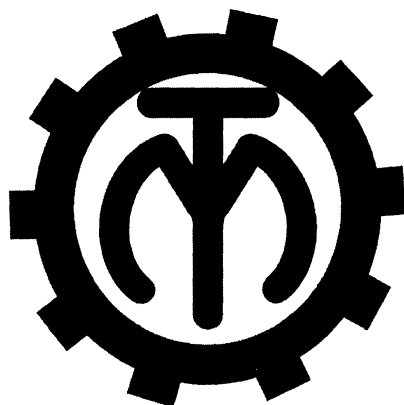


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ УЧАСТКОВ И ЦЕХОВ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.01  
ББК 65.304.15  
П79

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «22» мая 2023 г.,  
протокол № 14

Составители: канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина;  
ассистент О. Н. Кляус

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Изложены методические рекомендации по разработке планировки участка и поточной линии. Представлены примеры оформления планировки участка и поточной линии механической обработки деталей.

Учебное издание

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ УЧАСТКОВ И ЦЕХОВ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2023

## Содержание

Введение.....	4
1 Практическое занятие № 1. Разработка исходных данных и планировка многономенклатурной поточной линии изготовления деталей на станках с ЧПУ.....	5
1.1 Определение типа производства и расчет количества основного оборудования в поточном производстве.....	5
1.2 Выбор транспортного средства для перемещения деталей.....	8
1.3 Планировка поточной линии.....	8
1.4 Оформление чертежа планировки.....	13
1.5 Проектирование строительной части.....	16
1.6 Задания для проведения практических занятий.....	17
2 Практическое занятие № 2. Разработка исходных данных и планировка участка по изготовлению деталей.....	18
2.1 Рекомендации по разработке планировки оборудования на участке механической обработки деталей.....	18
2.2 Расстановка оборудования на участке.....	19
2.3 Определение количества производственного оборудования механического участка (цеха).....	22
2.4 Определение численности работающих механического участка (цеха).....	22
2.5 Расчет площадей механического участка (цеха).....	22
2.6 Определение количества производственного оборудования сборочного участка (цеха).....	24
2.7 Определение численности работающих сборочного участка (цеха).....	24
2.8 Расчет площадей сборочного участка (цеха).....	25
2.9 Определение площади административно-конторских и бытовых помещений.....	25
2.10 Рекомендации по разработке компоновки механосборочного участка (цеха).....	25
2.11 Пример разработки и оформления компоновки механосборочного цеха.....	26
Список литературы .....	33
Приложение А. ....	34
Приложение Б. ....	35

## Введение

Целью методических рекомендаций является инженерная подготовка студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» в области проектирования механосборочных участков и цехов для выполнения технологических процессов изготовления машин.

При проведении практических занятий студенты получают навыки в решении технологических и организационных вопросов при проектировании механосборочного участка цеха и поточной линии.

При выполнении заданий практических занятий студенты получают знания и практические навыки проектирования по:

- структуре участков и цехов;
- организационным формам выполнения работ для различных типов производства;
- правилам расположения основного оборудования и вспомогательных подразделений механического цеха;
- выбору наиболее рациональных для данных производственных условий средств механизации и автоматизации вспомогательных процессов (транспортировке заготовок и полуфабрикатов, уборки стружки и др.);
- строительным нормам и правилам;
- технике безопасности.

# 1 Практическое занятие № 1. Разработка исходных данных и планировка многономенклатурной поточной линии изготовления деталей на станках с ЧПУ

**Цель работы:** освоение методики проектирования и оформления планировки в поточном производстве.

## 1.1 Определение типа производства и расчет количества основного оборудования в поточном производстве

Поточное производство – форма организации производственного процесса, при которой все операции согласованы во времени, повторяются через строго установленные интервалы, все рабочие места являются специализированными и располагаются в соответствии с ходом технологического процесса. Поточные формы работы наиболее распространены в массовом производстве, но применяются также в серийном и единичном.

Организационной формой поточного метода осуществления производства является поточная линия, представляющая собой совокупность обрабатывающих машин или рабочих мест, расположенных по ходу технологического процесса изготовления деталей или сборки изделий. За каждой машиной или рабочим местом поточной линии закрепляется одна или несколько операций. Поточная линия в металлообрабатывающих цехах – 1 ряд (или 2 ряда) обрабатывающих станков (машин), связанных транспортными устройствами для передачи деталей с одной операции на другую.

При выборе типа производства ориентируются на количество операций, приходящихся на одно рабочее место, которое устанавливают предварительно из соотношения расчетного такта и среднего времени одной операции в аналогичных условиях:

$$K_{ом} = \frac{T}{T_{иср}(T_{ксп})}, \quad (1.1)$$

где  $T$  – расчетный такт выпуска изделий, мин;

$T_{иср}(T_{ксп})$  – среднее время одной операции, мин.

При  $K_{ом} = 1...2$  при проектировании можно ориентироваться на массовое производство, при  $K_{ом} = 2...10$  – на крупносерийное, при  $K_{ом} = 10...20$  – на среднесерийное, при  $K_{ом} = 20...50$  – на мелкосерийное, а при  $K_{ом} > 50$  – на единичное.

Количество станков в поточном производстве определяется для каждой операции по такту выпуска деталей с линии. Такт выпуска деталей с линии определяется по формуле

$$T = \frac{60 \cdot \Phi_n K_\phi}{\Pi}, \quad (1.2)$$

где  $\Phi_n$  – расчетный нормативный фонд времени, ч/г.;

$K_\phi$  – коэффициент, учитывающий потери фондового времени оборудования на организацию технологического процесса;

$P$  – расчетная программа выпуска изделий.

Расчетный нормативный фонд времени может быть определен из соотношения

$$\Phi_n = DCCK_p, \quad (1.3)$$

где  $D$  – число рабочих дней,  $D = 257$ ;

$C$  – число рабочих смен в день;

$Ч$  – продолжительность рабочей смены, ч;

$K_p$  – коэффициент потерь времени на ремонты и отпуск рабочих.

Коэффициент, учитывающий потери фондового времени оборудования на организацию технологического процесса, рассчитывается по формуле

$$K_\phi = K_{TO} K_o K_n, \quad (1.4)$$

где  $K_{TO}$  – коэффициент, учитывающий потери фондового времени на техническое обслуживание поточных линий,  $K_{TO} = 0,85 \dots 0,9$ ;

$K_o$  – коэффициент, учитывающий потери фондового времени на смену инструментов,  $K_o = 0,9$ ;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий потери фондового времени на переналадку переналаживаемых линий,  $K_n = 0,9 \dots 0,95$ .

Расчетная программа выпуска изделий определяется по формуле

$$P = P_B K_\chi K_\zeta, \quad (1.5)$$

где  $P_B$  – программа выпуска по заданию;

$K_\chi$  – коэффициент, учитывающий изготовление запасных частей; по опытным данным,  $K_\chi = 1,01 \dots 1,25$ ;

$K_\zeta$  – коэффициент, учитывающий складской запас и цеховые потери; по опытным данным,  $K_\zeta = 1,01 \dots 1,05$ .

Количество станков в поточном производстве определяется для каждой операции по такту выпуска деталей с линии.

$$C_{op} = \frac{T_{ш}(T_k)}{T}, \quad (1.6)$$

где  $T_{ш}(T_k)$  – время одной операции, мин;

$T$  – такт работы, мин/шт.

Расчетное количество станков округляется по ближайшего целого числа, однако при превышении его не более чем на 0,1 следует изыскать возможность

округления в меньшую сторону, пересмотрев условия выполнения операции с целью уменьшения штучного времени.

Затем определяется коэффициент загрузки станков на каждой операции по формуле

$$\eta_3 = \frac{C_{op}}{C_o}, \quad (1.7)$$

где  $C_o$  – принятое количество станков для данной операции.

Для обеспечения бесперебойной работы поточной линии необходимо стремиться, чтобы коэффициент загрузки оборудования на отдельных операциях не превышал 0,9. В случае, если при расчётах  $\eta_3$  окажется выше этого значения, следует увеличить количество станков.

Средний коэффициент загрузки поточной линии рассчитывается как отношение суммарного расчетного количества станков к суммарному принятому количеству станков линии:

$$\eta_{зcp} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{opi}}{\sum_{i=1}^m C_{oi}}, \quad (1.8)$$

где  $m$  – количество операций.

Средний коэффициент загрузки линии должен быть не ниже 0,65...0,75. При этом для отдельных высокопроизводительных станков допускают коэффициент загрузки 0,5 и менее (например, протяжные станки).

Результаты выполненных расчетов рекомендуется представить в виде таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Расчет количества оборудования поточной линии

Номер операции	Наименование операции	Наименование оборудования	Параметр			
			$t_{шт.}$ , мин	$C_{op}$ , шт.	$C_o$ , шт.	$\eta_3$ , %
005	Фрезерно-центровальная	МР-71	3,2	1,56	2	78
010	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	5,6	2,66	3	88,7
015	...	...	...	...	...	...
020	...	...	...	...	...	...
Итого по линии в целом			...	...	...	...

По полученным результатам также строится график загрузки оборудования.

## ***1.2 Выбор транспортного средства для перемещения деталей***

Межоперационный транспорт должен обеспечить бесперебойную работу потока, ритмичность выпуска, временное хранение межоперационных заделов, быть простым, надежным в работе, дешевым в изготовлении и эксплуатации.

Транспортные средства, применяемые для межоперационной транспортировки деталей, можно подразделить на три группы: периодического действия; приводные непрерывного действия; бесприводные.

К первой группе относятся электрические и ручные тележки, поворотные и консольные краны, краны на колоннах с электрическими тельферами, велосипедные краны, кран-балки с тельферами, мостовые электрические краны.

Во вторую группу транспортных средств входят конвейеры различных видов. На участках механической обработки деталей применяют подвесные цепные, напольные ленточные, пластинчатые и тележечные конвейеры. Приводные конвейеры наиболее полно отвечают требованиям поточного производства.

К третьей группе транспортных средств относятся бесприводные рольганги, склизы, скаты, лотки и желоба.

Выбор и назначение межоперационных транспортных средств зависят от объема производства, типа и количества оборудования, планировки поточной линии, ритма работы, степени синхронизации операций и т. д.

## ***1.3 Планировка поточной линии***

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

Для построения планировки используют соответствующего размера лист миллиметровой бумаги, что особенно удобно при масштабе 1:100, наиболее часто применяемом на практике. На лист наносится сетка колонн с буквенно-цифровой нумерацией (рисунок 1.1), причем поперек пролетов ряды колонн нумеруются арабскими цифрами, а вдоль пролетов – прописными буквами русского алфавита. Затем наносятся проходы и проезды с соблюдением соответствующих нормативов.

Ширина пролетов для среднего машиностроения принимается 18 м, для приборостроения – 12 м, для тяжелого машиностроения – 24 м; шаг колонн  $t$  (в продольном направлении) – 6 или 12 м.

Таким образом, применяют следующие сетки колонн:

12 × 6; 18 × 6; 18 × 12; 24 × 6; 24 × 12.

Перед планировкой оборудования вырезают карточки габаритов станков – темплеты в выбранном масштабе. Карточки располагают на плане и прикалывают их булавками. При рассмотрении нескольких вариантов выбирают оптимальный, после согласования с преподавателем его вычерчивают и оформляют на миллиметровой бумаге.



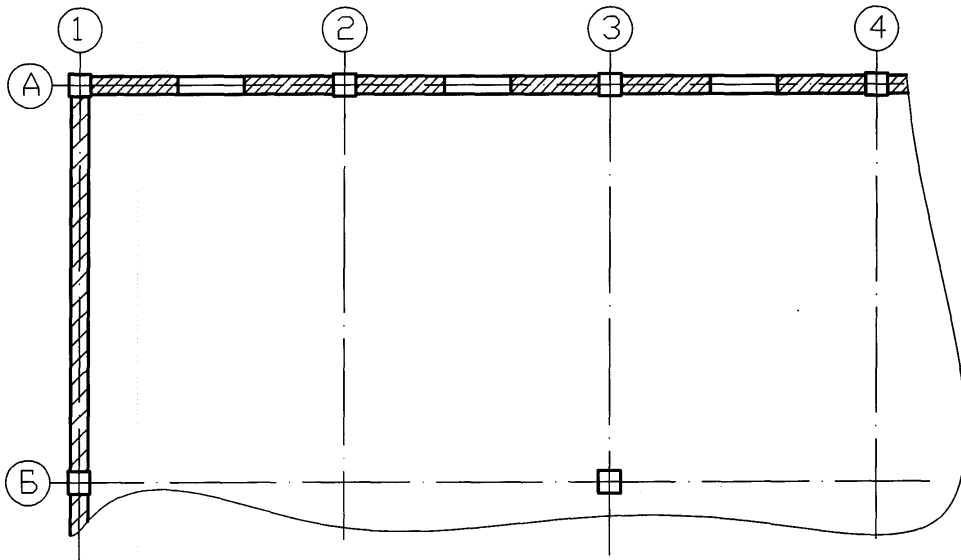


Рисунок 1.1 – Нумерация сетки колонн цеха

План поточной линии должен отвечать принципу прямооточности (передача обрабатываемой детали между рабочими местами по кратчайшим расстояниям с наименьшими затратами труда и времени). Для этого станки располагают последовательно в соответствии с технологическими операциями. Задача рационального размещения оборудования сводится к выбору варианта размещения станков относительно транспортного средства, числа рядов станков и общей конфигурации поточной (автоматической) линии.

Относительно транспортного средства возможны варианты продольного, поперечного, углового и кольцевого размещения станков. Наиболее удобным для обслуживания является расположение оборудования фронтом к проезду (проходу). Поперечное расположение станков улучшает использование площади цеха, но затрудняет их обслуживание, так как возникают трудности с доставкой заготовок к рабочим местам. Под углом к оси пролета чаще всего располагают средние токарные станки, токарные автоматы, револьверные и другие станки для обработки прутковых материалов, а также горизонтально-протяжные, горизонтально-расточные, продольно-строгальные, продольно-фрезерные и продольно-шлифовальные. Сторону станка, где располагается привод, обращают к стене или колонне.

Кроме этого, должны быть предусмотрены удобные подходы к рабочим местам, места необходимой площади для размещения деталей при образовании заделов, участки для выполнения контрольных операций и проведения ремонта оборудования.

При разработке планировки поточной линии также следует предусмотреть расстояние между станками и транспортирующим оборудованием. Рекомендуемые величины этих расстояний приведены в таблице 1.2. В таблице приняты следующие условные обозначения:

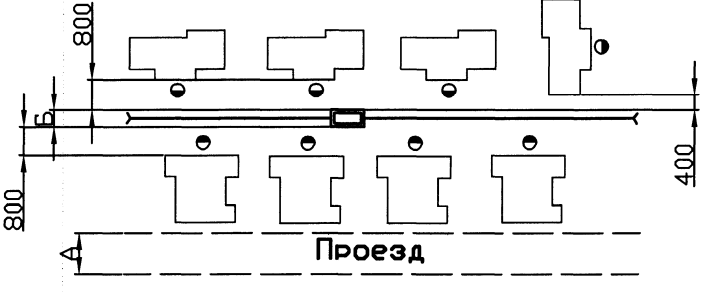
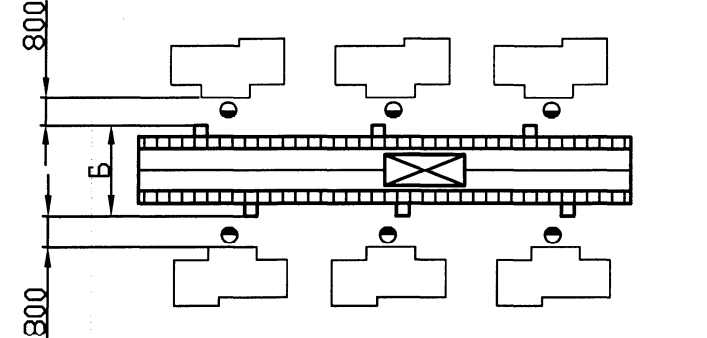
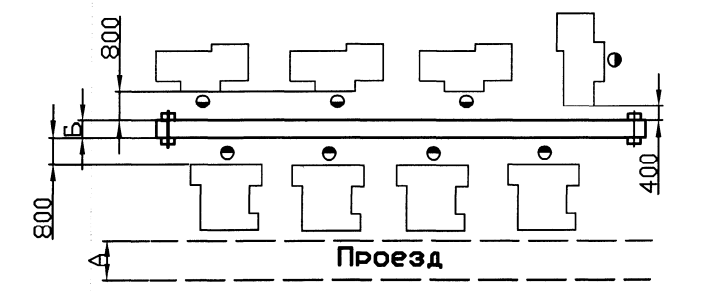
А – ширина проезда для одностороннего движения транспорта и прохода людей,  $A = 1500$  мм;

Б – ширина механизированного межоперационного транспорта (конвейер-)

ра, транспортера, рольганга, каретка и т. д.) или наибольшая ширина перемещаемого груза, например, подвесным конвейером или только на монорельсе;

В – расстояние между линиями подвесного конвейера или монорельса,  $B = 300$  мм.

Таблица 1.2 – Расстояния между поточными линиями

Вид транспорта	Схема поточной линии
Подвесной конвейер или тали на монорельсе	 <p>Схема поточной линии с подвесным конвейером или тали на монорельсе. Показаны два ряда станков, расстояние между рядами <math>B</math>, ширина проезда <math>A</math>, и размеры 800 и 400 мм.</p>
Автоматизированная транспортно-складская система	 <p>Схема поточной линии с автоматизированной транспортно-складской системой. Показаны два ряда станков, расстояние между рядами <math>B</math>, и размеры 800 мм.</p>
Стационарный конвейер (роликовый, пластинчатый, ленточный и т. п.)	 <p>Схема поточной линии со стационарным конвейером. Показаны два ряда станков, расстояние между рядами <math>B</math>, ширина проезда <math>A</math>, и размеры 800 и 400 мм.</p>

Для нормального функционирования производства в цеху и на участке на планировке следует предусмотреть проезды для осуществления межцеховых перевозок всеми видами напольного транспорта при двухстороннем движении. Ширина  $A$  магистральных проездов в механических цехах и расстояние  $B$  между рядами станков зависят от применяемых транспортных средств. Так, при использовании электротележек и вилчатых электропогрузчиков принимают  $A = 4500$  мм,  $B = 5000$  мм; при использовании автомашин, автопогрузчиков, тягачей –  $A = 5500$  мм,  $B = 6000$  мм. Выбор транспортных средств по грузоподъемности производится в соответствии с массой транспортируемого груза.

Рекомендации по выбору ширины проезда А и расстояний между линиями станков Б представлены в таблице 1.3. Расстояния Б указаны от наружных габаритов станков, включающих крайние положения движущихся частей, открывающихся дверок и постоянных ограждений. В случае расположения канала для удаления стружки вдоль проезда ширина последнего увеличивается на ширину этого канала.

Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн зданий приведены на рисунке 1.2 и в таблице 1.4.

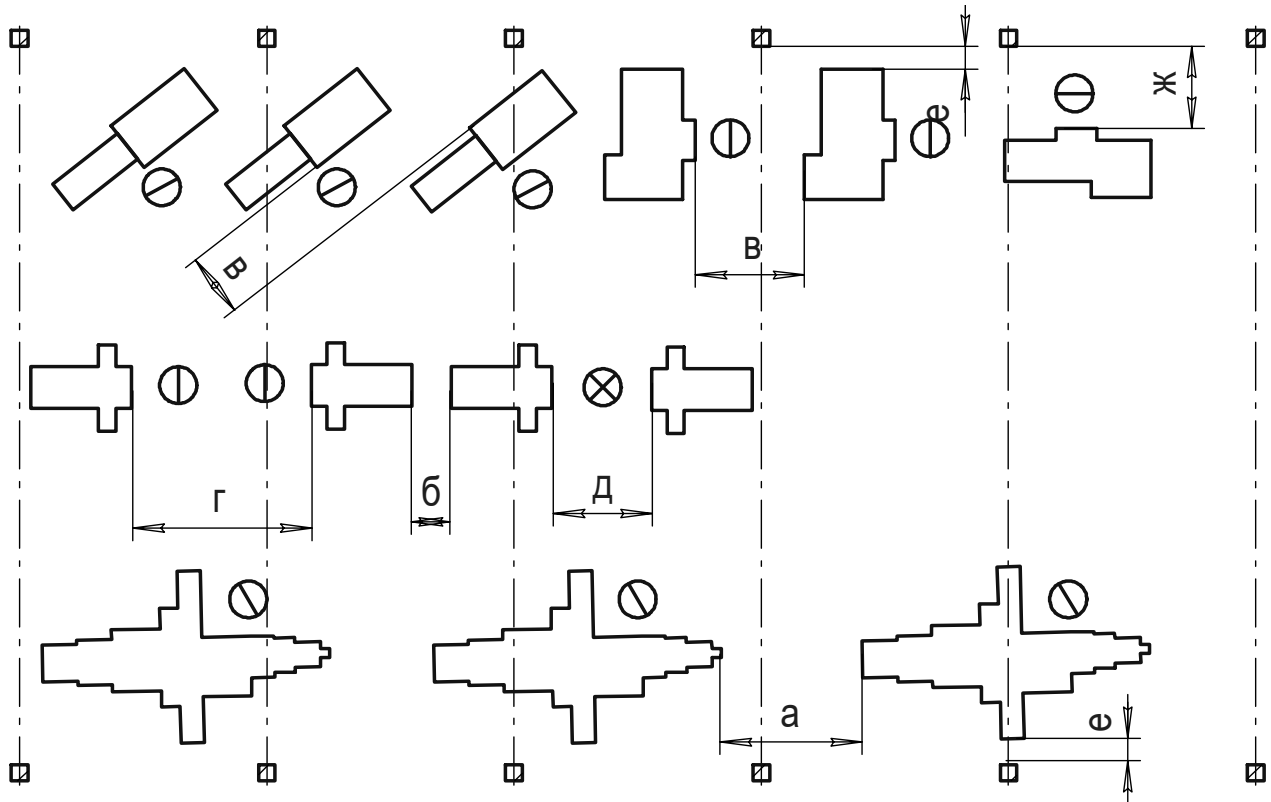


Рисунок 1.2 – Схемы к нормам расстояний между станками

Таблица 1.3 – Ширина проездов и расстояния между линиями станков

Расположение проезда	Эскиз	Транспортировка наполным транспортом			Транспортировка подвесным рельсовым и крановым оборудованием					
		Грузоподъемность транспортных средств, т	Электропроводами, оборудованными вилочными захватами	Электрорельсы (электростолбами)	Размер, мм, транспортные портуальные грузы	Электро-тельферами или электро-талями на монорельсе		Мостовыми опорами и подвесными кранами		
						А	Б		А	Б
		Ширина проезда и расстояние между линиями станков		Ширина проезда и расстояние между линиями станков		Ширина проезда и расстояние между линиями станков				
А	Б	А	Б	А	Б	А	Б			
Между тыльными или боковыми сторонами станков		0,5	2200	2700	-	-	1200	1700	1800	2300
		1	2700	3200	2000	2500	2000	2500	2500	8000
		3	3600	4000	2500	3000	-	-	2800	3300
		5	4000	4500	3000	3500	-	-	4000	4500
		0,5	2200	3500	-	-	1200	2500	1800	3100
Между одним рядом станков, расположенных к проезду тыльной стороной, и вторым рядом, расположенным к проезду фронтально		1	2700	4000	2000	3300	2000	3300	2500	3800
		3	3600	4900	2500	3900	-	-	2800	4100
		5	4000	5300	3000	4300	3000	3000	4000	5300
		0,5	2200	4200	-	-	800	3200	1800	3800
		1	2700	4700	2000	4000	1250	4000	2500	4500
Между линиями станков, расположенных друг к другу фронтально		3	3600	5600	2500	4500	-	-	2800	4800
		5	4000	6000	3000	5000	3000	3000	4000	6000
		0,5	2200	4200	-	-	800	3200	1800	3800

Таблица 1.4 – Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн

Расстояние		Норма 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 одним 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	–	

Для нормального функционирования производства в цеху и на участке на планировке следует предусмотреть проезды для осуществления межцеховых перевозок всеми видами напольного транспорта при двухстороннем движении. Ширина магистральных проездов от 3 до 4,5 м – для грузов до 1 т, перевозимых электротележками и грузовыми машинами, и от 4 до 5,5 м – для грузов до 5 т.

#### **1.4 Оформление чертежа планировки**

В общем виде на чертеже планировки участка (цеха) должны содержаться следующие элементы:

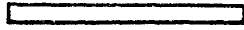

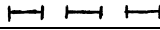
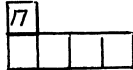

- производственное оборудование;
- место расположения рабочего у оборудования;
- производственный инвентарь;
- место складирования заготовок, готовых деталей;
- транспортные устройства;
- резервные места для оборудования;
- площадки для контроля;
- рабочее место мастера;
- подвод коммуникаций, противопожарные средства.

Чертеж планировки должен иметь основную надпись в левом нижнем углу формата и пояснения принятых условных обозначений, расположенные в правом нижнем углу формата.

Все строительные элементы, оборудование, инвентарь, подвод коммуникаций и т. п. наносятся на планировки с помощью условных обозначений

ний (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Условные обозначения, принятые на планировках

Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена	
Легкие перегородки всех типов	
Перегородка остекленная	
Перегородка из стеклоблоков	
Перегородка сетчатая	
Барьер	
Окно	
Колонна железобетонная	
Колонна кирпичная	
Колонна металлическая двутаврового сечения	
Проемы для ворот и дверей во всех стенах	
Ворота распашные или дверь створная двухпольная	
Ворота (дверь) подъемные	
Ворота (дверь) раздвижные	
Ящик для стружки	
Трап напольный	
Технологическое оборудование без фундамента	
Технологическое оборудование с фундаментом	
Промышленный робот	
Тумбочка инструментальная	
Приемный стол	
Приемный стол многосекционный	
Место рабочего	
Место многостаночника	
Контрольный пункт, контрольный стол	
Пульт управления	
Место складирования заготовок, готовых деталей	

## Окончание таблицы 1.5

Наименование	Условное обозначение
Электрошкаф, шкаф силовой	
Шкаф распределительный	
Подкрановый путь подвесной или опорный в плане	
Монорельс с талью в плане	
Конвейер подвесной цепной в плане	
Конвейер ленточный в плане	
Рольганг однорядный неприводной в плане	
Конвейер одношнековый в плане	
Каретка-оператор в плане	
Кран-штабелер	
Стеллаж многоярусный однорядный в плане	
Подвод эмульсии, СОЖ, масла, пара	
Отметка уровня чистого пола	
Автомат питьевой воды	
Подвод сжатого воздуха	
Точка подвода электрического кабеля к оборудованию	
Огнетушитель (изображать красным цветом)	
Пожарный пост, противопожарный щит (изображается у стен и перегородок красным цветом)	
Кран мостовой электрический	
Кран-балка с тельфером	
Кран консольный поворотный с электроталью в плане	

### 1.5 Проектирование строительной части

На рисунке 1.3 схематично представлен фрагмент пролета промышленного здания каркасного типа и его основные параметры.

Пролет здания – часть здания, ограниченная двумя рядами колонн и фермами перекрытия. Его характеристики:

– *ширина пролета*  $a_{пр}$  – расстояние между осями двух смежных рядов колонн, измеренное вдоль фанаря или стропильных ферм;

– *шаг колонн*  $t_k$  – расстояние между осями двух смежных рядов колонн, измеренное в направлении, перпендикулярном к ширине пролета; этот размер соответствует шагу ферм – расстоянию между двумя рядами поперечных ферм – или частоте повторения поперечных ферм;

– *высота пролета*  $H_{пр}$  – расстояние от уровня пола до низа несущих конструкций перекрытия.

Величины ширины пролета и шага колонн характеризуют размеры сетки колонн.

*Сетка колонн* – расположение разбивочных осей здания на чертеже плана здания, совпадающее с осями колонн. При пользовании чертежами планов здания необходимо учитывать, что оси колонн выносятся в общие ряды осей. Ряды осей колонн на чертеже маркируются: одни – буквами, другие – перпендикулярные им (на плане большее число), – цифрами.

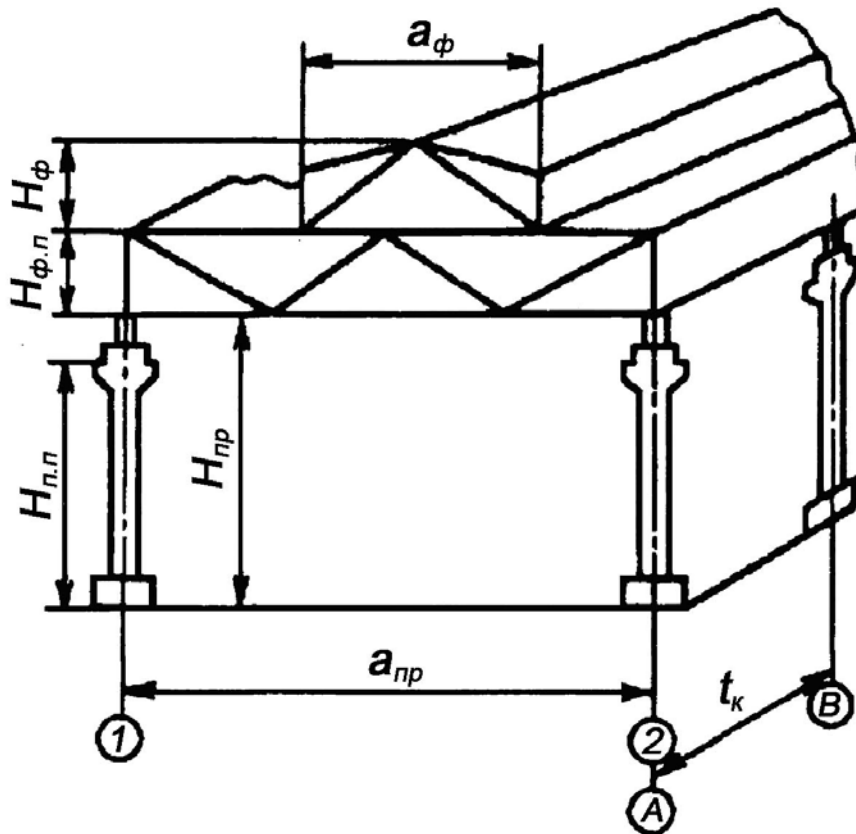


Рисунок 1.3 – Схема пролета промышленного здания



При разработке проектов технологических решений необходимы знания унифицированных размеров сетки колонн и высоты пролетов (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Основные унифицированные размеры одноэтажных промышленных зданий

$a_{np}$ , м	$t_k$ , м	$H_{np}$ , м	$H_{n.n}$ , м	Кран	
				Тип	Грузоподъемность, т
18	12,6	4,8	–	Подвесные	0,5...5
18; 24		6,0	–		
18; 24; 30		7,2	–		
		8,4	6,15	Опорные	10...20
		9,6	6,95		
18; 24; 30; 36		10,8	8,15		
		12,6	9,65		
24; 30; 36		14,4	11,45		
		16,2	12,65	30...50	
		18	14,45		

### ***1.6 Задания для проведения практических занятий***

Исходные данные для выполнения практической работы выдает преподаватель.

#### ***Порядок выполнения работы.***

1 Определить тип производства детали, для обработки которой будет вестись разработка планировки поточной линии.

2 Рассчитать по заданной программе выпуска и трудоемкости изготовления количество технологического оборудования и рабочих по операциям.

3 На планировку поточной линии нанести обозначение строительной подосновы: сетку колонн, проезды, проходы.

4 Привязав первый станок к колонне, произвести расстановку всего технологического оборудования на планировке.

5 На планировку нанести требуемые условные обозначения: рабочие места, коммуникации, транспортные средства для уборки стружки и перемещения деталей между операциями.

6 Если масса детали превышает 18 кг, то необходимо предусмотреть подъемные средства механизации на рабочих местах.

7 Нанести необходимые размеры.

8 Вычертить график загрузки оборудования.

9 Вычертить поперечный разрез пролета цеха, где установлена поточная линия.

10 Окончательно оформить планировку и сдать на проверку преподавателю.

Пример планировки поточной линии приведен в приложении А.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое поточная линия?
- 2 Какие отличительные особенности поточной линии?
- 3 Что понимается под поточным производством?
- 4 Какие типы производства бывают? Их отличительные черты.
- 5 На основании каких данных строится график загрузки оборудования?
- 6 В чем суть темплетного метода выполнения планировок?
- 7 Основные строительные параметры производственных зданий и факторы, влияющие на их выбор.
- 8 Как осуществляют выбор оптимального варианта расположения оборудования и рабочих мест на планировке поточной линии?

## **2 Практическое занятие № 2. Разработка исходных данных и планировка участка по изготовлению деталей**

**Цель работы:** приобретение практических навыков разработки планировки механического участка (цеха).

### ***2.1 Рекомендации по разработке планировки оборудования на участке механической обработки деталей***

Планировка участка (цеха) – это план расположения технологического, подъемно-транспортного и другого оборудования, проездов, проходов, площадок для складирования заготовок и деталей, для сбора стружки, элементов здания и т. д. Разработка планировки является итоговым этапом технологического проектирования производственного подразделения. При этом одновременно и наиболее оптимально должны быть решены вопросы реализации технологических процессов изготовления изделий, организации производства и техники безопасности, выбора и размещения транспортных и подъемно-транспортных средств, механизации и автоматизации производства, научной организации труда и т. д.

При разработке плана расположения оборудования на участке и в цеху следует учитывать такие факторы, как:

- эффективное использование производственной площади и объема здания;
- эффективное использование технологического и вспомогательного оборудования;
- создание оптимальных условий для работы;
- упрощение схемы управления производством;
- оптимальное использование рабочей силы.

При разработке технологического плана расположения оборудования на участке или в цеху необходимо обеспечить соблюдение следующих основных принципов:

- обеспечение прямоточности движения деталей и кратчайшего пути их перемещения в процессе обработки в соответствии с технологическим процессом;
- соблюдение нормативных расстояний между оборудованием и элементами здания.

Исходными данными для разработки планировки оборудования в цеху или на участке служат технологические процессы изготовления деталей, номенклатура обрабатываемых деталей, годовой объем их выпуска по каждому наименованию, типу и типоразмеру, режим работы цеха. На основании исходных данных определяют номенклатуру и количество применяемого металлообрабатывающего оборудования.

Можно выделить два основных способа расположения металлообрабатывающего оборудования:

1) по типу оборудования – в единичном и мелкосерийном производствах, при большой массе и габаритах обрабатываемых деталей, а также при обработке некоторых деталей в среднесерийном производстве. Производственные участки, организованные по такому принципу, должны располагаться в цехе друг относительно друга в соответствии со схемой обработки большинства типовых деталей;

2) по ходу выполнения операций технологического процесса – в средне-, крупносерийном и массовом производствах.

В переменнo-поточных и групповых линиях станки располагаются в соответствии с ходом выполнения технологического процесса, но отдельные детали могут обрабатываться не на всех станках, что приводит к зигзагообразному движению, допустимому в данном случае.

## ***2.2 Расстановка оборудования на участке***

Расстановка оборудования по типам применяется в цехах единичного и мелкосерийного производства, а также для отдельных деталей серийного производства. Наиболее современная планировка станков получается в порядке выполнения технологического процесса. Здесь станки расположены в порядке выполнения операций так, чтобы не было возвратных движений. Однако отдельные детали могут обрабатываться не на всех станках, и поэтому допустимо зигзагообразное движение деталей.

Наиболее ответственная часть работы по разработке планировки – расположение оборудования (темплетов станков). На рисунке 2.1 представлены типовые схемы расположения металлорежущих станков в пролете цеха.

Станки могут располагаться вдоль оси пролета в два ряда с одним продольным проходом (характерно для крупных станков) (см. рисунок 2.1, *а*); в три ряда с двумя продольными проходами (см. рисунок 2.1, *б*); в три ряда с одним продольным и несколькими поперечными проходами (см. рисунок 2.1, *в*); в четыре ряда с двумя продольными проходами (см. рисунок 2.1, *г*); поперек оси пролета с одним продольным проходом (см. рисунок 2.1, *д*); поперек и вдоль оси пролета с одним продольным проходом и несколькими поперечными (см. рисунок 2.1, *е*); вдоль оси и под углом к оси пролета с одним продольным проходом (см. рису-

нок 2.1, ж). Выбор конкретной схемы зависит от габаритов оборудования, ширины пролета, особенностей организации производства на участке и в цеху.

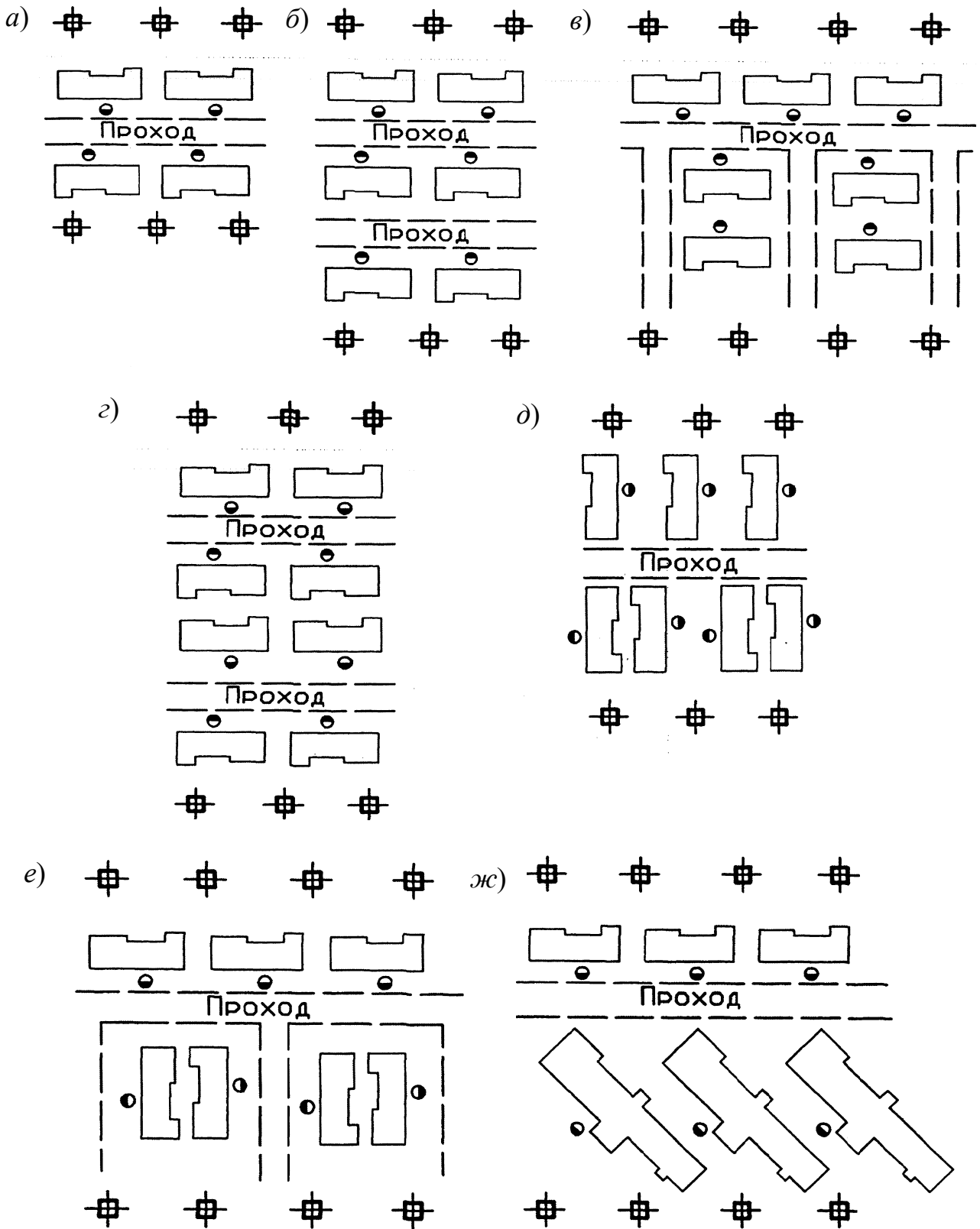


Рисунок 2.1 – Типовые схемы расположения металлорежущих станков в пролете цеха

Наиболее удобным для обслуживания является расположение оборудования фронтом к проезду (проходу). Поперечное расположение станков улучшает использование площади цеха, но затрудняет их обслуживание, т. к. затрудняется доставка заготовок к рабочим местам. Под углом к оси пролета чаще всего располагают средние токарные станки, токарные автоматы, револьверные и другие станки для обработки прутковых материалов, а также горизонтально-протяжные, горизонтально-расточные, продольно-строгальные, продольно-фрезерные и продольно-шлифовальные. Сторону станка, где располагается привод, обращают к стене или колонне.

При разработке планировки должны строго выдерживаться рекомендуемые расстояния между оборудованием, а также между станками и строительными элементами здания. Рекомендуемые расстояния указаны в таблице 1.4.

### 2.3 Определение количества производственного оборудования механического участка (цеха)

Потребное количество основного технологического оборудования определяется по формуле

$$C_{\text{тех}} = \frac{C_T \cdot Q \cdot B}{\Phi_D^O \cdot K_3}, \quad (2.1)$$

где  $C_T$  – станкоёмкость механообработки 1 т изделий, ч;

$B$  – годовой выпуск продукции, шт.;

$Q$  – масса изделия, т;

$K_3$  – средний коэффициент загрузки оборудования,  $K_3 = 0,8$ ;

$\Phi_D^O$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования,  $\Phi_D^O = 4015$  ч.

Количество станков ремонтного отделения  $C_{\text{рем}}$  составляет 2 %...5 % от количества основного технологического оборудования  $C_{\text{тех}}$ .

Количество станков ремонтно-инструментального отделения  $C_{\text{рем-инстр}}$  составляет 2 %...4 % от  $C_{\text{тех}}$ .

Количество станков заточного отделения  $C_{\text{зат}}$  составляет 4 %...6 % от  $C_{\text{тех}}$ .

Количество станков заготовительного отделения  $C_{\text{загот}}$  составляет 4 %...6 % от  $C_{\text{тех}}$ .

Общее количество производственного оборудования механического цеха определяется по формуле

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{тех}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{рем-инстр}} + C_{\text{зат}} + C_{\text{заг}}. \quad (2.2)$$

## 2.4 Определение численности работающих механического участка (цеха)

Численность многостаночников определяется по формуле

$$R_{\text{мн.ст}} = \frac{\Phi_{\text{Д}}^{\text{О}} \cdot C_{\text{авт}} \cdot K_3}{\Phi_{\text{Д}}^{\text{Р}} \cdot S_p}, \quad (2.3)$$

где  $C_{\text{авт}}$  – количество станков-автоматов в составе металлообрабатывающих станков, составляет 20 % от количества основного технологического оборудования;

$\Phi_{\text{Д}}^{\text{Р}}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего,  $\Phi_{\text{Д}}^{\text{Р}} = 1800$  ч;

$S_p$  – коэффициент многостаночного обслуживания,  $S_p = 2$ .

Численность станочников определяется по формуле

$$R_{\text{ст}} = \frac{\Phi_{\text{Д}}^{\text{О}} \cdot (C_{\text{мех}} - C_{\text{авт}}) \cdot K_3}{\Phi_{\text{Д}}^{\text{Р}}}. \quad (2.4)$$

Общая численность основных рабочих определяется по формуле

$$R_{\text{осн.мех}} = R_{\text{мн.ст}} + R_{\text{ст}}. \quad (2.5)$$

Численность вспомогательных рабочих  $R_{\text{всп.мех}}$  определяется в процентном отношении от общей численности основных рабочих. Для серийного производства она составляет 18 %...25 % от  $R_{\text{осн.мех}}$ , для массового – 35 %...50 % от  $R_{\text{осн.мех}}$ .

Численность служащих  $R_{\text{сл.мех}}$  составляет 15 %...18 % от суммы численностей основных и вспомогательных рабочих.

Общая численность работающих механического цеха определяется по формуле

$$R_{\text{мех}} = R_{\text{осн.мех}} + R_{\text{всп.мех}} + R_{\text{сл.мех}}. \quad (2.6)$$

## 2.5 Расчет площадей механического участка (цеха)

Площадь станочного отделения  $S_{\text{ст}}$  определяется в зависимости от значения удельной площади  $f_{\text{уд}}$ , приходящейся на один станок станочного отделения. Для станков малых размеров  $f_{\text{уд}} = 10...12$  м<sup>2</sup>, для станков средних размеров  $f_{\text{уд}} = 15...25$  м<sup>2</sup>, для станков крупных размеров  $f_{\text{уд}} = 30...45$  м<sup>2</sup>.

Заготовительное отделение может быть расположено совместно с цеховым складом материалов и заготовок в начале цеха. Общая площадь заготовительного отделения и цехового склада материалов определяется в процентном отношении от площади станочного отделения и составляет 15 %...20 % от  $S_{\text{ст}}$ . Площадь заготовительного отделения определяется в зависимости от значения

удельной площади  $f_{y\partial}$ , приходящейся на один станок заготовительного отделения, равной  $f_{y\partial} = 25 \dots 30 \text{ м}^2$ .

Площадь ремонтного отделения определяется в зависимости от значения удельной площади, приходящейся на один станок ремонтного отделения, равной  $f_{y\partial} = 25 \dots 30 \text{ м}^2$ . В состав этого отделения входит мастерская энергетика, площадь которой составляет 20 % от площади ремонтного отделения.

Площадь ремонтно-инструментального отделения определяется в зависимости от значения удельной площади, приходящейся на один станок ремонтно-инструментального отделения, равной  $f_{y\partial} = 17 \dots 22 \text{ м}^2$ .

Заточное отделение, предназначенное для заточки инструмента, следует располагать смежно с инструментальным складом в стороне от производственного потока. Площадь заточного отделения определяется в зависимости от значения удельной площади, приходящейся на один станок заточного отделения, равной  $f_{y\partial} = 10 \dots 12 \text{ м}^2$ .

В состав инструментально-раздаточного склада входят: склад инструмента, склад приспособлений, кладовая для абразивов. Площадь склада инструмента определяется в зависимости от удельной площади, приходящейся на один станок обслуживаемого цеха, которая для серийного производства составляет  $0,4 \text{ м}^2$ , для массового –  $0,25 \text{ м}^2$ . Площадь склада приспособлений определяется в зависимости от удельной площади, приходящейся на один станок обслуживаемого цеха, которая для серийного производства составляет  $0,3 \text{ м}^2$ , для массового –  $0,1 \text{ м}^2$ . Площадь кладовой для абразивов определяется в зависимости от удельной площади, приходящейся на один шлифовальный или полировальный станок обслуживаемого цеха, которая составляет  $0,4 \text{ м}^2$ . Количество шлифовальных или полировальных станков составляет 20 % от количества производственного оборудования.

Контрольное отделение располагается в конце механического цеха по пути движения деталей в сборочный цех. Площадь контрольного отделения определяется в процентном отношении от площади станочного отделения и составляет 3 %...5 % от  $S_{cm}$ .

Промежуточный склад служит для накопления и хранения окончательно обработанных деталей, ожидающих поступления на сборку. Располагается в конце пролетов механического цеха вслед за контрольным отделением. Площадь промежуточного склада определяется в процентном отношении от площади станочного отделения и составляет 10 % от  $S_{cm}$ .

Отделение для приготовления и складирования СОЖ и масел в целях пожарной безопасности располагается у наружной стены здания и имеет непосредственный выход наружу. Площадь этого отделения принимается конструктивно.

## 2.6 Определение количества производственного оборудования сборочного цеха (участка)

Количество станков для стационарной сборки определяется по формуле

$$C_{ст} = \frac{T_{сл-сб}}{\Phi_{Д}^{см}}, \quad (2.7)$$

где  $\Phi_{Д}^{см}$  – действительный годовой фонд времени работы станка в две смены,  $\Phi_{Д}^{см} = 4015$  ч;

$T_{сл-сб}$  – трудоемкость слесарно-сборочных работ, ч; определяется в процентном отношении  $a$  от трудоемкости механической обработки  $T_{мех}$ ;

$$T_{сл-сб} = a \cdot T_{мех} = a \cdot C_T \cdot Q \cdot B. \quad (2.8)$$

Количество станков для конвейерной сборки определяется по формуле

$$C_{конв} = \frac{T_{конв}}{\Phi_{Д}^{см} \cdot R_{сб}}, \quad (2.9)$$

где  $T_{конв}$  – трудоемкость конвейерной сборки, ч; определяется в процентном отношении  $b$  от трудоемкости слесарно-сборочных работ  $T_{сл-сб}$ ;

$R_{сб}$  – средняя плотность работы,  $R_{сб} = 1,5$ .

Общее количество производственного оборудования сборочного цеха определяется по формуле

$$C_{сб} = C_{ст} + C_{конв}. \quad (2.10)$$

## 2.7 Определение численности работающих сборочного участка (цеха)

Численность сборщиков на стационарной сборке определяется по формуле

$$R_{ст} = \frac{T_{сл-сб}}{\Phi_{Д}^p}. \quad (2.11)$$

Численность сборщиков на конвейерной сборке определяется по формуле

$$R_{конв} = \frac{T_{конв}}{\Phi_{Д}^p}. \quad (2.12)$$

Общая численность сборщиков сборочного цеха определяется по формуле

$$R_{осн.сб} = R_{ст} + R_{конв}. \quad (2.13)$$



Численность вспомогательных рабочих  $R_{всп.сб}$  определяется в процентном отношении от общей численности основных рабочих. Для серийного производства она составляет 20 %...25 % от  $R_{осн.сб}$ , для массового – 15 %...20 % от  $R_{осн.сб}$ .

Численность служащих  $R_{сл.сб}$  составляет 10 %...15 % от суммы численностей основных и вспомогательных рабочих.

Общая численность работающих сборочного цеха определяется по формуле

$$R_{сб} = R_{осн.сб} + R_{всп.сб} + R_{сл.сб}. \quad (2.14)$$

### **2.8 Расчет площадей сборочного участка (цеха)**

Площадь сборочного отделения  $S_{сб}$  определяется в процентном отношении от площади станочного отделения  $S_{ст}$ . Для серийного производства  $S_{сб}$  составляет 30 %...40 % от  $S_{ст}$ , для массового – 20 %...30 % от  $S_{ст}$ .

Площади участка испытаний изделий и склада готовой продукции определяем конструктивно.

### **2.9 Определение площади административно-конторских и бытовых помещений**

Площадь административно-конторских и бытовых помещений  $S_{быт}$  составляет 25 % от суммы площадей станочного и сборочного отделений.

### **2.10 Рекомендации по разработке компоновки механосборочного участка (цеха)**

Все отделения цеха (участка) располагаются по направлению общего производственного потока в следующем порядке:

а) цеховой склад материалов и заготовок вместе или смежно с заготовительным отделением размещаются в начале цеха (поперек пролетов цеха или в отдельном пролете, перпендикулярном к пролетам цеха);

б) вдоль склада поперек пролетов цеха устраивается проезд шириной не менее 4 м 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 поперек всех пролетов также устраивается поперечный проезд шириной не менее 4 м в зависимости от применяемых средств транспорта;

д) далее располагается контрольное отделение;

е) параллельно контрольному отделению, поперек пролетов, размещается промежуточный склад;

ж) заточное отделение и инструментально-раздаточный склад располагаются в стороне от потока, где размещаются и все остальные вспомогательные отделения цеха, чтобы не стеснять движение деталей;




з) сборочное отделение располагается после промежуточного склада в конце цеха (поперек пролетов цеха или в отдельном пролете, перпендикулярном к пролетам цеха);

и) административно-конторские и бытовые помещения желательно располагать в отдельной пристройке к цеху.

В соответствии с указанной последовательностью расположения отделений цеха устанавливается общая компоновка цеха, в результате чего определяются число пролетов, ширина цеха, его длина (в соответствии с принятым шагом колонн) и общая площадь цеха.

Компоновка выполняется в масштабе 1:100 или 1:200. На компоновке должны быть показаны грузоподъемные и транспортные устройства цеха, колонны с осями, наружные и внутренние стены; штриховыми линиями должны быть изображены все проезды и проходы. На компоновке должны быть даны и все необходимые размеры: ширина пролетов, шаг колонн, общая ширина цеха, общая длина пролетов и всего цеха, ширина продольных и поперечных проходов или проездов. Условные обозначения, принятые на компоновках, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Условные обозначения, принятые на компоновках

Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена	
Колонна здания	
Проемы для ворот и дверей	
Граница цеха, отделения, участка (не огороженная)	
Проезды, не огороженные перегородками	
Кран мостовой электрический ( $Q$ – грузоподъемность крана, т)	
Кран однобалочный опорный ( $Q$ – грузоподъемность крана, т)	

### 2.11 Пример разработки и оформления компоновки механосборочного цеха

*Исходные данные:*

- годовая программа выпуска: 5500 шт.;
- масса изделия (гидравлический пресс): 4500 кг;
- станкоёмкость механообработки 1т изделий:  $C_m = 155$  ст.-ч;

- трудоемкость слесарно-сборочных работ: 15 %;
- трудоемкость конвейерной сборки: 35 %.

Производство гидравлических прессов относится к 3-му классу (изделия тяжелого машиностроения) и 2-й группе (серийное производство) [1].

Потребное количество основного технологического оборудования

$$C_{тех} = \frac{155 \cdot 4,5 \cdot 5500}{4015 \cdot 0,8} = 1194 \text{ шт.}$$

Количество станков ремонтного отделения

$$C_{рем} = 0,035 \cdot 1194 = 42 \text{ шт.}$$

Количество станков ремонтно-инструментального отделения

$$C_{рем.-инстр} = 0,03 \cdot 1194 = 36 \text{ шт.}$$

Количество станков заточного отделения

$$C_{зат} = 0,05 \cdot 1194 = 60 \text{ шт.}$$

Количество станков заготовительного отделения

$$C_{загот} = 0,05 \cdot 1194 = 60 \text{ шт.}$$

Общее количество производственного оборудования механического цеха

$$C_{пр} = 1194 + 42 + 36 + 60 + 60 = 1392 \text{ шт.}$$

Численность многостаночников

$$R_{мн.ст} = \frac{4015 \cdot 0,2 \cdot 1194 \cdot 0,8}{1800 \cdot 2} = 213 \text{ чел.}$$

Численность станочников

$$R_{ст} = \frac{4015 \cdot (1194 - 1194 \cdot 0,2) \cdot 0,8}{1800} = 1705 \text{ чел.}$$

Общая численность основных рабочих

$$R_{осн.мех} = 213 + 1705 = 1918 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих

$$R_{всп.мех} = 0,2 \cdot 1918 = 384 \text{ чел.}$$

Численность служащих

$$R_{сл.мех} = 0,15 \cdot (1918 + 384) = 345 \text{ чел.}$$

Общая численность работающих механического участка

$$R_{мех} = 1918 + 384 + 345 = 2647 \text{ чел.}$$

Площадь станочного отделения

$$S_{ст} = 20 \cdot 1194 = 23880 \text{ м}^2.$$

Разместится эта площадь в шести пролетах шириной 24 м и длиной 166 м ( $6 \times 24 \times 166 = 23904 \text{ м}^2$ ).

Общая площадь заготовительного отделения и склада заготовок и материалов

$$S = 0,15 \cdot 23880 = 3582 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 150 = 3600 \text{ м}^2$ .

Площадь заготовительного отделения

$$S_{загот} = 25 \cdot 60 = 1500 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 62,5 = 1500 \text{ м}^2$ .

Площадь ремонтного отделения

$$S_{рем} = 30 \cdot 42 = 1260 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 52,5 = 1260 \text{ м}^2$ .

Площадь мастерской энергетика цеха в составе ремонтного отделения

$$S_{эн} = 0,2 \cdot 1260 = 252 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 10,5 = 252 \text{ м}^2$ .

Площадь ремонтно-инструментального отделения

$$S_{рем.инстр} = 20 \cdot 36 = 720 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 30 = 720 \text{ м}^2$ .

Площадь заточного отделения

$$S_{зат} = 10 \cdot 60 = 600 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 25 = 600 \text{ м}^2$ .

Площадь склада инструмента

$$S_{инстр} = 0,3 \cdot 1392 = 418 \text{ м}^2.$$

Площадь склада приспособлений

$$S_{присп} = 0,2 \cdot 1392 = 278 \text{ м}^2.$$

Площадь кладовой для абразивов

$$S_{абраз} = 0,4 \cdot 0,20 \cdot 1392 = 111 \text{ м}^2.$$

Общая площадь инструментально-раздаточного склада

$$S_{ИРС} = 418 + 278 + 111 = 807 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $24 \times 34 = 816 \text{ м}^2$ .

Площадь контрольного отделения

$$S_{контр} = 0,05 \cdot 23880 = 1194 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $9 \times 144 = 1296 \text{ м}^2$ .

Площадь промежуточного склада

$$S_{пр.скл} = 0,1 \cdot 23880 = 2388 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $17 \times 144 = 2448 \text{ м}^2$ .

Площадь отделения для приготовления и хранения СОЖ и масел выбираем конструктивно по компоновке:  $24 \times 18 = 432 \text{ м}^2$ .

Трудоемкость слесарно-сборочных работ

$$T_{сл-сб} = 0,15 \cdot 155 \cdot 4,5 \cdot 5500 = 575438 \text{ ч.}$$

Количество стендов для стационарной сборки

$$C_{ст} = \frac{575438}{4015} = 143 \text{ шт.}$$

Трудоемкость конвейерной сборки

$$T_{\text{конв}} = 0,35 \cdot 575438 = 201403 \text{ ч.}$$

Количество стендов для конвейерной сборки

$$C_{\text{конв}} = \frac{201403}{4015 \cdot 1,5} = 33 \text{ шт.}$$

Общее количество производственного оборудования сборочного цеха

$$C_{\text{сб}} = 143 + 33 = 176 \text{ шт.}$$

Численность сборщиков на стационарной сборке

$$R_{\text{ст}} = 575438 / 1800 = 320 \text{ чел.}$$

Численность сборщиков на конвейерной сборке

$$R_{\text{конв}} = 201403 / 1800 = 112 \text{ чел.}$$

Общая численность сборщиков сборочного участка

$$R_{\text{осн.сб}} = 320 + 112 = 432 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих

$$R_{\text{всп.сб}} = 0,2 \cdot 432 = 86 \text{ чел.}$$

Численность служащих

$$R_{\text{сл.сб}} = 0,1 \cdot (432 + 86) = 52 \text{ чел.}$$

Общая численность работающих сборочного цеха участка

$$R_{\text{сб}} = 432 + 86 + 52 = 570 \text{ чел.}$$

Площадь сборочного цеха

$$S_{\text{сб}} = 0,3 \cdot 23880 = 7164 \text{ м}^2.$$

Площадь по компоновке:  $2 \times 24 \times 168 = 8064 \text{ м}^2$ . Площадь участка испытательных изделий определим конструктивно по компоновке:  $24 \times 10,5 = 252 \text{ м}^2$ .

Площадь склада готовой продукции определим конструктивно по компоновке:  
 $24 \times 40 = 960 \text{ м}^2$ .

Площадь административно-конторских и бытовых помещений

$$S_{\text{быт}} = 0,25 \cdot (23880 + 7164) = 7761 \text{ м}^2.$$

По компоновке:  $12 \times 168 \times 4 = 8064 \text{ м}^2$ .

Бытовые помещения находятся в 4-этажной пристройке в торце здания с высотой помещения на каждом этаже 3,5 м.

Пример компоновки механосборочного цеха представлен в приложении Б.

### ***Индивидуальные задания для проведения практических занятий***

Задания для разработки компоновки механосборочного участка (цеха) представлены в таблице 2.2. Вариант задания назначает преподаватель.

Таблица 2.2 – Исходные данные для выполнения практической работы

Выпускаемое изделие	Годовая программа, шт.	Масса изделия, кг	Станкочемкость механо-обработки 1 т изделий $C_m$ , н-ч	Трудоёмкость слесарно-сборочных работ $T_{сл.-сб}$ , % от $C_m$	Трудоёмкость конвейерной сборки, % от $T_{сл.-сб}$
1	2	3	4	5	6
01 Агрегатные станки	1800	7500	275	20	35
02 Двигатели внутреннего сгорания	125000	200	70	15	65
03 Компрессоры	7500	450	155	20	55
04 Редукторы	95000	150	60	20	50
05 Прессы эксцентриковые	5000	4500	145	25	50
06 Вентиляторы центробежные	60000	600	105	15	45
07 Насосы шестерёнчатые	120000	80	125	15	35
08 Краны мостовые	4500	4000	65	35	45
09 Расточные станки	850	6000	300	25	30
10 Кузнечные молоты	4500	5000	150	20	45
11 Кузнечные прессы	5500	4500	155	15	35
12 Паровые турбины	9000	2000	120	15	65
13 Электродвигатели средней мощности	150000	120	30	30	55
14 Горизонтально-ковочные машины	6000	4000	175	35	50
15 Агрегатные станки	2000	7300	270	20	50
16 Двигатели внутреннего сгорания	130000	200	75	15	45

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
17 Компрессоры	8000	420	160	15	35
18 Редукторы	100000	120	65	20	45
19 Прессы эксцентриковые	5500	4000	150	15	30
20 Вентиляторы центробежные	65000	580	110	15	45
21 Насосы шестерёнчатые	125000	70	130	25	35
22 Краны мостовые	5000	3800	75	25	65
23 Расточные станки	900	6200	315	30	55
24 Электродвигатели средней мощности	165000	200	40	25	50
25 Кузнечные молоты	5000	4500	130	35	50
26 Кузнечные прессы	5000	4800	135	30	45
27 Паровые турбины	9100	1850	125	20	35
28 Горизонтально-ковочные машины	5000	4500	170	25	45
29 Агрегатные станки	2200	7000	260	20	30
30 Компрессоры	8500	350	145	15	45

### ***Порядок выполнения работы.***

1 Определить тип производства детали, для обработки которой будет вестись разработка механосборочного участка (цеха).

2 Рассчитать по заданной программе выпуска и трудоемкости изготовления количество оборудования и рабочих по операциям, площади отделений участка (цеха).

3 На компоновку участка (цеха) нанести обозначения строительной подосновы: сетку колонн, проезды, проходы.

4 На компоновку нанести требуемые условные обозначения: площади расположения оборудования, рабочие места, коммуникации, транспортные средства.

5 Нанести необходимые размеры.

6 Вычертить поперечный разрез пролета цеха.

7 Окончательно оформить компоновку механосборочного участка (цеха).

### ***Контрольные вопросы***

1 Как определяют число производственных рабочих при укрупненном и детальном проектировании?

2 Когда возможно многостаночное обслуживание?

3 Как определить число станков, обслуживаемых одним рабочим?

4 Как определить численность вспомогательных рабочих, инженерно-технических и служащих цеха? Каковы их функции?



5 Назовите пути уменьшения численности работающих в механосборочном производстве.

6 Какие факторы влияют на выбор компоновочной схемы производственного здания? Назовите его основные строительные параметры.

7 Какие вопросы решаются при разработке компоновочного плана?

8 Назовите основные принципы, определяющие выбор компоновочных решений цеха.

## Список литературы

1 Проектирование машиностроительных цехов и участков: учебное пособие / А. Ф. Бойко [и др.]. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 264 с.

2 **Киселёв, Е. С.** Методики расчета механосборочных и вспомогательных цехов, участков и малых предприятий машиностроительного производства : учебное пособие / Е. С. Киселёв; под общ. ред. Л. В. Худобина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 143 с.

3 Проектирование механосборочных участков и цехов: учебник / В. А. Горюхов [и др.]. – Москва: ИНФРА-М; Новое знание, 2016. – 540 с.

4 **Егоров, М. Е.** Основы проектирования машиностроительных заводов / М. Е. Егоров. – Москва: Высшая школа, 1969. – 479 с.

5 **Мельников, Г. Н.** Проектирование механосборочных цехов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко. – Москва: Машиностроение, 1990. – 352 с.



# Приложение Б (справочное)

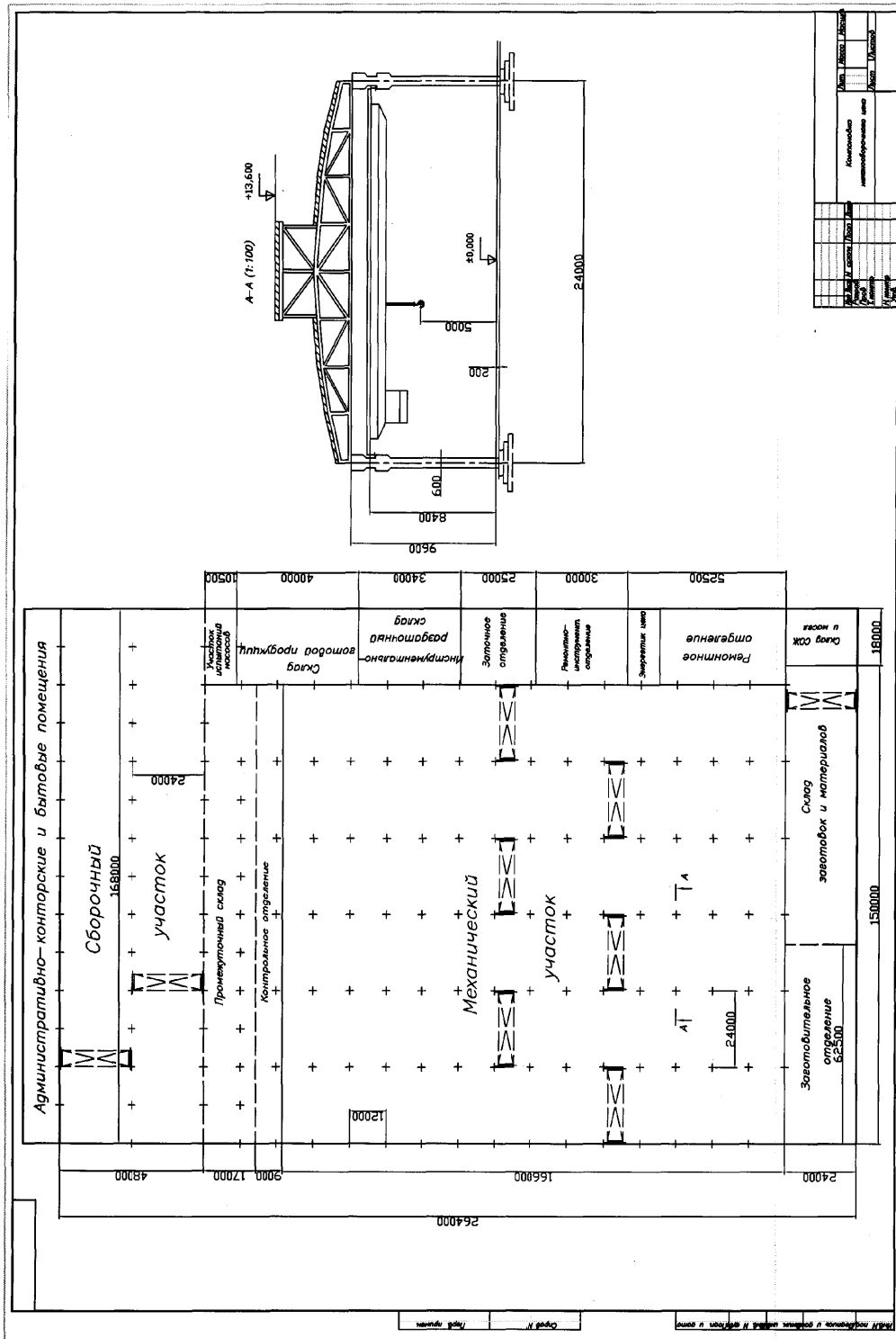


Рисунок Б.1 – Компоновка механосборочного цеха