

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и
автоматизация машиностроительных производств»)
всех форм обучения*

Воронеж 2021

УДК 621.833.1
ББК 34.42

Составитель:

канд. техн. наук А. В. Демидов

Проектирование машиностроительного производства: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. В. Демидов. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 30 с.

В методических указаниях содержатся теоретические сведения, необходимые для выполнения практических работ, закрепляющих соответствующие знания, полученные при изучении курса, и помогающих приобрести практические навыки при проектировании механического участка.

Предназначены для студентов 3-го курса направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ ПР ПМСП.pdf.

Ил. 8.; Табл. 13; Библиогр. 5 назв.

УДК 621.833.1
ББК 34.42

*Рецензент – М. И. Попова, канд. техн. наук, доц. кафедры
автоматизированного оборудования машиностроительного производства*

*Издается по решению учебно-методического совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Осуществление замысла будущего производства, обеспечение его функционального назначения в первую очередь определяется расчетами механического цеха.

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

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 цехов, ускорение разработки всего комплекса проектной документации определяются 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 проектирования цехов при выполнении практических работ разработаны предлагаемые методические указания.

Практическая работа №1

Технологический анализ детали

Цель: описать конструкцию детали и провести технологические расчеты механического участка.

Исходными данными при проектировании станочного парка машиностроительных предприятий являются:

- 1) чертеж детали;
- 2) масса детали;
- 3) производственная программа выпуска;
- 4) число рабочих смен в день;
- 5) технологический маршрут обработки детали в виде табл. 1.1

Ход работы:

1. Описание назначения детали

Необходимо ознакомиться с конструкцией детали, ее назначением и условиями работы в узле или механизме. Изучить чертеж детали и дать описание ее назначения, основных ее поверхностей и влияния их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхности на качество работы механизма, для которого изготавливается деталь. Рассматривая поверхности, необходимо присваивать каждой из них буквенные значения, например, плоскость А или торец Б. Далее следует определить отклонения на размеры и поверхности, отсутствующие на чертеже (на свободные размеры, неуказанные отклонения формы и расположения).

Из описания назначения детали должно быть ясно какие поверхности и размеры имеют, решающее для служебного назначения детали и какие — второстепенное.

2. Химический анализ материала детали

В том пункте следует привести данные о материале детали: химический состав, механические свойства до и после термической обработки.

3. Технологический маршрут механической обработки детали

В этом пункте необходимо описать технологические операции необходимые для изготовления детали, для каждой обрабатываемой поверхности.

4. Технические условия на изготовление детали

Проведенный анализ детали в предыдущих пунктах сводится в таблицу. Пример оформления показан в табл. 1. 1.

5. Технологические расчеты механического участка

Необходимо определить штучно-калькуляционное время для каждой обрабатываемой поверхности на основании технологического маршрута обработки, а также выбрать оборудование. Пример оформления показан в таблице 1.2.

Для определения основного технологического времени T_0 можно воспользоваться приближенными формулами, приведенными в таблице 1.2.

Норма штучно-калькуляционного времени по приближенным данным

$$T_{шт.к} = \varphi_k T_0,$$

где φ_k – коэффициент, зависящий от сложности обслуживания оборудования (см. табл. 1.3) в зависимости от типа производства.

Тип производства ориентировочно можно определить по таблице 1.4.

Технические требования	Параметры	Технические требования	Параметры
1. Вид заготовки	Штамповка	10. Неуказанные штамповочные уклоны, град	7
2. Способ получения	Штамповка на ГКМ	11. Неуказанные радиусы, мм	2
3. Класс точности по ГОСТ 7505–89	T4...T5	12. Внешние дефекты допускаются не более, мм	0,6
4. Степень сложности (ГОСТ 7505–89)	C3	13. Смещение по размерам штампов допускается не более, мм	0,6
5. Группа стали (сталь 45)	M1	14. Разностенность допускается не более, мм	2
6. Термообработка (улучшение): закалка (t , °C в масле) отпуск (t , °C на воздухе)	830...850 550...600	15. Масса заготовки, кг	2,4
7. Твёрдость, HB	240...280		
8. Способ очистки поверхности от окалины	Дробеструить		
9. Предельные отклонения	По ГОСТ 7505–89		

Рис. 1.1 Технические условия на изготовление детали фланец

Таблица 1.1

Технологические расчёты участка

№ операции	Наименование операции	Норма штучного времени, мин	Модель станка
005	Токарная автоматная	2,1	1Б240П-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	

Таблица 1.2

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 obtачивание 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)	$T_0 = 0,4dl$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$T_0 = 0,065Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$T_0 = 0,034Bl$
Фрезование черновое торцевой фрезой: за проход чистовое	$T_0 = 6l$ $T_0 = 4l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$T_0 = 7l$
Шлифование плоскостей торцом круга Здесь B – ширина обрабатываемой поверхности, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм	$T_0 = 2,5l$
Фрезерование зубцов червячной фрезой ($D = 80 \dots 300$)	$T_0 = 2,2Db$
Обработка зубцов червячных колёс ($D = 100 \dots 400$) Здесь D – диаметр зубчатого колеса, мм; b – длина зуба, мм	$T_0 = 60,3D$
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$T_0 = 9lz$
Шлицешлифование Здесь l – длина шлицевого валика, мм; z – число шлицев	$T_0 = 4,6lz$
Нарезание резьбы на валу ($d = 32 \dots 120$)	$T_0 = 19dl$
Нарезание метчиком отверстий ($d = 10 \dots 24$) Здесь d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм	$T_0 = 0,4dl$
Штучно-калькуляционное время	$T_{шт.к} = \Phi_k T_0$

Таблица 1.3

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

Таблица 1.4

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

6. Сформировать отчет

Практическая работа №2

Определение типа и формы организации производства

Цель: определить тип производства форму его организации по коэффициенту закрепления операций.

В машиностроении различают три основные классификационные категории производства (ГОСТ 14.004–83):

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 объёма выпуска изделий – единичное (Е), серийное (С) и массовое (М).

3. Форма организации производства: групповая и поточная.

Ход работы:

1. Определение типа производства

Тип производства можно определить по коэффициенту закрепления операций $K_{з.о}$.

Тип производства с помощью $K_{з.о}$ определяется по стандарту ЕСТПП ГОСТ 3.1108–74. 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.

Определение типа производства необходимо для выбора организационных форм производственного процесса.

Для однопредметных участков коэффициент закрепления можно определить как

$$K_{з.о} = T_{шт.сп} / \tau$$

где $T_{шт.сп} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{шти}$ – 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 [1]).

2. Определение формы организации производства

Форма организации технологических процессов изготовления изделий: групповая, поточная (ГОСТ14.312–74), непоточная зависит от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, числа изделий и направления их движения.

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.

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.

Для крупносерийного ($K_{з.о} = 1 \dots 10$) и массового ($K_{з.о} \leq 1$) производства характерным является поточная форма организации производства: непрерывным (в $t_{шт} = t_{в}$) или прерывным (в $t_{шт} \neq t_{в}$) потоком. В зависимости от количества наименований деталей, закреплённых за линией, поточные линии могут быть однопредметными (поточно-массовые непрерывные или прямоточные) и много-

предметными (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.

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 [1])

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

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.

3. Сформировать отчет

Пример выполнения работы.

При годовой программе выпуска изделий $N_{г.а}=40000$ 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]

$$K_{з.о} = \tau_{в}/T_{шт. ср.}$$

Такт выпуска при поточном производстве составляет

$$\tau_{в} = \frac{60\delta_{г}}{N_{г}}$$

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

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

Среднештучное время одной операции изготовления фланца по данным табл. 5.2 составляет [1]

$$T_{шт. ср.} = 0,82 \text{ мин.}$$

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 $t_{в} = 0,8$ мин.

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

Практическая работа №3 Расчет основного технологического оборудования

Цель: определить тип и количество необходимого технологического оборудования для изготовления партии деталей.

Ход работы:

Определение количества оборудования может проводится для поточного и непоточного производства.

Расчёт числа станков при детальном проектировании участков и цехов в непоточном производстве.

1. В непоточном серийном производстве осуществляется по каждому типоразмеру оборудования, исходя из станкоёмкости годового объёма обработки закреплённых за ним деталей:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.кi} \cdot N_i}{60 F_d},$$

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 (табл. 3.5 [1]).

2. Полученное расчётное значение числа станков по каждому виду C_{pi} округляется до целого большего и получают таким образом принятое число станков $C_{прi}$.

3. Определяют коэффициент загрузки принятого числа оборудования $K_з = C_{pi} / C_{прi}$ и сравнивают его с допустимыми значениями, которые должны быть не больше и не меньше значений, приведённых в табл. 3.8 пособия [1].

Расчётное значение станков округляется в сторону большего целого числа станков – $C_{пр}$. Коэффициент загрузки станков каждой из рабочей позиции поточной линии $K_з = C_{pi} / C_{пр}$ должен быть в среднем не менее $K_з = 0,9$ [1].

Средний коэффициент загрузки рабочих мест поточной линии должен быть не менее $K_{з.о.ср} = 0,75$ [1].

4. После определения количества станков по каждому из типоразмеров (операций) осуществляют расчёт установленного числа оборудования на участке, как

$$C_{\text{пр}\Sigma} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пр}i}$$

и определяют средний коэффициент их загрузки

$$K_{\text{з.ср}} = \sum C_{\text{пр}i} / \sum C_{\text{пр}}$$

Среднее значение коэффициента загрузки станков на участке и в цехах единичного и мелкосерийного производства рекомендуется принимать по см. таблице 3.1.

Таблица 3.1

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

5. Формирование отчета

Расчёт числа станков при поточном серийном и массовом производствах

1. Число станков для определяют для каждой позиции поточной линии, как

$$C_{\text{пр}i} = \frac{T_{\text{шт}i}}{\tau_{\text{в}}}$$

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

$\tau_{\text{в}}$ – такт выпуска деталей с линии, мин.

2. Такт выпуска для многопредметной поточной линии учитывает потери времени на их переналадку и осуществляется по расчётным формулам (3.19), (3.20). [1].

Такт выпуска для однопредметной линии

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60F_{\text{д}}}{N}$$

Для многопредметной с одинаковой станкоёмкостью

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60F_{\text{д}}}{(N_1 + N_2 + \dots + N_n)} \eta$$

Для многопредметной с разной станкоёмкостью

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60F_{\text{д}}}{(N_1 + \kappa_1 N_2 + \kappa_2 N_3 + \dots)} \eta$$

где η – коэффициент, учитывающий затраты времени на переналадку оборудования, обычно $\eta = 0,85 \dots 0,95$;

$$\kappa_2 = \frac{t_{\text{шт}3}}{t_{\text{шт}1}}$$

коэффициенты κ_2 учитывают разность в станкоёмкости обрабатываемых деталей по отношению к первой;

N_1, N_2, \dots, N_n – годовые программы выпуска деталей.

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

$$C_{pi} = \frac{t_{оп i}}{\tau_n},$$

где $t_{оп i} = t_0 + t_n + t_{тр}$ – оперативное время работы позиции автоматической линии;

$t_{тр}$ – время транспортной операции, обычно составляет 0,1...0,3 мин.

4. Для каждой операции рассчитывают коэффициенты загрузки, значения которых не должны превышать приведённых в табл. 3.1 значений.
5. Разрабатывают структурную схему поточной линии механической обработки детали.

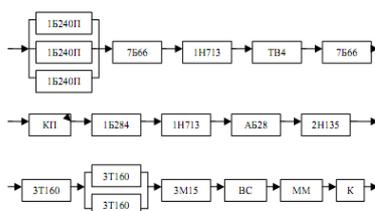


Рис. 3.1. Структурная схема поточной линии изготовления детали «Фланец»

На рис. 3.1 представлена структурная схема поточной автоматической линии по изготовлению детали «Фланец», включающая все рабочие позиции технологического маршрута его изготовления.

По итогам расчёта количества оборудования составляют таблицу, в которой указывают модель, мощность, балансовая стоимость, габаритные размеры, масса и потребное количество по каждому типоразмеру оборудования.

В качестве примера в таблице 3.2 приведены расчёты основного оборудования и коэффициенты их загрузки по технологическим операциям.

Таблица 3.2

Расчёт количества основного технологического оборудования для поточной линии механической обработки детали

№ 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	1Б240П-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 многолезцовая	0,78	0,97	1	0,97	1Н713

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. 3.2 данных, коэффициент загрузки единиц оборудования в поточной линии составляет в основном $K_{з.о}=0,77\dots 0,97$. Невысокий коэффициент загрузки протяжных станков $K_{з.о}=0,4\dots 0,59$ позволяет объединить эти операции. 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.

Практическая работа №4 **Расчет количества вспомогательного оборудования**

Цель: определить количество потребного вспомогательного оборудования.

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.

Ход работы:

1. Определяют общее число станков в цехе
2. $C = (1,05\dots 1,3) C_{спр}$
3. По итогам расчёта количества оборудования составляют таблицу, 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.

Практическая работа №5 **Расчет численности основных производственных рабочих**

Цель: определить численности работников основной производственной системы.

К производственным рабочим механического цеха относят станочников, операторов и наладчиков автоматических линий, операторов-наладчиков, обслуживающих модули в ГПС, а также разметчиков, мойщиков деталей, слесари-

рей и других рабочих, занятых выполнением операций технологического процесса изготовления деталей основного производства.

В условиях автоматизированного 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 обслуживаемого оборудования и составляет 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.

При выполнении расчётов числа рабочих, работающих в цехе 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).

Ход работы:

1. Определение числа рабочих по трудоёмкости производственной программы

Число основных (производственных) рабочих по профессиям определяется по формуле

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

где τ_{Σ} – суммарная годовая станкоёмкость обработки деталей на данном типоразмере станка, соответствующая рассматриваемой профессии рабочего (токаря, фрезеровщика и т.д.), станко-мин;

$\Phi_{д.р}$ – действительный годовой фонд времени рабочего ($\Phi_{д.р}=1800$ ч);

K_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

Нормы многостаночного обслуживания K_m по типам оборудования составляют: $K_m=1$ – для универсального оборудования с ручным управлением и $K_m=2...4$ – для высокоавтоматизированных станков.

2. Определение числа рабочих по числу принятого оборудования

Число основных рабочих определяется по числу принятых станков $S_{пр}$ так же с учётом их одновременного обслуживания (см. п. 3.8.1 [1])

$$R_{ст} = \frac{S_{пр}F_dK_{з.ср}}{\Phi_{д.р}K_{м.ср}},$$

где $K_{з.ср}$ – средний коэффициент загрузки оборудования, принимаемый $K_{з.ср} = 0,8...0,9$ – для единичного и мелкосерийного производства, $K_{з.ср} =$

0,75...0,85 – для среднесерийного и $K_{з.ср} = 0,65...0,85$ – для крупносерийного и массового производства (см. табл. 3.9 пособия [1]);

$K_{м.ср}$ – средний коэффициент многостаночного обслуживания, принимаемый $K_{м.ср}=1,1...1,35$ для многосерийного и единичного производства $K_{м.ср}=1,3...1,5$ – для среднесерийного и $K_{м.ср}=1,9...2,2$ – для крупносерийного и массового производства.

3. Расчёт производственных рабочих по профессиям и тарификацию их по разрядам представлять в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1

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.

Практическая работа №6

Расчет численности вспомогательных рабочих

Цель: определить численности работников вспомогательной производственной системы.

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.

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.

Численность вспомогательных рабочих при укрупнённом проектировании определяют общим числом в зависимости от числа производственных рабочих.

1. Определение численности вспомогательных рабочих цехового подчинения.

В таблице 6.1 приведены данные о (%) соотношении числа вспомогательных рабочих цехового подчинения в зависимости от числа производственных рабочих цеха. Указанные соотношения не учитывают ремонтных рабочих по текущему ремонту и межремонтному обслуживанию технологического, и электрооборудования, слесарей, заточников, наладчиков приборов, рабочих по приготовлению смазочно-охлаждающих жидкостей, контролёров ОТК.

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.

При проектировании участков, состоящих 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

Таблица 6.1

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.

2. Определение численности ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала

В таблице 6.2 приведены нормы для расчёта численности ИТР механических цехов с учётом разработки технологических процессов и разработки управляющих программ на ЭВМ, а также проектировании специальных приспособлений работниками отдела главного технолога и отдела труда. 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.

Таблица 6.2

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.

3. После подсчёта всех категорий, работающих сводные данные, заносят в таблицу по форме табл. 6.3.

Таблица 6.3

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
Всего работающих			

Практическая работа №7

Разработка плана расположения оборудования основной производственной системы

Цель: разработать компоновочный план размещения технологического оборудования на механическом участке.

Расположение станков на участках зависит от организационной формы обработки, числа станков, средств межоперационного транспорта и способа удаления стружки от мест образования.

При разработке плана размещения оборудования требуется определить площадь цеха. Производственную площадь $S_{пр}$ определяют по показателю удельной $S_{уд.пр}$ площади, приходящейся на один станок: $S_{пр} = S_{уд.пр} \cdot C_{пр}$, где $C_{пр}$ – принятое число станков основной системы. Удельная площадь $S_{уд.пр}$ зависит от габаритов станков и средств межоперационного транспортирования (конвейеров).

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

При планировке оборудования 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 осуществляют с использованием ЭВМ

Относительно транспортного средства или цехового проезда возможно продольное, поперечное, угловое и кольцевое размещение станков (рис. 7.1).

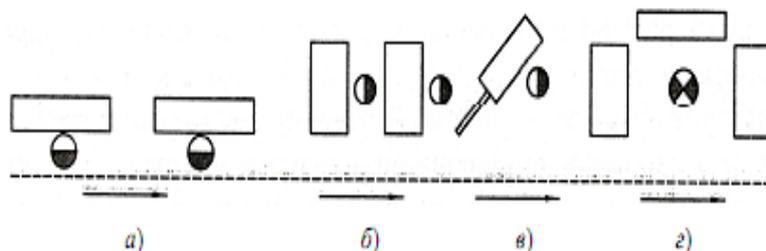


Рис. 7.1. Варианты размещения станков относительно транспортных средств:

а – продольное; б – поперечное; в – угловое; г – кольцевое

Фронтальное (продольное) расположение станков создаёт благоприятные условия для механизации и автоматизации средств межоперационного транспортирования и обслуживания рабочих мест.

Поперечное размещение оборудования ухудшает условия для обслуживания оператором за счёт большого удаления зоны загрузки-выгрузки станка от средств транспортирования, но уменьшает удельную площадь размещения оборудования.

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. 7.2.

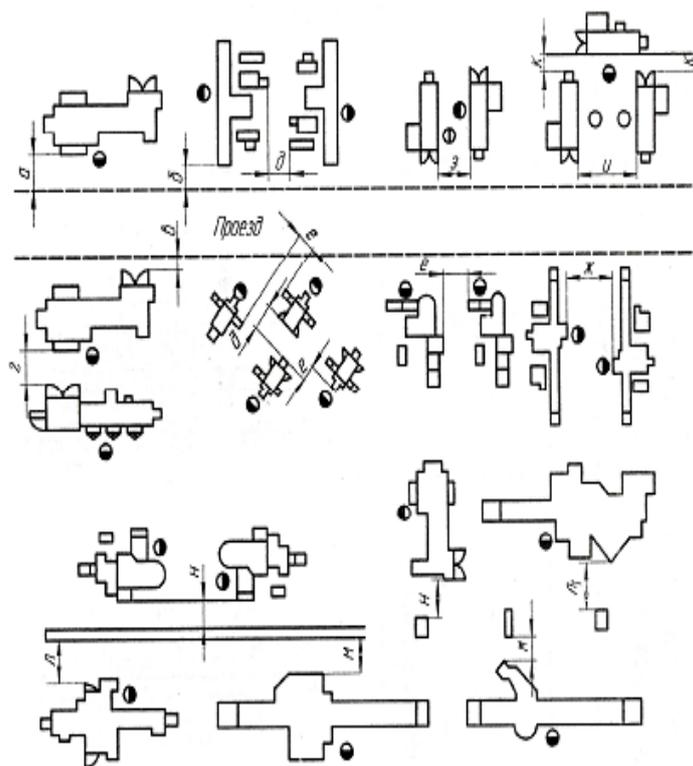


Рис. 7.2. Схемы размещения станков

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

- расположение рабочего места у станка во время работы;
- верстаки, рабочие столы, подставки;
- инструментальные столики;
- места у станков для обработанных деталей и заготовок;
- транспортные устройства, относящиеся к раб. месту;
- площадки для контроля и временного хранения деталей;

На рисунке 7.3 показаны наиболее распространённые варианты планировок поточных линий.

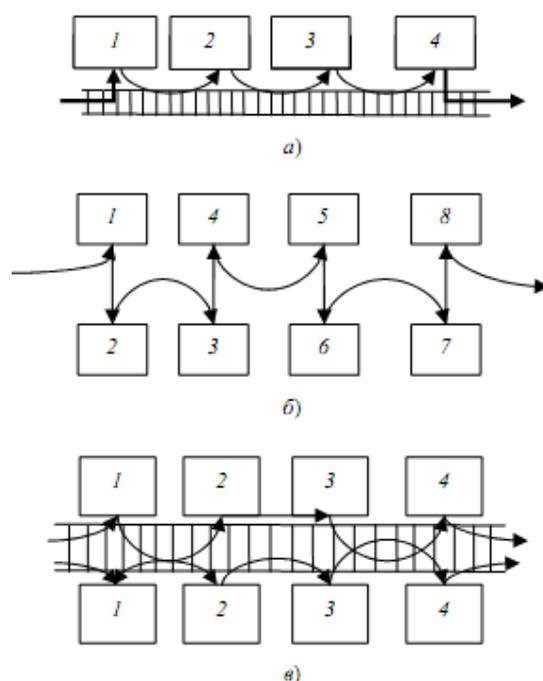


Рис. 7.3. Расположение станков в поточной линии
(цифры обозначают порядковый номер станка)

В варианте (а) на рис. 2 станки расположены в порядке последовательности операций, передача заготовок 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. Пример компоновки оборудования в поточной линии показан на рис. 7.4.

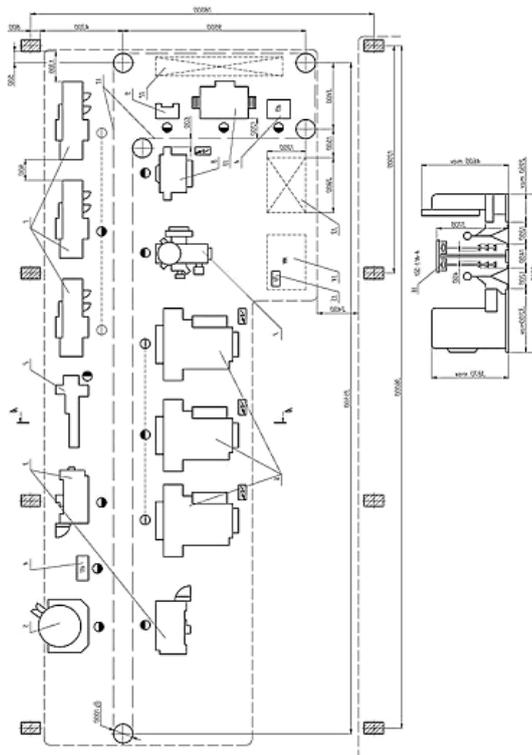


Рис. 7. 4. Планировка оборудования поточной линии

Нормы расстояний станков от проезда, между соседними станками, а также от станков до стен и колони здания приведены в табл. 7.1

Таблица 7.1

Нормы расстояний станков от проезда, между станками, 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 (а)	1600/1000		2000/1000
боковой стороны станка (б)	500		700/500
тыльной стороны станка (а)	500		500
Между станками при расположении их:			
«в затылок» (з)	1700/1400	2600/1600	2600/1800
тыльными сторонами друг к другу (д)	700	800	1000
боковыми сторонами друг к другу (е)	900		1300/1200
Фронтальными сторонами друг к другу и при обслуживании одним рабочим:			
одного 1 станка (ж)	2100/1900	2500/2300	2600
двух станков (и)	1700/1400	1700/1600	—
по кольцевой схеме (и)	2500/1400	2500/1600	—
От стен, колонн до:			
фронтальной стороны станка (л, л ₁)	1600/1300		1600/1500
боковой стороны станка (н)	1300	1300/1500	1500
тыльной стороны станка (м)	700	800	900

Примечание. Расстояние между станками к при размещении их по кольцевой схеме принимается не менее 700 мм. Расстояние до боковой стороны станков и 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 дробильной стружки – 0,8; витой стружки – 1,0.

4. Определить длину станочного участка и число рядов станочного оборудования;
5. Определить место и размеры проездов и проходов на участке с учётом выбранных транспортных средств и нанести их на план участка;
6. Определить размеры пролёта, сетку колонн и место участка в пролёте механического цеха;
7. Обозначить размеры размещённого оборудования и уточнить первоначально определённую величину производственной площади;
8. Вычертить схему планировки оборудования в выбранном масштабе (1:100; 1:50) на листе А1 с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования;
9. 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;
10. Обеспечить привязку оборудования размерами от колонн производственного здания, от проездов, между собой и др., обеспечивающую построение монтажной схемы размещения оборудования на производственной площади участка;
11. Вычертить планировку оборудования в выбранном масштабе на листе А1 с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования.

Практическая работа №8 **Разработка плана механического участка**

Цель: спроектировать схему механического цеха, обеспечивающего установку потребного технологического оборудования.

План механического участка выполняется в масштабе 1:50; 1:100 или 1:200. Все отделения цеха располагаются по направлению общего производственного потока в следующем порядке (типовую схему см. на рис. 1):

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,); 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;

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.

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 производствах 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.;

Складские помещения в цехе (склад материалов и заготовок, промежуточный склад) 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).

Длина станочного комплекса участков должна находиться в пределах не более 35...50 м. Место рабочего у станка обозначается кружком (Ø 500 мм в соответствующем 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 (табл. 3.12, 3.13 [1]).

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 наружные 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.

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.

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. 8.1).

Ход работы:

Основные этапы разработки планировочного решения участка, следующие:

1. Вычертить производственный участок для размещения технологического оборудования в выбранном масштабе
2. Вычертить магистральные и технологические проезды и проходы.
3. Определить количество пролетов в механическом участке.
4. Разместить на плане вспомогательные отделения.
5. Разместить на плане бытовые отделения.
6. Разместить на плане складские помещения
7. 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.

Задавшись шириной 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.

На рисунке 8.1 приведена схема общей компоновки механического цеха с инструментальным, ремонтным, термическим, окрасочным, испытательным и контрольным отделениями, а также складами и бытовыми помещениями машиностроительного завода серийного производства, без технологического оборудования.

Таблица 8.1

Условные обозначения, применяемые на планировке

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена		Место складирования заготовок и изделий	
Окно		Пульт управления	
Сплошная перегородка		Кран мостовой	
Перегородка из стеклоблоков		Стеллаж много-ярусный 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 ролик-вый однорядный	
Многостаночное обслуживание одним рабочим		Подвод сжатого воздуха (цифры указывают давление в сети)	
Контрольный пункт		Точка подвода электрокабеля к оборудованию	

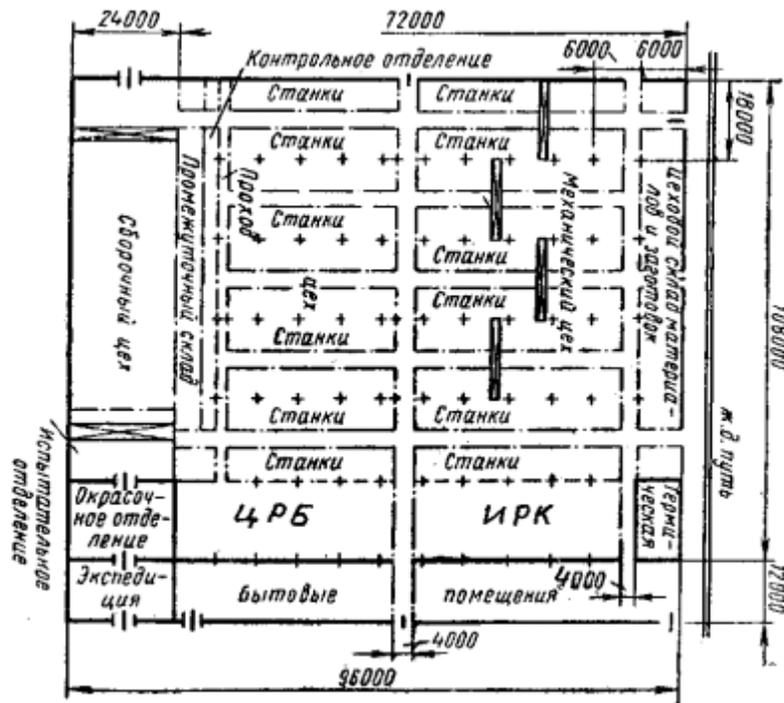


Рис. 8.1. Схема общей компоновки в одном здании механического цеха машиностроительного завода серийного производства со вспомогательными отделениями, складами и бытовыми помещениями

Практическая работа №9 Общая планировка механического цеха

Цель: спроектировать общую схему механического цеха, обеспечивающего выпуск изделий заданной номенклатуры.

Все станки, автоматические станочные линии и другое оборудование, а также устройства на рабочих местах, складские и контрольные площадки, грузоподъемные и транспортные устройства, изображенные 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 оборудования – основные размеры, грузоподъемность, площадь и т.д.;
- 4) мощность электродвигателей оборудования.

Планировка участка в выбранном масштабе вычерчивается на отдельном листе (как правило формата А1), с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования, прикладывается ведомость спецификаций установленного оборудования на участке.

Ход работы:

Основные этапы разработки планировочного решения участка, следующие:

1. Разместить модели технологического оборудования на участке
2. Компьютерным способом разместить модели оборудования технологического и других видов оборудования в выбранном масштабе (1:100; 1:50) 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.
3. Определить место и размеры проездов и проходов на участке с учётом выбранных транспортных средств и нанести их на план участка.
4. 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.
5. Обеспечить привязку оборудования размерами от колонн производственного здания, от проездов, между собой и др., обеспечивающую построение монтажной схемы размещения оборудования на производственной площади участка.
6. Вычертить планировку участка в выбранном масштабе на листе А1 с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования.

Пример компоновки механосборочных цехов с поперечным разрезом по пролёту представлен на рис. 9.1.

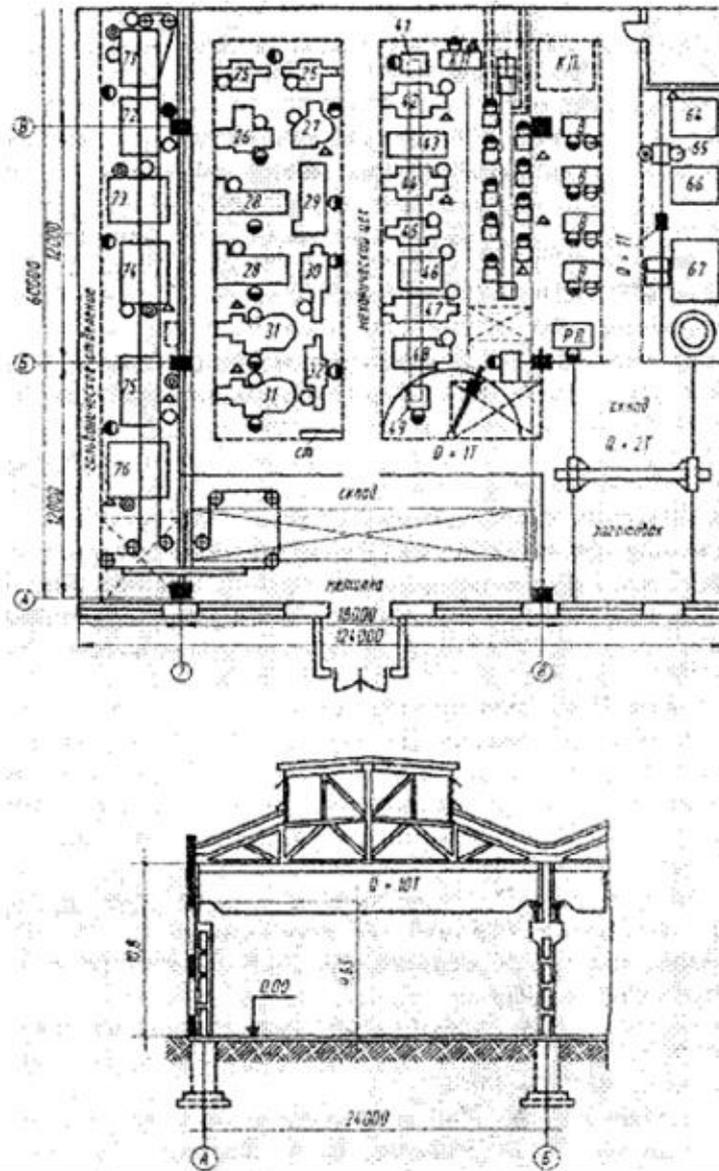


Рис. 9.1. Компановочно-планировочный план цеха с поперечным разрезом пролёта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пачевский В.М., Демидов А.В. Проектирование машиностроительного производства: учеб. пособие [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «ВГТУ»; А.В. Демидов. – Электрон. текстовые, граф. дан. (0,8 Мб). – Воронеж: ВГТУ, 2015. – с. – 1 диск. – <http://catalog.vorstu.ru>. 2015 ЭР 1,0.
2. Демидов А. В. Основы проектирования производства: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Демидов. – Электрон. текстовые, граф. дан. (2,1 Мб). – Воронеж: ФГБОУВПО «ВГТУ», 2015. – 188 с. – 1 диск. – <http://catalog.vorstu.ru>. 2015 ЭР 1,0.
3. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие для вузов [Текст] / А.А. Иванов. – М.: Форум, 2012. – 223с. – 13 экз. 2014 П.1,0.
4. Берлинер, Э.М. САПР в машиностроении [Текст] / Э.М. Берлинер. – М.: Форум, 2014. – 448 с. – 13 экз. 2014 П. 1,0.
5. Демидов, А. В. Организация технической подготовки производства: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Демидов. – Электрон. текстовые, граф. дан. (3,8 Мб). – Воронеж: ВГТУ, 2015. – с. – 1 диск. – <http://catalog.vorstu.ru>. 2015 ЭР 1,0.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа № 1. Технологический анализ детали.....	4
Практическая работа № 2. Определение типа и формы организации производства...7	
Практическая работа № 3. Расчет основного технологического оборудования.....	10
Практическая работа № 4. Расчет количества вспомогательного оборудования.....	13
Практическая работа № 5. Расчет численности основных производственных рабочих...13	
Практическая работа № 6. Расчет численности вспомогательных рабочих.....	15
Практическая работа № 7. Разработка плана расположения оборудования основной производственной системы.....	18
Практическая работа № 8. Разработка плана механического участка.....	23
Практическая работа № 9. Общая планировка механического цеха.....	27
Библиографический список.....	29

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и
автоматизация машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составитель:
Демидов Алексей Владимирович

Компьютерный набор А.В. Демидова

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 15.11.2021

Уч.-изд. л.1,86

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14