кранами-штебелерами, $K_{II} = 0,35$.

$$CK_{заг} = \frac{1410,68 \cdot 2}{365 \cdot 3,5 \cdot 0,35} = 6,31 \text{ м}^2.$$

Принимается площадь склада готовых деталей равной 3 м^2 .

Площадь склада инструмента принимается равной 3 м^2 .

8.7 Описание автоматизируемой системы проектируемого участка

На рисунке 5 представлена планировка автоматизированного участка.

Участок состоит из следующего оборудования: шести фрезерных станков с ЧПУ Matsuura H.Plus405, 4 промышленных роботов FANUC CR-4iA, два из которых обслуживает фрезерных по паре станков с ЧПУ, а еще два по одному, расположенных фронтально относительно друг друга.

Автоматизированная транспортно-складская система, оснащенная стеллажами (14), перегрузочным столом (4) и автоматическим краном-штабелером (2), осуществляет хранение, выдачу заготовок и деталей.

Фрезерные станки с ЧПУ Matsuura H.Plus405 (3) обслуживаются промышленными роботами FANUC CR-4iA (5), взаимодействующим с накопительным столом (7), а также с транспортной рельсовой тележкой (6). Сбор отходов осуществляется ленточным конвейером для удаления отходов (10) с шириной ленты 500 мм в центральный накопитель отходов (9).

Моечная машина AM800 (11) отвечает за промывку готовых деталей после механической обработки.

Контроль размеров готовых деталей осуществляется на контрольно-измерительной машине Global DEA 05.05.05 (12).

Управление автоматизированным участком осуществляется оператором с соответствующего пульта управления (13) с помощью центральной управляющей электронно-вычислительной машины.

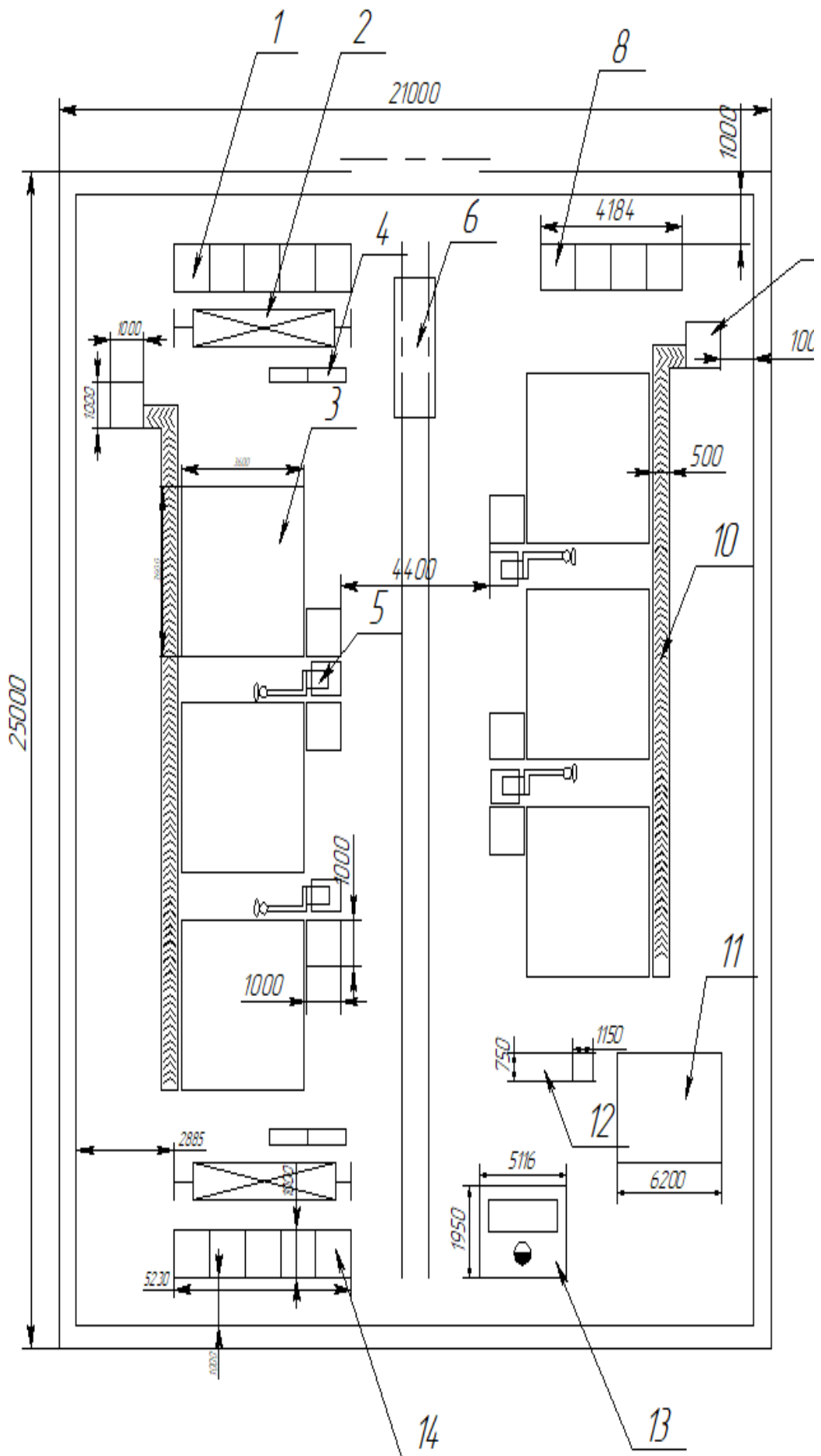


Рисунок 5 – Планировка автоматизированного участка

8.8 Расчёт циклограммы работы роботизированного комплекса

Для построения циклограммы функционирования роботизированного комплекса (РТК) необходимо:

1) проанализировать компоновку РТК и определить все движения основного и вспомогательного оборудования, необходимые для выполнения заданного цикла обработки детали;

2) определить все механизмы основного и вспомогательного оборудования, участвующие в формировании заданного цикла;

3) составить последовательность движений оборудования (механизмов) за цикл;

4) определить время выполнения каждого движения.

Рассчитать длительность скорости перемещений руки робота

$$t = \frac{S}{V}, \quad (32)$$

где S – длина перемещения, м;

V – линейная скорость, м/с.

$$t = \frac{0,8}{0,4} = 2 \text{ с.}$$

В таблице 14 представлена последовательность действий РТК.

Таблица 14 – Последовательность движений РТК

Номер шага	Движение	Величина перемещений, мм/град
0	Исходное положение	–
1	Поворот руки к накопительному столу	90°
2	Захват заготовки с накопительного стола	–
3	Возврат в исходное положение	90°
4	Открытие ограждения	–
5	Поворот руки на линию центров	90°
6	Перемещение руки к тискам	800 мм
7	Зажим заготовки в тисках	–
8	Разжим заготовки в схвате	–

Продолжение таблицы 14

9	Перемещение руки от патрона	800 мм
10	Поворот руки в исходное положение	90°
11	Закрытие ограждения	–
12	Начало обработки детали по УП	–
13	Конец обработки по УП	–
14	Открытие ограждения	–
15	Поворот руки к тискам	90°
16	Перемещение руки к тискам	800 мм
17	Захват заготовки в схвате	–
18	Разжим тисков	–
19	Переустановка заготовки	–
20	Зажим заготовки в тисках	–
21	Разжим заготовки в схвате	–
22	Перемещение руки от тисков	800 мм
23	Поворот руки в исходное положение	90°
24	Закрытие ограждения	–
25	Начало обработки детали по УП	–
26	Конец обработки по УП	–
27	Открытие ограждения	–
28	Поворот руки к тискам	90°
29	Перемещение руки к тискам	800 мм
30	Зажим детали схватом	–
31	Разжим тисков	–
32	Перемещение руки от тисков	800 мм
33	Поворот руки в исходное положение	90°
34	Поворот руки к накопительному столу	90°
35	Установка детали на накопительный стол	–

Зная последовательность движений элементов РТК за один цикл, вычерчивается циклограмма работы комплекса. В результате время цикла составит $t = 5444$ с.

По циклограмме, на которой указана длительность в секундах всех вспомогательных и рабочих операций, оценивается коэффициент производительности K

$$K = \frac{\sum t_p}{t}, \quad (33)$$

где $\sum t_p$ – суммарное время работы станков по управляющей программе (УП), $\sum t_p = 2970$ с;

Заключение

Машиностроение является основой технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства. Требования к качеству и разнообразию продукции машиностроения, интенсивное развитие технических средств и оборудования вызывают необходимость совершенствования, создания и внедрения методики проектирования на их основе высокоэффективных предприятий, а также реконструкции действующих.

Курсовой проект является одним из видов самостоятельных работ будущего «Бакалавра». Эта работа направлена на решение конкретных задач при проектировании механического цеха обработки деталей и участка (цеха) с учётом требований передового производства настоящего времени.

Основной целью проекта является закрепление и углубление знаний, полученных студентами во время лекционных, практических занятий и производственных практик, а также приобретение практических навыков в работе со справочной литературой, стандартами и расценками.

Курсовой проект представляет собой технологические, конструкторские и научно-исследовательские разработки и их сочетание. При выполнении работы значительное влияние уделяется логическому обоснованию технологической последовательности производственного процесса с соблюдением принципов рациональной компоновки и планировки цеха, что является основой разработки экономических проектов цехов (участков), обеспечивающих выпуск высококачественной продукции при благоприятных условиях труда.

Методические указания содержат информацию о методике выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Проектирование машиностроительных производств». В пособии предоставлены краткие теоретические сведения о последовательности проектирования автоматизированного участка.

Выполненный проект даёт возможность объективно оценить уровень теоретической и практической подготовки студента, необходимой для его будущей инженерной деятельности.

Библиографический список

1. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов: учебник для ВУЗов / М.Е. Егоров. – М.: Высш. школа, 1969. – 480 с.
2. Мамаев, В.С. Основы проектирования машиностроительных заводов: учебник / В.С. Мамаев, Е.Г. Осипов. – М.: Машиностроение, 1974. – 295 с.
3. Проектирование машиностроительных цехов и заводов: Справочник в 6-ти т. Под общ. ред. Е.С. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1975.
4. Чаренко, Д.В. Основы проектирования механосборочных цехов: учебник / Д.В. Чаренко, Н.Н. Хабаров. – М.: Машиностроение, 1975. – 350 с.

Учебное издание

Асаев Александр Семенович
Корнаухова Светлана Евгеньевна

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Методические указания по выполнению курсового проекта

Подписано в печать _____ Тираж _____ экз.
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53