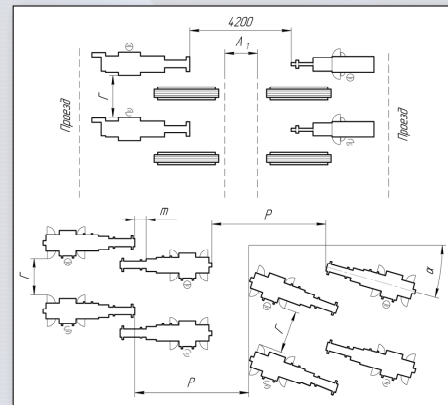
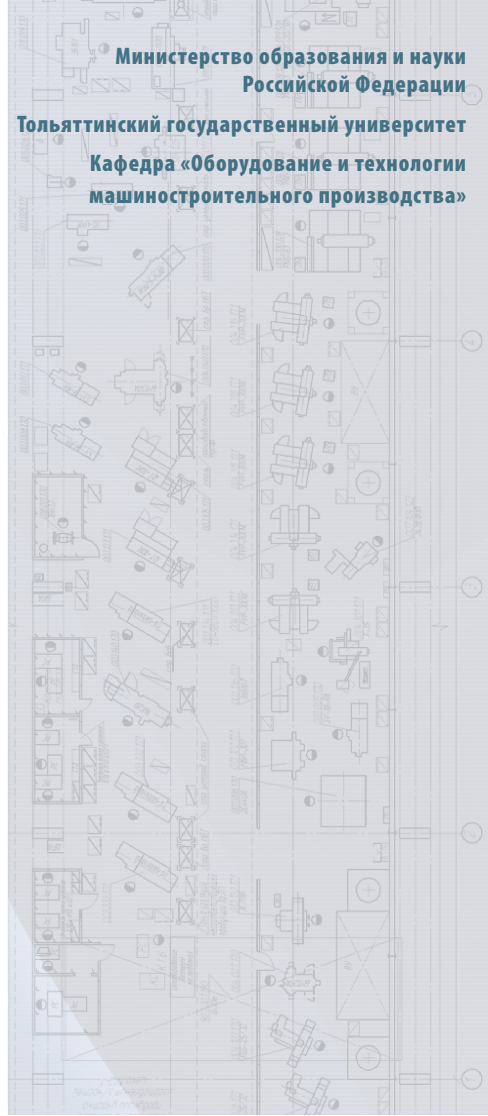


Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Кафедра «Оборудование и технологии  
машиностроительного производства»

А.А. Козлов

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Электронное  
учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский  
государственный университет», 2015

ISBN 978-5-8259-0912-7

УДК (621:658.512) (075.8)

ББК (30.2:30.604)я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, первый проректор Российского государственного  
социального университета, доцент *А.А. Солдатов*;

канд. техн. наук, доцент кафедры ОиТМП Тольяттинского государ-  
ственного университета, доцент *Д.А. Расторгуев*.

Козлов, А.А. Проектирование механических цехов : электронное  
учеб.-метод. пособие / А.А. Козлов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. –  
1 оптический диск.

Учебно-методическое пособие разработано для помощи в выпол-  
нении практических работ по дисциплине «Проектирование машино-  
строительного производства». В нём рассмотрены вопросы определе-  
ния типа и формы организации производства, приведены методики  
расчета количества технологического оборудования и численности  
работающих в механических цехах для различных типов производств,  
даны примеры выполнения компоновок и планировок механических  
цехов, представлены необходимые справочные материалы.

Предназначено для студентов очной формы обучения по направ-  
лению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспе-  
чение машиностроительных производств.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольят-  
тинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый  
компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент;  
128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Reader.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский  
государственный университет», 2015

Редактор *О.И. Елисева*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 29.10.2015.  
Объем издания 7,2 Мб.  
Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.  
Заказ № 1-04-15.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14  
тел. 8(8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. СБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	6
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА .....	9
3. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТАЮЩИХ В ЦЕХЕ .....	11
3.1. Расчет количества основного оборудования .....	11
3.2. Расчет количества вспомогательного оборудования .....	13
3.3. Расчет численности работающих в цехе .....	16
4. РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ, КОМПОНОВКА И ПЛАНИРОВКА МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ .....	21
4.1. Состав и методика расчета площадей цеха .....	21
4.2. Выбор типа зданий для размещения производственных, вспомогательных, санитарно- бытовых и административно-конторских площадей цеха .....	26
4.3. Компоновка цехов .....	30
4.4. Планировка цехов .....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы рационального использования производственных площадей, энергетических ресурсов и технологического оборудования возникают на любом машиностроительном предприятии. Их грамотное решение позволяет снижать затраты на производство, что в свою очередь снижает себестоимость выпускаемой продукции.

Цель данной работы – дать студентам комплекс знаний, умений и навыков, которые позволят им в производственных условиях проектировать участки механических цехов.

В результате выполнения работы студент должен:

- знать структуру машиностроительного производства, производственный процесс и принципы его организации, типы машиностроительного производства, их характеристики, производственную структуру машиностроительного предприятия, назначение и организацию подразделений и служб машиностроительного предприятия;
- уметь производить расчет участков механических и сборочных цехов;
- владеть навыками выполнения планировок участков механических цехов.

Профессиональные компетенции, формируемые в результате выполнения работы:

- способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимального варианта на основе анализа, прогнозировании последствий принимаемых решений;
- способность участвовать в разработке проектов модернизации действующих машиностроительных производств, создании новых;
- способность участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний.

## 1. СБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Исходными данными при проектировании механических цехов 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.

Таблица 1

Технологический маршрут изготовления детали с нормами времени

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции	$T_o$ , мин	$T_{шт-к}$ , мин
Итого				

Для определения основного технологического времени  $T_o$  можно воспользоваться приближенными формулами табл. 2 [2].

Таблица 2

Приближенные формулы для определения основного технологического времени  $T_o$  по обрабатываемой поверхности

Наименование технологического перехода	Основное технологическое время $T_o \cdot 10^{-3}$ , мин
Черновая обточка за один проход	$0,17dl$
Чистовая обточка по 11-му качеству	$0,1dl$
Чистовая обточка по 9-му качеству	$0,17dl$
Черновая подрезка торца $Ra\ 6,3$	$0,037(D^2 - d^2)$
Чистовая подрезка торца $Ra\ 1,6$	$0,052(D^2 - d^2)$
Отрезание	$0,19D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,063(D^2 - d^2)$
Шлифование по 11-му качеству	$0,07dl$
Шлифование по 9-му качеству	$0,1dl$
Шлифование по 6-му качеству	$0,15dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,18dl$
Сверление отверстий	$0,52dl$

Наименование технологического перехода	Основное технологическое время $T_0 \cdot 10^{-3}$ , мин
Рассверливание $d = 20...60$	$0,31dl$
Зенкерование	$0,21dl$
Развертывание черновое	$0,43dl$
Развертывание чистовое	$0,86dl$
Внутреннее шлифование отверстий 9-го качества	$1,5dl$
Внутреннее шлифование отверстий 7-го качества	$1,8dl$
Черновое растачивание отверстий за один проход $Ra 12,5$	$0,2dl$
Черновое растачивание под развертку	$0,3dl$
Развертывание плавающей разверткой по 9-му качеству	$0,27dl$
Развертывание плавающей разверткой по 7-му качеству	$0,52dl$
Здесь $d$ – диаметр, мм; $l$ – длина обрабатываемой поверхности, мм; $D$ – диаметр обрабатываемого торца, мм; $(D - d)$ – разность наибольшего и наименьшего диаметра обрабатываемого торца, мм	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок ( $l$ – длина протяжки, мм)	$0,4l$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$0,65Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$0,34Bl$
Фрезерование черновое торцевой фрезой	$6l$
Фрезерование чистовое торцевой фрезой	$4l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$7l$
Шлифование плоскостей торцом круга	$2,5l$
Здесь $B$ – ширина обрабатываемой поверхности, мм; $l$ – длина обрабатываемой поверхности, мм	
Фрезерование зубьев червячной фрезой $D = 80...300$	$2,2Db$
Обработка зубьев червячных колес $D = 100...400$	$60,3Db$
Здесь $D$ – диаметр зубчатого колеса, мм; $b$ – длина зуба, мм	
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$9lz$
Шлицешлифование	$4,6lz$
Здесь $l$ – длина шлицевого валика, мм; $z$ – число шлицев	
Нарезание резьбы на валу $d = 32...120$	$19dl$
Нарезание метчиком резьбы в отверстиях $d = 10...24$	$0,4dl$
Здесь $d$ – диаметр резьбы, мм; $l$ – длина резьбы, мм	

Штучно-калькуляционное время  $T_{шт-к}$  определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = \varphi_k \cdot T_0, \quad (1)$$

где  $\varphi_k$  – коэффициент, определяемый согласно данным табл. 3 [2].

Таблица 3

Значения коэффициента  $\varphi_k$

Виды станков	Тип производства	
	единичное, мелкосерийное, среднесерийное	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	2,1	1,55
Строгальные	1,73	–
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27



## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Согласно ГОСТ 3.1121-84 количественной характеристикой типа производства является коэффициент закрепления операций:

$$K_{3,0} = \frac{O}{C_{\Pi}}, \quad (2)$$

где  $O$  – число технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца цехом или участком;  $C_{\Pi}$  – число рабочих мест.

Коэффициент  $K_{3,0} = 1$  соответствует массовому типу производства;  $1 < K_{3,0} < 10$  – крупносерийному типу производства;  $10 < K_{3,0} < 20$  – среднесерийному типу производства;  $20 < K_{3,0} < 40$  – мелкосерийному типу производства; для единичного производства величина  $K_{3,0}$  не регламентируется.

На начальной стадии проектирования для определения типа производства можно воспользоваться табл. 4 [4] с обязательной проверкой принятых решений после расчета числа технологических операций и определения количества единиц технологического оборудования.

После выявления типа производства определяют форму его организации и метод расстановки оборудования:

- для единичного производства характерна предметная непоточная форма организации техпроцесса и расстановка оборудования по типам станков;
- мелкосерийного производства – групповая непоточная форма организации техпроцесса и расстановка оборудования по типам станков;
- среднесерийного производства – групповая переменнo-поточная форма организации техпроцесса и расстановка оборудования по группам станков;
- крупносерийного и массового – поточная непрерывная форма организации техпроцесса и расстановка оборудования по ходу технологического процесса.

Таблица 4

Ориентировочная годовая программа выпуска деталей, шт.,  
по типам производства в механических цехах

Масса детали, кг	Тип производства				
	единич- ное	мелко- серийное	средне- серийное	крупно- серийное	массовое
< 1,0	≤ 10	10–1500	1500–100 000	75 000–200 000	> 200 000
1,0–2,5	≤ 10	10–1000	1000–50 000	50 000–100 000	> 100 000
2,5–5,0	≤ 10	10–500	500–35 000	35 000–75 000	> 75 000
5,0–10	≤ 10	10–300	300–25 000	25 000–50 000	> 50 000
10–20	≤ 10	10–200	200–10 000	10 000–25 000	> 25 000
20–300	≤ 10	10–150	150–1000	1000–5000	> 5000
> 300	≤ 5	5–100	100–300	300–1000	> 1000

### 3. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТАЮЩИХ В ЦЕХЕ

#### 3.1. Расчет количества основного оборудования

При проектировании механических цехов и участков с поточной формой организации производства количество основного оборудования  $C_p$  для конкретной операции определяют по формуле

$$C_p = \frac{T_{шт}}{T_\tau}, \quad (3)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;  $T_\tau$  – такт выпуска, мин.

Для однопредметной поточной линии:

$$T_\tau = \frac{60 \cdot F_{до}}{N_\Gamma}, \quad (4)$$

где  $F_{до}$  – действительный годовой фонд работы оборудования, ч;  $N_\Gamma$  – годовая программа выпуска деталей.

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производится по формуле

$$F_{до} = [D_k - (D_v + D_n)] \cdot T_{см} \cdot n \cdot K_{и.о}, \quad (5)$$

где  $D_k$  – количество календарных дней в году;  $D_v$  – количество выходных дней в году;  $D_n$  – количество праздничных дней в году;  $T_{см}$  – продолжительность смены;  $n$  – количество смен;  $K_{и.о} = 0,95 \dots 0,97$  – коэффициент использования оборудования.

Общее количество станков в поточной линии  $C_{общ}$  определяют как сумму принятых для отдельных операций станков  $C_{pi}$ :

$$C_{общ} = \sum_{i=1}^n C_{pi}. \quad (6)$$

При проектировании механических цехов и участков единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства, а также при укрупненном проектировании цехов крупносерийного и массового производства количество основного технологического оборудования определяют по формуле

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N_\Gamma}{F_{до} \cdot K_{вн}}, \quad (7)$$

где  $T_{\text{шт}}$  – норма времени на единицу продукции;  $N_{\Gamma}$  – годовой объем выпуска продукции;  $K_{\text{вн}} = 1,2$  – коэффициент выполнения нормы.

Затем определяем принятое количество оборудования методом округления до целого числа в большую сторону.

Полученное по вышеприведенным формулам дробное (расчетное) число округляют до целого и находят принятое число рабочих мест. При этом если дробная часть числа составляет менее 10 % от расчетной величины, то ее отбрасывают; если больше, то число увеличивают до ближайшего большего целого числа.

Далее рассчитываем нормы догрузки оборудования:

$$N_{\text{д}} = \frac{(C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{и.о}} - C_{\text{р}}) \cdot F_{\text{д.о}}}{T_{\text{шт}} \cdot K_{\text{у}}}, \quad (8)$$

где  $K_{\text{у}} = 1,05$  – коэффициент ужесточения норм.

После этого необходимо произвести пересчет количества оборудования по догруженным операциям:

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт}} \cdot (N_{\Gamma} + N_{\text{д}})}{F_{\text{д.о}} \cdot K_{\text{вн}}}. \quad (9)$$

Далее устанавливается принятое количество оборудования  $C_{\text{пр}}$  пересчитанное по догруженным операциям (методом округления до целого числа в большую сторону).

Затем рассчитывается коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{\text{з}} = \frac{C_{\text{р}}}{C_{\text{пр}}}. \quad (10)$$

Определение среднего коэффициента загрузки оборудования:

$$K_{\text{з.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{\text{з},i}}{m}, \quad (11)$$

где  $m$  – общее число оборудования;  $K_{\text{з},i}$  – коэффициент загрузки  $i$ -го оборудования.

Полученные данные заносим в табл. 5 и строим график загрузки оборудования (пример представлен на рис. 1).

Сводная таблица по оборудованию

Номер операции	Наименование операции	Норма догрузки $N_0$ , шт	Количество оборудования		$K_3, \%$
			$C_p$ ед.	$C_{пп}$ ед.	

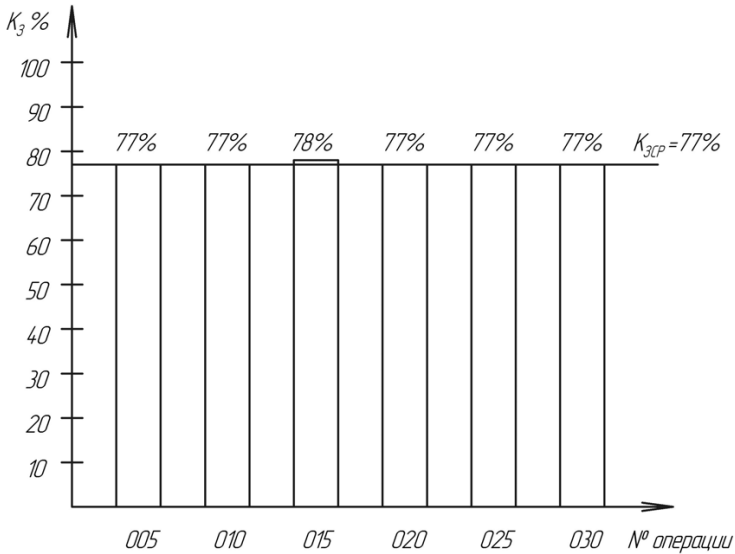


Рис. 1. График загрузки оборудования

### 3.2. Расчет количества вспомогательного оборудования

Расчет количества станков, устанавливаемых в цеховой ремонтной базе, заточном отделении и мастерской по ремонту технологической оснастки и инструмента, осуществляют разными методами в зависимости от типа производства и степени детализации проектных решений.

При укрупненных расчетах количество станков, устанавливаемых в *цеховой ремонтной базе*, определяют по нормам технологического проектирования в зависимости от общего количества ос-

нового технологического оборудования, установленного в цехе, по табл. 6 [1].

**Заточное отделение** рекомендуется создавать с расчетом обслуживания, как правило, всех цехов производственного корпуса. Количество станков общего назначения в заточном отделении определяют по процентному отношению к числу обслуживаемых: для цехов массового и крупносерийного производств с числом обслуживаемых станков до 200 – 4 %, свыше 200 – 3 %; для цехов средне-серийного, мелкосерийного и единичного производств и всех вспомогательных цехов соответственно 3 и 2 %.

Таблица 6

Нормы количества станков в цеховой ремонтной базе

Количество основного технологического оборудования в цехе, шт.	100	180	200	250	300	400	500	1000
Количество станков в цеховой ремонтной базе, шт.	2	3	4	5	6	7	9	10

Количество специальных заточных станков определяют по нормам технологического проектирования (табл. 7) [9].

Таблица 7

Нормы для расчета количества специальных заточных станков

Затачиваемый инструмент	Нормы обслуживания зубообрабатывающего оборудования одним специальным заточным станком	
	Наименование	Количество
Червячные фрезы	Зубофрезерные одношпиндельные	10
	Зубофрезерные двухшпиндельные	6
Резцовые головки	Зубострогальные	4
Шеверы	Шевинговальные	10
Протяжки	Одноплунжерные протяжные	15
	Двухплунжерные протяжные	8
Долбяки	Зубодолбежные	20

Кроме того, в состав вспомогательного оборудования заточного отделения входят обдирочно-шлифовальный станок, заточные станки дисковых пил и центровочных свёрл, ручной пресс.

Количество станков *мастерской (отделения) по ремонту технологической оснастки и инструмента* определяют по нормам технологического проектирования (табл. 8) [9].

Таблица 8

Количество станков мастерской ремонта технологической оснастки и инструмента

Число обслуживаемых станков механического цеха, шт.	Число основных станков в отделении, шт.		
	Производство		
	массовое и крупносерийное	среднесерийное	мелкосерийное
100	3	3	2
160	4	4	3
250	6	5	4
400	8	7	6
630	11	10	8
1000	14	12	10
1300	16	14	11
1600	18	15	12
2000	20	17	14
2500	22	19	16

В состав отделений по ремонту технологической оснастки кроме основных станков входит вспомогательное оборудование в количестве примерно 40 % от числа основных станков этих отделений, но не менее 3 и не более 11 единиц [9]. В число вспомогательного оборудования входят обдирочно-шлифовальные станки, настольное точило, настольно-сверлильные станки, прессы (ручной и гидравлический), электроэрозионный станок для извлечения сломанного инструмента из отверстий и др.

### 3.3. Расчет численности работающих в цехе

#### 3.3.1. Расчет численности основных производственных рабочих

При расчете цехов по точной программе численность рабочих-станочников определяют для каждой операции в отдельности по количеству станков и коэффициенту многостаночного обслуживания  $K_{MO}$ :

$$R_{CT} = \frac{C_{П}}{K_{MO}} m_C (1 + K_S), \quad (12)$$

где  $m_C$  – число смен;  $K_S$  – коэффициент, учитывающий среднее число рабочих-станочников, находящихся в отпусках, не работающих вследствие временной нетрудоспособности и др.;  $K_S = (0,12-0,20)$ .

Величину коэффициента многостаночного обслуживания можно определить по табл. 11 [9].

Общую численность основных рабочих цеха рассчитывают путем суммирования расчетного числа станочников и слесарей для каждой операции в отдельности.

При небольшом объеме слесарной механической обработки в цехе число рабочих-слесарей определяют по годовой трудоемкости слесарных работ  $T_r^{сл}$ :

$$R_{СЛ} = \frac{T_r^{СЛ}}{F_{ДР}}, \quad (13)$$

где  $F_{ДР}$  – действительный годовой фонд работы рабочих, ч., принимается по нормативам.

Если данных о годовой трудоемкости слесарных работ механического цеха нет, то число разметчиков и слесарей межоперационной сборки принимают в процентах от количества рабочих-станочников основного производства. Для массового и крупносерийного производства это 1–3 %, для среднесерийного – 5 %, для мелкосерийного и единичного – до 10 %.

В условиях крупносерийного и массового производства для обслуживания механизированных и автоматических поточных линий в составе основных рабочих предусматривают наладчиков, число которых определяют по нормам обслуживания, установленным для каждого типа оборудования. В зависимости от точности и слож-



ности обработки один наладчик может обслужить: токарных – до 11–18; агрегатно-сверлильных – до 5–12; универсально-шлифовальных – до 8–16; токарных с ЧПУ – до 4–10; сверлильных и фрезерных с ЧПУ – до 8–16; многоцелевых станков и роботизированных технологических комплексов – до 3–6. При определении числа наладчиков специальных автоматических и механизированных поточных линий можно использовать данные табл. 9 [9].

Таблица 9

Нормы численности наладчиков специальных автоматических и механизированных поточных линий в расчете на 1 смену

Категория сложности наладки	Количество рабочих позиций (станков), обслуживаемых одним наладчиком
Особо сложная – многошпиндельные токарные полуавтоматы; двухсторонние торцешлифовальные, бесцентровошлифовальные автоматы, осуществляющие обработку заготовок до 5–6 качества	2
Сложная – обработка заготовок до 5–6 качества в совокупности с обработкой заготовок до 7–9 качествен	4
Средней сложности – обработка заготовок до 7–9 качествен	6
Простая – обработка заготовок грубее 7–9 качествен	8

Число операторов автоматической линии определяют по данным табл. 10 [9].

При расчете цеха по приведенной программе (в основном цеха среднесерийного и мелкосерийного производства, а также укрупненные расчеты цехов крупносерийного производства) число рабочих-станочников определяют по годовой станкоемкости:

$$R_{СТ} = \frac{T_{\Gamma}}{F_{ДР} \cdot K_{МО}} \quad \text{или} \quad R_{СТ} = \frac{\sum_{i=1}^p T_{Ш.К.i} \cdot N_{ПРi}}{F_{ДР} \cdot K_{МО}}. \quad (14)$$

Величину среднего значения  $K_{МО}$  определяют статистическим путем по табл. 11 [9].

Таблица 10

Нормы численности операторов автоматических линий  
при работе в одну смену

Тип автоматической линии	Число операторов
Линии с автоматической передачей заготовок с линии на последующую операцию	1
Линии без автоматической передачи заготовок с линии на последующую операцию	2

Таблица 11

Средние значения коэффициента многостаночного  
обслуживания для отдельных групп станков в цехах  
механосборочного производства

Группа станков	$K_{MO}$
Универсальные токарные, фрезерные, шлифовальные, сверлильные, долбежные, строгальные, протяжные	1
Токарные одно- и многошпиндельные многорезцовые полуавтоматы, гидрокопировальные полуавтоматы	1
Многошпиндельные автоматы	2–3
Специальные шлифовальные и доводочные полуавтоматы	2–4
Одношпиндельные зубострогальные полуавтоматы	3–4
Зубодолбежные и зубофрезерные станки	4–5
Крупные и уникальные токарные, карусельные, расточные, продольно-фрезерные, продольно-строгальные и т. п. станки	0,5

При расчете механизированных и комплексно-механизированных цехов единичного, мелко- и среднесерийного производства учитывают, что рабочие-станочники имеют высокую квалификацию и сами выполняют наладку. Поэтому дополнительного штата наладчиков в этом случае не предусматривают.

В автоматизированном производстве к числу производственных рабочих относят наладчиков-операторов гибких производственных систем (ГПС). Их численность определяют в зависимости от числа гибких производственных модулей (ГПМ) в их составе. Один опера-

тор-наладчик обслуживает следующее число ГПМ [5, 7]: токарных – 3–4; карусельных – 2; сверлильно-фрезерно-расточных – 2–3; шлифовальных – 2–3; зубообрабатывающих – 3–4; ГПМ для электрофизической и электрохимической обработки – 3–4. Меньшие значения принимают при включении в ГПС до пяти ГПМ.

Количество наладчиков-операторов  $R_{НО}$ , входящих в штат гибкого автоматизированного участка, определяется по формуле

$$R_{НО} = \frac{C_{ГПМ} \cdot F_{ДО} \cdot K_3}{F_{ДР} \cdot K_{МО} \cdot K_{НЗ}}, \quad (15)$$

где  $C_{ГПМ}$  – количество ГПМ на участке;  $K_{НЗ}$  – допустимый коэффициент нормативной занятости, устанавливаемый в пределах 0,75–0,95 [7, 8].

При расчете цеха по условной программе (цеха единичного и мелкосерийного производства, а также при укрупненном проектировании) количество рабочих-станочников  $R_{ст}$  можно определить по числу станков или по годовой станкоемкости:

$$R_{СТ} = \frac{C_{П} \cdot F_{ДО} \cdot K_3}{F_{ДР} \cdot K_{МО}} \quad \text{или} \quad R_{СТ} = \frac{T_{Г}}{F_{ДР} \cdot K_{МО}}. \quad (16)$$

### **3.3.2. Расчет численности вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала**

При укрупненных расчетах численность вспомогательных рабочих определяют в процентном соотношении от численности производственных рабочих (табл. 12) [6]. При детальном проектировании вспомогательных служб число вспомогательных рабочих определяют либо по нормам обслуживания, либо в зависимости от трудоемкости выполняемого объема работ.

Из общего числа работающих в цехе для дальнейших расчетов санитарно-бытовых помещений ориентировочно принимают 10–15 % женщин среди станочников, 2–3 % среди слесарей и 35–40 % среди вспомогательных рабочих.

При двухсменной работе цеха численность работающих в первой смене среди основных производственных рабочих составляет 60 %, среди вспомогательных рабочих – 60–65 %.

При укрупненном проектировании численность ИТР механических цехов определяют по нормам [5] в зависимости от числа основных станков цеха. В табл. 12 приведены нормы для определения численности ИТР механических и сборочных цехов с учетом разработки технологических процессов и управляющих программ для оборудования с ЧПУ на ПЭВМ, а также проектирования специальных приспособлений и инструментов. Большие значения норм соответствуют числу основных станков цеха до 50, меньшие значения – числу станков более 400 [5].

При детальном расчете численность ИТР уточняют в соответствии с разработанной структурой цеха и схемой его управления. Предполагается, что 70 % ИТР работают в первую смену, а в конторских помещениях – 65 %.

Таблица 12

Нормативы численности вспомогательных рабочих, ИТР и служащих

Тип производства	Вспомогательные рабочие (процент от числа производственных рабочих)	Число ИТР (процент от числа основных станков механического цеха)	Служащие (процент от числа производственных рабочих)
Массовое	20–25	20–15	0,1–1,6
Крупносерийное	20–25	15–21	0,6–1,6
Среднесерийное	20–25	16–22	0,9–1,9
Мелкосерийное и единичное	20–25	18–24	1,2–2,2

Число служащих механических и сборочных цехов определяют по нормам в зависимости от числа производственных рабочих (табл. 12). Меньшие значения соответствуют численности производственных рабочих цеха более 700 человек, большие – численности производственных рабочих менее 75 [5].

Численность младшего обслуживающего персонала (МОП) определяют по нормам технологического проектирования [6]: один человек на 500–600 м<sup>2</sup> площади обслуживаемых помещений.

## 4. РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ, КОМПОНОВКА И ПЛАНИРОВКА МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

### 4.1. Состав и методика расчета площадей цеха

Площадь цеха по своему назначению подразделяется на производственную, вспомогательную, санитарно-бытовую и административно-контторскую.

Производственная площадь цеха определяется следующим образом. Сначала площадь определяют расчетом по величине удельной площади, приходящейся на единицу производственного оборудования. Затем площадь цеха уточняется путем разработки технологической планировки.

Площадь механических участков изготовления деталей определяется по формуле

$$F_{\text{СТ}} = C_1 \cdot q_1 + C_2 \cdot q_2 + C_3 \cdot q_3, \quad (17)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  – количество соответственно мелкого, среднего и крупного оборудования, шт.;  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  – удельная производственная площадь, приходящаяся на единицу оборудования, м<sup>2</sup>.

Удельная производственная площадь, приходящаяся на единицу оборудования, для мелких станков (до 1800 × 800 мм)  $q_1 = 10–12$  м<sup>2</sup>, для средних (до 4000 × 2000 мм)  $q_2 = 15–25$  м<sup>2</sup>, для крупных  $q_3 = 30–90$  м<sup>2</sup> [5].

**К вспомогательным площадям** механических цехов относятся площади ремонтной базы, мастерской энергетика, кладовой запасных частей, инструментально-раздаточных кладовых, отделения приготовления и раздачи смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), складов материалов и заготовок, межоперационных складов, промежуточных складов готовых деталей, узлов, покупных изделий, контрольных отделений, отделений сбора и переработки стружки и др.

Нормы проектирования вспомогательных площадей цехов приведены в табл. 13–16 [6, 9].

Таблица 13

Удельная площадь на единицу основного оборудования  
инструментального участка

Отделение (участок, мастерская)	Площадь, м <sup>2</sup>		
	Изделия		
	крупные	средние	мелкие
Отделения, участки			
Режущего инструмента	21	18	16
Измерительного инструмента	24	20	18
Вспомогательного инструмента	25	21	19
Приспособлений	30	26	24
Заготовительное (отрезное) со сварочным участком	40	38	36
Мастерские, отделения, участки в производственных цехах			
По ремонту технологической оснастки и инструмента	24	22	20
Заточные отделения	12	10	8

Таблица 14

Нормы расчета площадей ремонтной базы цеха

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

Таблица 15

Укрупненные нормы расчета площадей складского хозяйства цеха

Наименование склада	Измеритель для расчета площадей	Норма площади
Склады материалов заготовок	В процентах от станочной площади	10–15
Межоперационные склады (площадки)	То же	7–10
Промежуточные склады готовых деталей и узлов, покупных изделий (приборов, нормалей и пр.)	То же	10
Склад вспомогательных материалов	На 1 станок цеха, м <sup>2</sup> (меньшие значения для массового производства, большие – для единичного)	0,2–0,1

Таблица 16

Нормы расчета площади системы контроля качества изделий

Наименование отделения	Измеритель для расчета площади	Норма площади
Контрольно-поверочный пункт	На 1 станок основного производства, м <sup>2</sup> (не менее 25 м <sup>2</sup> в целом)	0,1–0,2
Пункт поверки и ремонта калибров и кладовая обменного фонда (для условий крупносерийного и массового производства)	На 1 станок обслуживаемого технологического оборудования, м <sup>2</sup>	0,18–0,3

**Состав санитарно-бытовых помещений** механосборочных и вспомогательных цехов промышленных предприятий регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 2.09.04-87 в зависимости от санитарной характеристики технологических процессов. По санитарной характеристике технологические процессы разделяют на группы и подгруппы.

**1-я группа** включает технологические процессы, сопровождаемые загрязнением тела (рук) и спецодежды работающих веществами 3-го и 4-го классов опасности (малоопасные): 1а – сопровождаемые загрязнением только рук (точное приборостроение); 1б – спрово-

ждаемое загрязнением тела и спецодежды, которые удаляются без применения специальных моющих средств (сборка, холодная обработка металлов (кроме чугуновых заготовок) без применения СОЖ); 1в – сопровождаемые загрязнением тела и спецодежды особо загрязняющими веществами, которые могут быть удалены только с применением специальных моющих средств (холодная обработка металлов с применением СОЖ и чугуна без применения СОЖ).

**2-я группа** включает технологические процессы, протекающие при избытке явного тепла или при неблагоприятных метеорологических условиях: 2а – при избытке явного конвекционного тепла (термические отделения); 2б – при избытке явного лучистого тепла (термические отделения); 2в – связанные с воздействием влаги, вызывающие намокание спецодежды и обуви (мочные отделения).

В состав санитарно-бытовых помещений входят: гардеробные и умывальные – для всех групп (для групп 1б, 1в и 2 гардеробные домашней и спецодежды должны предусматривать двойные шкафы на каждого работающего); душевые для всех групп, за исключением 1а; помещения для сушки рабочей одежды – 2в; комната личной гигиены женщин (при численности среди работающих свыше 50 женщин); санузлы, курительные, устройства питьевого водоснабжения (располагаются на расстоянии не более 75 м от рабочих мест); медицинские пункты (при численности работающих от 50 до 300 человек, свыше 300 – фельдшерский здравпункт); помещения ручных ванн (при производственных процессах, связанных с вибрацией, передающейся на руки); помещения ножных ванн (установки гидромассажа ног, предусматриваются при производственных процессах, связанных с работой стоя или связанных с вибрацией, передающейся на ноги), камеры сухого жара (сауны); помещения общественного питания: при числе работающих в смену более 200 человек – столовая, при числе работающих в смену менее 30 человек – комната приема пищи (не менее 12 м<sup>2</sup>). Норма расчета площадей санитарно-бытовых служб приведена в табл. 17 [10].

Площадь административно-конторских помещений определяют также СНиП 2.09.04-87 из расчета 4 м<sup>2</sup> на одного работника управления и 6 м<sup>2</sup> на одного работника конструкторского или технологического бюро. Площадь кабинетов руководителей должна



составлять не более 15 % общей площади рабочих помещений. При кабинетах руководителей цехов и их заместителей следует предусматривать приемные. Допускается устраивать общую приемную на два кабинета. Площадь приемных должна быть не менее 9 м<sup>2</sup>.

Таблица 17

Норма расчета санитарно-бытовых помещений цеха

Помещение	Расчетная единица	Нормы для определения потребного количества расчетных единиц	Норма площади, м <sup>2</sup>
Гардеробная	Двойной закрытый шкаф	Один шкаф на каждого рабочего цеха	0,43
Санузел	Кабина и тамбур	1 кабина на 12 женщин или на 18 мужчин в наиболее многочисленной смене	2,6
Душевые	Кабина	1 кабина на 3 чел. гр. 2б; на 5 чел. гр. 1в, 2в; 7 чел. гр. 2а; 15 чел. гр. 1б; 20 чел. гр. 1а (по наиболее многочисленной смене при сочетании признаков различных групп производственных процессов – по группе с наиболее высокими требованиями)	1,62
	Место для переодевания (преддушевая)	3 места на 1 кабину	1,7
Умывальная	Кран	1 кран на 7 чел. гр. 1а; 10 чел. гр. 1б; 20 чел. для работающих остальных групп (по наиболее многочисленной смене и группе с наиболее высокими требованиями)	1,05–1,75
Ножные ванны	Ванна	1 ванна на 40 человек в наиболее многочисленной смене	1,0
Ручные ванны	Ванна	1 ванна на 3 человек, пользующихся ручными ваннами, в смену	1,5
Для личной гигиены женщин	Кабина	1 кабина на 50 женщин в наиболее многочисленной смене (размещается совместно с санузлами)	4,6

Помещение	Расчетная единица	Нормы для определения потребного количества расчетных единиц	Норма площади, м <sup>2</sup>
Курительная	Место для курения	1 место на 1 работающего в наиболее многочисленной смене	0,03
Камера сухого жара (сауна)	Место	1 место на 20 чел., работающих в наиболее многочисленной смене	0,6
Устройство питьевого водоснабжения	Место	1 место на 100 чел. раб. гр. 2а, 2б; 200 чел. — остальных групп производственных процессов в наиболее многочисленной смене	0,35
Для отдыха и психологической разгрузки	—	Один работающий на наиболее многочисленную смену	0,2
Общественного питания	Посадочное место	1 посадочное место на 4 чел., работающих в наиболее многочисленной смене	1,0
	Гардеробная (1 крючок на вешалке)	120 % мест на вешалке от количества посадочных мест для проходящих в уличной одежде	0,25
Медицинского пункта	Организуется при численности работающих от 50 до 300 чел. 12 м <sup>2</sup> — при списочном составе от 50 до 150 чел., 18 м <sup>2</sup> — при списочном составе работающих в наиболее многочисленной смене от 151 до 300 чел.		

#### **4.2. Выбор типа зданий для размещения производственных, вспомогательных, санитарно-бытовых и административно-конторских площадей цеха**

При выборе типа здания для цеха необходимо учитывать соответствие его современным функциональным, техническим, экономическим и архитектурно-художественным требованиям.

**Функциональные требования** заключаются в обеспечении нормального функционирования размещаемого в цехе технологического оборудования, рабочих мест и создания благоприятных санитарно-гигиенических условий труда и бытового обслуживания работающих.

**Технические требования** заключаются в обеспечении прочности, устойчивости, долговечности и в противопожарных мероприятиях, а также в возможности возведения здания индустриальными методами.

**Экономические требования** преследуют цель сведения к минимуму затрат на строительство и эксплуатацию здания.

**Архитектурно-художественные требования** предусматривают придание зданию красивого архитектурного облика.

При проектировании новых цехов механосборочного производства производственные участки и вспомогательные службы рекомендуется располагать в производственных (одно- и многоэтажных) зданиях. Санитарно-бытовые и административно-конторские помещения размещают, как правило, во вспомогательном (многоэтажном) здании, пристраиваемом к основному производственному, или в многоэтажных вставках, расположенных перпендикулярно продольной стене производственного здания.

Механические цеха среднего, тяжелого и особотяжелого машиностроения располагают, как правило, в одноэтажных промышленных зданиях. Эти здания могут быть бескаркасными и каркасными, одно- и многопролетными, бескрановыми и оборудованными легкими или тяжелыми кранами, со светоаэрационными фонарями и бесфонарными, а также безоконными с искусственным микроклиматом и освещением.

Основными параметрами здания каркасного типа являются ширина пролетов и их количество, шаг колонн, высота пролетов, длина и ширина здания.

Ширина пролетов – расстояние между осями продольно располагаемых колонн.

Шаг колонн – расстояние между осями колонн в направлении продольной оси пролета.

Высота пролета – расстояние от уровня пола до низа несущих конструкций покрытий на опоре.

Унифицированные размеры пролетов, шаг колонн и высоту одноэтажных промышленных зданий следует выбирать из табл. 18 [11].

Таблица 18

Основные параметры унифицированных типовых секций  
одноэтажных промышленных зданий машиностроения (в метрах)

Длина	Ширина	Пролет	Шаг колонны	Шаг ферм	Высота
Основные секции для бескрановых зданий с подвесным транспортом					
72	144	24	12	6; 12	6; 7,2
72	72	24	12	6; 12	6; 7,2
72	144	12	12	6; 12	6; 7,2
72	72	12	12	6; 12	6; 7,2
Основные секции для крановых зданий					
72	144	24	12	12	10,8; 12,6
72	72	24	12	12	10,8; 12,6
72	144	18	12	12	10,8; 12,6
72	72	18	12	12	10,8; 12,6
Дополнительные секции для крановых зданий					
72	30	30	6	6	16,2; 18
72	48	24	12	6; 12	10,8; 12,6
72	24	24	6	6	10,8; 12,6

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

Основные секции (для продольных пролетов) имеют размеры 144×72 и 72×72 м; дополнительные секции (для поперечных пролетов) – 24×72, 48×72 м; 30×72 м. Сетки колонн для одноэтажных многопролетных зданий составляют 18×12 и 24×12 м, где 12 – шаг колонны, 18, 24 – ширина пролетов.

Пролеты меньшей длины используют для цехов с малогабаритным оборудованием. Для производств с крупногабаритным оборудованием ширина пролетов может быть увеличена до 30 или даже до 36 м. Для сборочных пролетов используют дополнительные (крановые) секции размерами 24×72, 48×72 и 30×72 м.

Наиболее распространены УТС с размерами в плане 144×72 м, с сеткой колонн 12×18 и 12×24 м.

В легком машиностроении и в приборостроении наибольшее распространение получили многоэтажные производственные зда-

ния. Такие здания компонуют из унифицированных типовых секций размерами 48×24, 48×36 и 48×48 м. Обычно эти здания имеют от 2 до 5 этажей с сеткой колонн 6×6, 6×9, 9×9, 6×12, 6×18 и 6×24 м. Широко распространены многоэтажные здания с сеткой колонн 6×12, 6×18 и 6×24 м. Укрупненные сетки колонн увеличивают емкость здания на 8–15 %. Ширину корпуса принимают, как правило, 24 м. Увеличение ширины здания приводит к плохой освещенности средней зоны и допускается в случае размещения вспомогательных и бытовых помещений в средних пролетах, а также при использовании комбинированного освещения – естественного у наружных стен и искусственного в средней части здания. Высота здания колеблется от 3,6 м (для бескрановых этажей) до 6 м (верхние этажи с мостовыми кранами) и даже до 7,2 м (нижние этажи).

Помещения санитарно-бытового и административно-хозяйственного обслуживания рабочих и служащих на машиностроительных заводах располагают в пристройках к производственным зданиям, в отдельно стоящих зданиях или непосредственно в производственных. Последнее нежелательно из-за большой стоимости 1 м<sup>2</sup> производственной площади и сложно реализуемых по СНиП 2.09.04-87 необходимых санитарно-гигиенических условий. Пристройки примыкают либо со стороны торцовых, либо со стороны продольных стен. Предпочтителен первый вариант.

В отдельных случаях санитарно-бытовые и административно-конторские помещения располагают в подвалах или полуподвалах, на антресолях, свободных производственных площадях, в межферменном пространстве, в специальных надстройках над производственным зданием, что также нежелательно.

В связи с максимальным блокированием зданий широко практикуют размещение административно-конторских и санитарно-бытовых помещений во вставках, которые располагают в местах поперечных и продольных температурных швов секции.

Объемно-планировочные решения административно-конторских и санитарно-бытовых помещений пристраиваемых или отдельно стоящих вспомогательных зданий унифицированы (СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания). Они компонуются из универсальных типовых секций (УТС) длиной 36, 48, 60 м и

шириной 12 или 18 м. В основу этих УТС положены сетки колонн  $(6 + 6) \times 6$  м или  $(6 + 6 + 6) \times 6$  м. Для отдельно стоящих вспомогательных зданий наиболее часто используют сетку колонн  $(6 + 6 + 6) \times 6$  м.

Вспомогательные здания для размещения административно-конторских и санитарно-бытовых помещений цеха обычно строят 2–4-этажными (высота этажа – 3,3 м), что обеспечивает максимальное приближение общецеховых служб к производственным участкам. Свободные площади (на верхних этажах) используют для размещения общезаводских и общекорпусных служб.

### 4.3. Компоновка цехов

Компоновка – это чертеж с изображением на нем в плане производственных участков, вспомогательных служб, магистральных проездов, входных и въездных проемов, административно-конторских и санитарно-бытовых помещений цеха или нескольких цехов, размещенных в одном корпусе, без пространственного размещения оборудования.

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

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

При разработке компоновки отделения и участка цеха необходимо располагать в определенной технологической последовательности производственного процесса. При выполнении компоновки цеха необходимо следовать следующим рекомендациям:

- кратчайший путь перемещения заготовок и деталей;
- движение заготовок и деталей в одном направлении без перекрестных и возвратных перемещений;
- непосредственная близость конечных пунктов линий изготовления деталей к рабочим местам узлов или общей сборки;

- рациональное использование всей площади цеха;
- максимальные удобства для работы и отдыха производственного персонала при обеспечении техники безопасности;
- возможность создания общекорпусных вспомогательных баз.

Производственные и вспомогательные цеха можно размещать в отдельно стоящих или сблокированных зданиях. Цех размещают в отдельно стоящем здании, как правило, только в тяжелом и особо-тяжелом машиностроении.

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

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

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

При проектировании новых цехов административно-канторские и санитарно-бытовые помещения следует размещать во вспо-

могательном здании, примыкающем к основному производственному зданию, или располагать во вставках производственного корпуса. При этом следует руководствоваться приведенными ниже рекомендациями:

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

Техника выполнения компоновок сводится к следующему:

- наносят в масштабе сетку колонн, стены выбранного здания, помечают границы цеха, магистральных проездов, места размещения компрессорных и трансформаторных станций;
- определяют границы производственных участков и отделений проектируемого цеха исходя из последовательности выполнения технологических процессов и наличия вспомогательных служб, необходимых для обслуживания производства;





#### 4.4. Планировка цехов

Технологическая планировка – это графическое изображение на плане и разрезах оборудования, поточных и автоматических линий, рабочих мест, стендов, подъемно-транспортных средств и инженерных сетей, предназначенных для обслуживания технологических процессов.

В рабочем проекте технологическую планировку оборудования участка, цеха выполняют в масштабе 1:100; для цехов, насчитывающих свыше 200 единиц оборудования, – в масштабе 1:200; для цехов, насчитывающих менее 70 единиц оборудования, а также производственных участков – масштаб 1:50.

Планировку выполняют в условных обозначениях, принятых в нормах технологического проектирования (табл. 19), также можно использовать обозначения библиотеки планировок цехов программы «Компас». Соблюдение стандартных условных графических обозначений обязательно.

Оборудование и рабочие места размещают с помощью темплетов, выполненных в масштабе планировки. Габариты оборудования принимают по наиболее выступающим частям с учетом крайних положений движущихся частей. Темплеты выполняют по габаритам, приведенным в паспортах оборудования.







Расположение оборудования и рабочих мест координируется относительно колонн. Все расстояния указывают от крайних положений движущихся частей станка и от постоянных ограждений (приспособления включают в габарит станка). При обслуживании технологического оборудования мостовым краном расстояние от станков до стен и колонн устанавливают с учетом нормального положения крюка крана над станком. Нормы расстояний между станками не учитывают площадок для хранения заготовок (деталей), а также устройств для транспортирования заготовок между станками (табл. 20).

Размер рабочей зоны составляет не менее 800 мм. Транспортируемые изделия не должны выходить за пределы транспортных средств (на площадь прохода). Место расположения рабочего, обслуживающего оборудование, обозначается кружком диаметром 5 мм с заштрихованной тыльной половиной.

Таблица 19

Условные графические обозначения элементов планировки цехов

Наименование обозначений	Условное обозначение	Наименование обозначений	Условное обозначение
Капитальная стена		Остекленная перегородка	
Сплошная деревянная перегородка		Сетчатая перегородка	
Окно		Раздвижные двери и ворота	
Одностворчатые двери		Двухстворчатые двери и ворота	
Границы проходов или проездов		Мостовой кран	
Кафедра мастера		Складская площадка	
Монорельсовый путь		Тельфер на монорельсе	
Вновь приобретаемое оборудование		Используемое, существующее оборудование	
Резервное место		Положение рабочего у станка	
Разметочная плита		Стол	
Слесарный верстак		Стеллажи	

Наименование обозначений	Условное обозначение	Наименование обозначений	Условное обозначение
Оди́нарный ро́льганг		Шкаф	
Подвод сжа́того возду́ха		Подвод пара	
Подвод воды		Подвод тока напряжением 360 В	

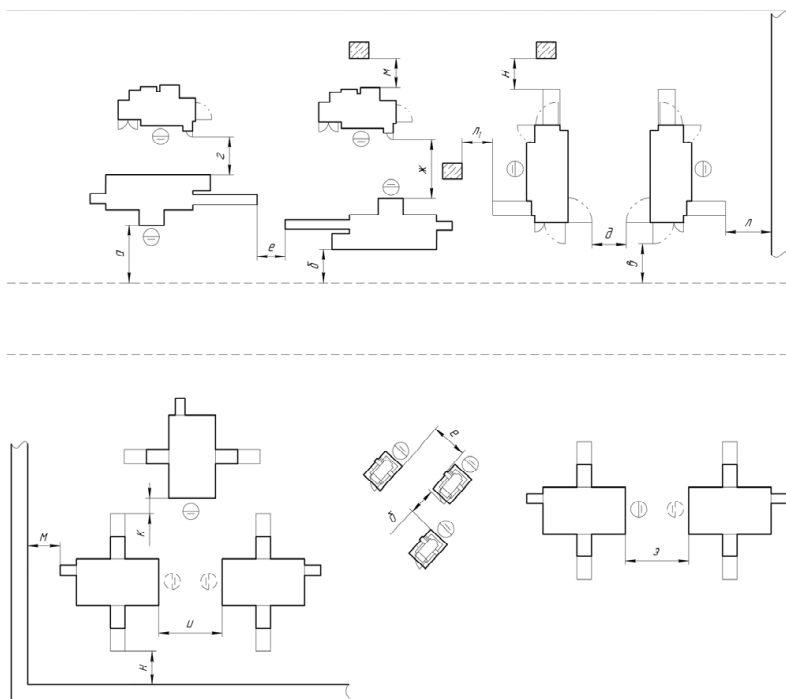


Рис. 3. Схемы взаимного расположения универсальных станков друг относительно друга, относительно стен, колонн здания и проезда между участками

Нормы расстояний универсальных станков от проезда, относительно друг друга от стен и колонн здания приведены на рис. 3 и в табл. 20.

Таблица 20

Нормы расстояний универсальных станков от проезда, относительно друг друга, от стен и колонн зданий

Расположение станков		Обозначение по рис. 4.2	Расстояние, мм						
			Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство			Крупносерийное и массовое производство			
			Наибольший из габаритных размеров станка в плане, мм						
От проезда до	фронта	а	до 1800	от 1800 до 4000	от 4000 до 8000	свыше 8000	до 1800	от 1800 до 4000	свыше 4000
			1600	2000	2400	1000	1200	1000	
	тыльной стороны боковых сторон	б	500	500	700	1000	500	500	500
			500	500	700	1000	500	500	
	тыльными сторонами боковыми сторонами	в	1700	2600	1400	1600	1800	1800	1800
			700	800	1000	1300	700	800	1000
	Относительно друг друга	тыльными сторонами боковыми сторонами	г	900	1300	1800	900	1200	1200
				900	1300	1800	900	1200	1200
	Относительно друг друга	фронтom и при обслуживании одним рабочим	ж	2100	2500	2600	1900	2300	2600
				1700	1700	1400	1600	1600	1600
От стен и колонн до	тыльными сторонами боковых сторон	з	2500	1400	1600	1400	1600	1600	
			700	700	700	700	700	700	
От стен и колонн до	фронта	л	1600	1600	2000	1300	1500	1500	
			1300	1300	1500	1300	1500	1500	
От стен и колонн до	тыльной стороны боковых сторон	л <sub>1</sub>	700	800	900	1000	700	800	900
			700	800	900	1000	700	800	900
От стен и колонн до	тыльной стороны боковых сторон	м	1200	1200	1200	1200	1200	1200	
			1200	1200	1200	1200	1200	1200	
От стен и колонн до	тыльной стороны боковых сторон	н	1200	1200	1200	1200	1200	1200	
			1200	1200	1200	1200	1200	1200	

Расстояния от фронта станка до проезда, равное 2000 мм, принимают только для продольно-фрезерных, продольно-строгальных и продольно-шлифовальных станков.

Нормы расстояний между прутковыми автоматами и полуавтоматами представлены на рис. 4 и в табл. 21.

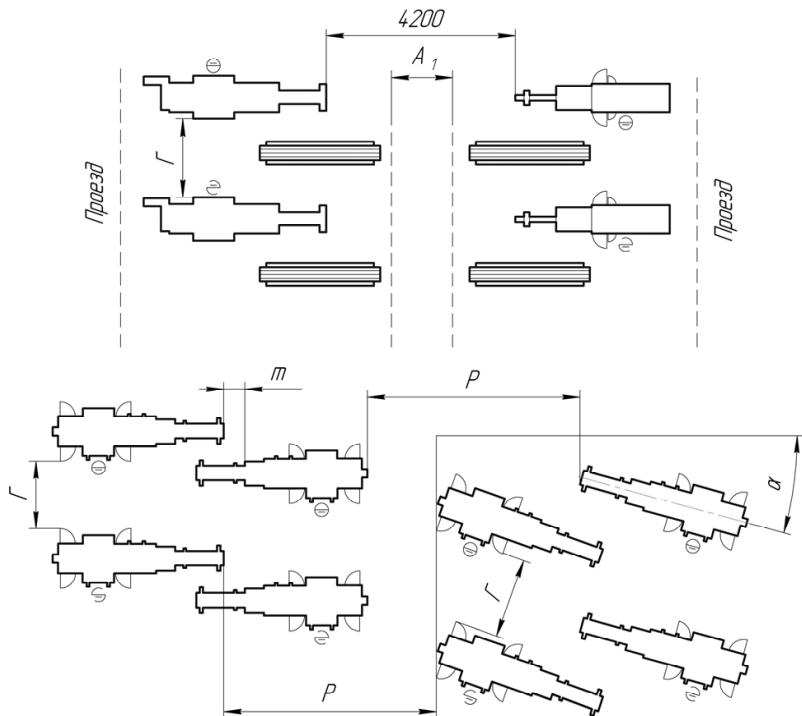


Рис. 4. Схемы взаимного расположения прутковых автоматов и полуавтоматов друг относительно друга, относительно стен, колонн здания и проезда между участками

Нормы ширины проездов между участками и цехами в производственном здании приведены в табл. 22.

Нормы расстояний между поточными линиями станков с механизированным межоперационным транспортом приведены в табл. 23 и на рис. 5 и 6.

Нормы расстояний между прутковыми автоматами  
и полуавтоматами

Наименование	Обозначение по рис. 4	Расстояние, мм		
		Одношпиндельные автоматы	Многошпиндельные автоматы	
			Диаметр обрабатываемого прутка, мм	
		до 65	свыше 65	
Между станками при поперечном расположении к проезду	Г	1200	1300	1500
От конца поддерживающей трубы до боковой стороны станка	<i>m</i>	500	-	-
Технологический проезд для транспортирования длинномеров к станкам	$A_1$	1600	1600	1600
Зона заправки и раздачи прутков	$P = 4200 \times \cos \alpha$	$\alpha = 20^\circ$ $\alpha = 30^\circ$ $\alpha = 40^\circ$ $\alpha = 45^\circ$	$P = 3900$ $P = 3600$ $P = 3200$ $P = 3000$	
<i>Примечание.</i> Остальные расстояния принимают по табл. 20				

## Нормы ширины проездов

Вид проезда	Транспортные средства	Ширина проезда, мм	
		при одностороннем движении	при двустороннем движении
Магистральный	Напольные: электротележки, электротягачи, электропогрузчики	—	4500
	автопогрузчики, автомашины, уборочные машины и др.	—	5500
Магистральный для приборостроительной промышленности	Все виды напольного электротранспорта	—	3000
Цеховой	Все виды напольного электротранспорта, кроме робокаров	$A^* + 1400$	$2A + 1600$
	Робокары	$A^* + 400$	—
Железнодорожный ввод	Вагоны грузовые	6000	—
Пешеходный проход	—	—	1400

\*А – ширина груза (транспорта), мм.

*Примечания.*

- Магистральные проезды шириной 5500 мм для автотранспорта, уборочных машин и других транспортных средств применять при соответствующем обосновании.
- Количество и расположение магистральных проездов определяется компоновкой корпуса и схемой грузопотоков.
- Размещение пути рельсовой тележки вдоль магистрального проезда не допускается.
- Ширина проезда вдоль наружных стен для протирки окон определяется шириной механизма для указанных работ + 400 мм.
- Ширина канала стружкоуборки, размещенного вдоль проезда, не входит в ширину проезда.
- При развороте транспорта в проезде на 90° ширина проезда определяется характеристикой транспорта.
- Следует выбирать ширину цехового проезда (мм) из ряда чисел: 1400, 2000, 2200, 2600, 2800, 3000, 3200, 4000.



Таблица 23

**Нормы расстояний между поточными линиями станков с механизированным межоперационным транспортом**

Вид транспорта	Расстояние, мм				
	между станком и передвижной консольной секцией приемопередаточного стола «Д»	ширина приемопередаточных столов стеллажного оборудования «В»	от станка до оргнастки или транспортной установки «Е»	между приемопередаточными столами «Г»	между транспортными установками «Ж»
Автооператор напольный с приемопередаточными столами для тары 400×600 мм	400	670	1070	900	–
Автоматизированная напольная транспортно-складская система для тары 400×600 мм	400	670	1070	900	–
Стационарный конвейер (роликовый, пластинчатый, ленточный и др.)	–	–	900	–	не менее 100
Подвесной конвейер или таль на монорельсе	–	–	900	–	не менее 300
Подвесной конвейер с применением манипуляторов	–	–	1200	–	не менее 300

*Примечания.*

1. Ширина механизированного межоперационного транспорта «К» принимается в соответствии с габаритами обрабатываемых деталей.

2. Ширина пешеходного прохода «А<sub>2</sub>» между тыльными сторонами станков, встроенных в поточные линии с механизированным межоперационным транспортом, – 1400 мм.

3. Расстояние между станками в поточных линиях с механизированным межоперационным транспортом следует принимать по табл. 20 для крупносерийного и массового производства.

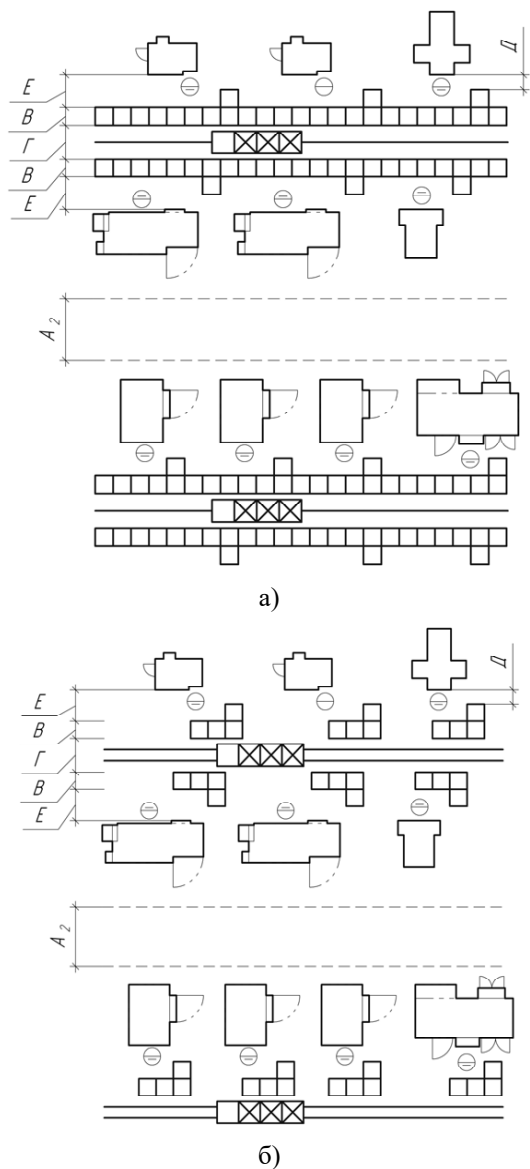


Рис. 5. Взаимное расположение поточных механизированных линий и межоперационных транспортных средств: *а* – с автооператором напольным с приемно-передаточными стоками; *б* – с автоматизированной напольной транспортно-складской системой для тары

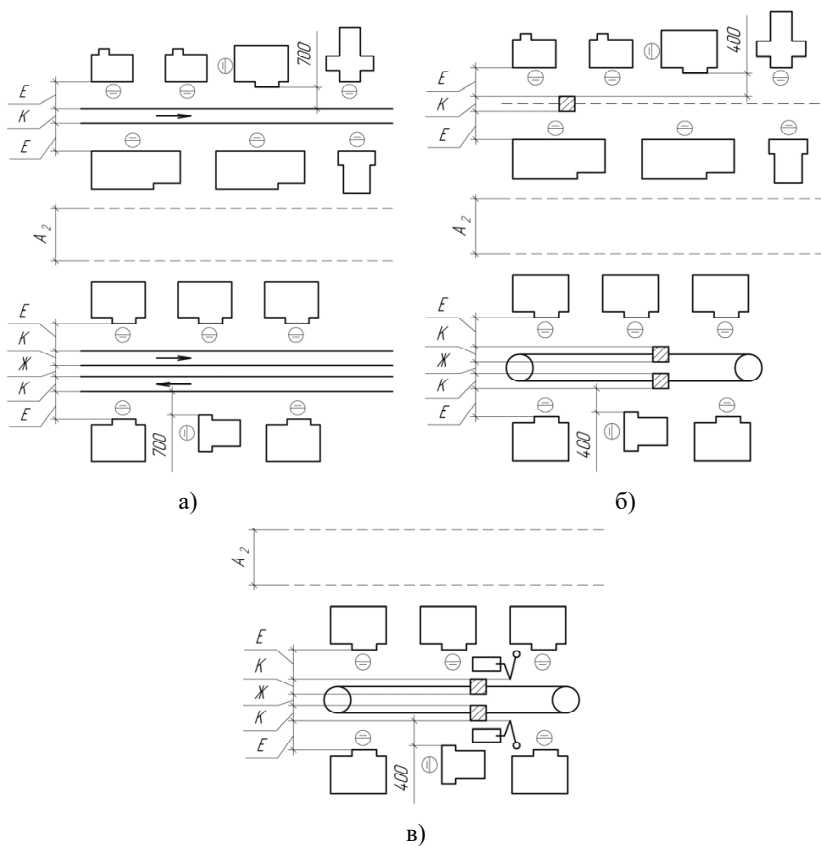


Рис. 6. Взаимное расположение поточных механизированных линий и конвейеров: а – стационарного (роликового, пластинчатого, ленточного и др.); б – подвесного или тали на монорельсе; в – подвесного с применением манипуляторов

Технологическую планировку разрабатывают в такой последовательности:

- наносят продольные и поперечные разбивочные оси производственного и вспомогательного зданий; если обслуживаемые помещения располагают на нескольких этажах, то на планировке цеха изображают с некоторым интервалом разбивочные оси каждого этажа;

- вычерчивают капитальные стены и колонны производственного и вспомогательного зданий, лестничные клетки;
- производят разбивку оконных и дверных проемов в наружных стенах, показывают направление открывания дверей;
- на основе компоновки уточняют месторасположение магистральных проездов и проходов, производственных механических и сборочных участков, технологического оборудования, вспомогательных служб, трасс подъемно-транспортных средств, средств уборки стружки и наносят их на план производственного здания;
- выбирают типовое планировочное решение санитарно-бытовых и административно-хозяйственных помещений и наносят на план соответствующего этажа вспомогательного здания внутренние стенки, перегородки, дверные проемы;
- выбирают необходимые продольные и поперечные разрезы основного и вспомогательного зданий;
- наносят в верхнем правом углу листа ситуационный план корпуса;
- составляют сводную ведомость площадей цеха и размещают ее на поле чертежа;
- изображают в виде таблицы условные обозначения, принятые в планировке;
- на плане и разрезах проставляют все размеры, выполняют надписи (наименования участков, отделений, помещений и размеры их площадей, порядковые номера оборудования);
- составляют спецификацию оборудования.

Основные размеры здания в плане измеряются между разбивочными осями. Оси, идущие вдоль пролетов здания, называют продольными. Оси, пересекающие пролеты, называют поперечными; система пересекающихся осей здания в плане образует сетку разбивочных осей.

Разбивочные оси продолжают за пределы планировки и разреза и по колоннам заканчивают кружками диаметром 10 мм, в которых записывают обозначения осей. При этом продольные разбивочные оси обозначают буквами русского алфавита, а поперечные — цифрами.

Размеры на технологической планировке проставляют в миллиметрах.

Площади участков, отделений и помещений проставляют в квадратных метрах с двумя десятичными знаками с чертой снизу.

Ситуационный план производственного и вспомогательного зданий вычерчивают в масштабе 1:1000 в такой последовательности:

- наносят сетки разбивочных осей УТС производственного и вспомогательного зданий (оси обозначаются буквами и цифрами, колонны – кружочками или крестиками);
- контурными линиями изображают капитальные стены производственного и вспомогательного зданий;
- проставляют габаритные составы УТС производственного и вспомогательного зданий;
- редкой штриховкой отмечают месторасположение в корпусе проектируемых цехов, участков, в том числе вспомогательных помещений, площадей для размещения административно-конторских и санитарно-бытовых помещений;
- указывают масштаб ситуационного плана.

На технологической планировке необходимо указать стрелками пути движения по участкам и отделениям обрабатываемых заготовок и собираемых изделий, начиная от входа в здание и кончая выходом готовой продукции за пределы здания.

Фрагмент технологической планировки приведен на рис. 7.

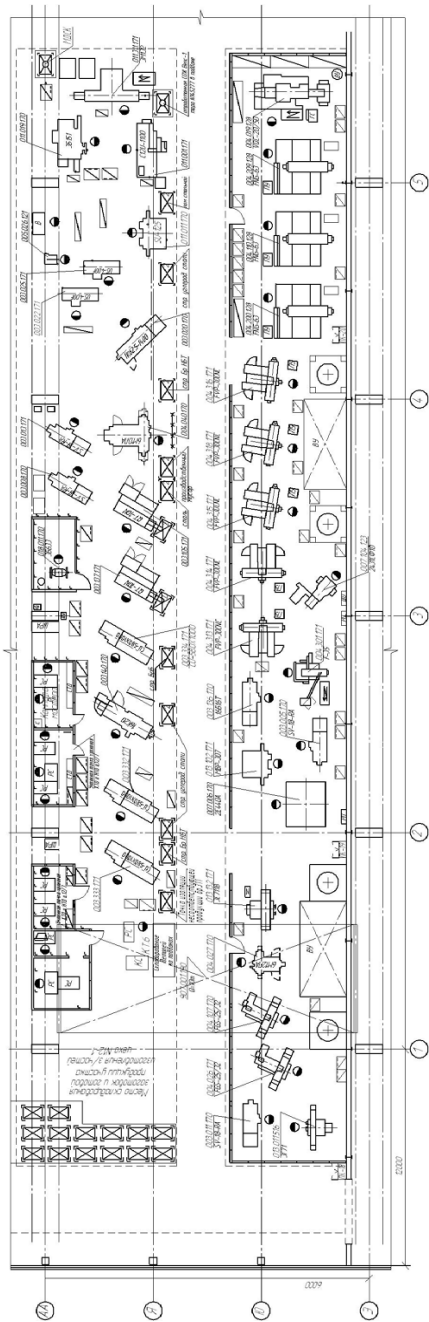


Рис. 7. Фрагмент планировки цеха машиностроительного предприятия

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балашов, В.М. Проектирование машиностроительных производств / В.М. Балашов, А.И. Матвеев, А.Г. Схиртладзе. – Тверь : Изд-во ТвГТУ, 1997.
2. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – 5-е изд., стер. – М. : Альянс, 2007. – 256 с.
3. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М.Е. Егоров. – М. : Высшая школа, 1969. – 480 с.
4. Клепиков, В.В. Технология машиностроения / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ ИНФРА, 2004. – 860 с.
5. Мельников, Г.Н. Проектирование механосборочных цехов / Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.
6. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи. ОНТП-14-93. – М. : АО «Гипростанок», 1993. – URL: <http://www.docstroika.ru>. – Загл. с экрана.
7. Проектирование автоматизированных участков и цехов : учебник / В.П. Вороненко [и др.]. – М. : Машиностроение, 2003. – 272 с.
8. Проектирование гибких производственных систем механической обработки деталей. МР-040-79-86, МР-040-080-86. – М. : Оргстанкинпром, 1986.
9. Проектирование машиностроительных заводов и цехов : справочник : в 6 т. / Б.Н. Айзенберг [и др.] ; под ред. Е.С. Ямпольского. – М. : Машиностроение, 1975. – Т. 4 : Проектирование механических, сборочных цехов, цехов защитных покрытий. – 326 с.
10. Проектирование машиностроительных заводов и цехов : справочник : в 6 т. / Б.Н. Айзенберг [и др.] ; под ред. Е.С. Ямпольского. – М. : Машиностроение, 1975. – Т. 5 : Проектирование вспомогательных цехов и служб. – 223 с.
11. Административные и бытовые здания. СНИП 2.09.04-87. – М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1987. – 50 с.
12. Производственные здания. СНИП 31-03-2001. – М. : Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, 2001. – 14 с.