

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Методические указания к выпускной квалификационной работе  
для студентов бакалавриата направления 15.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра машиностроения

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Методические указания к выпускной квалификационной работе  
для студентов бакалавриата направления 15.03.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019

УДК 621.9.06, 624.01, 658.2 (073)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА:**  
Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.В. Максаров, А.Д. Халимоненко, Е.Г. Злотников*. СПб, 2019. 54 с.

Представлены рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства».

Предназначены для студентов бакалавриата направления 15.03.01 «Машиностроение» профиля программы «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент проф. *Д.В. Васильков* (Балтийский государственный технический университет «ВОНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

## **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Цель курсовой работы:

- изучение методологической концепции проектирования механосборочного производства на уровне участка и цеха и основных методологических положений общего подхода к оценке технико-экономической эффективности проектируемого варианта.

Основные задачи курсовой работы:

- изучение основных принципов проектирования машиностроительного производства;

- овладение методами проведения проектных расчетов отдельных подсистем механосборочного производства, планировки установки технологического оборудования и средств транспортирования на производственных площадях;

- формирование представлений о современных методах проектирования машиностроительного производства;

- приобретение навыков практического применения современных методов организации производства, основанных на широком применении современного программно-управляемого технологического оборудования;

- приобретение навыков проектирования и разработки принципиальных схем участков и цехов для производств различных типов.

## **2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ**

По дисциплине «Проектирование машиностроительного производства» предусматривается выполнение курсовой работы, к которой необходимо приступить после проработки соответствующих разделов курса (см. рабочую программу дисциплины).

Тема курсовой работы:

«Разработка проекта механического цеха и участка».

Каждый студент получает индивидуальное задание, которое содержит:

- годовую программу, вид, массу и станкоемкость выпускаемого изделия;

- маршрут обработки детали и технологическое оборудование.

Курсовая работа после проверки руководителем и внесения в него соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите перед комиссией кафедры.

Законченный проект должен содержать следующие материалы:

- расчетно-пояснительную записку (12...20 страниц);

- комплект чертежей с планами, схемами и компоновками механического цеха и предметно-замкнутого механического участка.

Все материалы следует сброшюровать в папку и снабдить ее титульным листом. Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ 2.105-15 и ГОСТ 7-32-15.

Рукописный текст записки представляется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4.

Размеры полей: левого – 35 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

Пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию страниц. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин.

При выполнении курсовой работы характерна определенная последовательность (этапность) в ее оформлении (см. задание на курсовую работу).

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наименование источника, издательство и год издания. Все рисунки в пояснительной записке должны иметь номера и названия. Буквенные, обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

Чертежи и схемы должны быть оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД на форматах А4 и А3 (план цеха).

Студенты, успешно выполнившие и защитившие курсовую работу, допускаются к экзамену по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства».

При выполнении курсовой работы следует руководствоваться следующими положениями:

- расчет и проектирование механического цеха по изготовлению деталей к металлорежущим станкам включает в себя вычерчивание его компоновки;
- проектирование цеха и участка проводится для условий среднесерийного выпуска продукции;
- проектирование механического цеха проводится по технико-экономическим показателям;
- исходные данные для проектирования механического цеха определяются по цифрам шифра студента в соответствии с данными по табл. 1.

Таблица 1

## Исходные данные для проектирования механического цеха

Параметры	Варианты и исходные данные									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
последняя цифра шифра студента										
Годовая программа изделия $Q$ , шт.	2000	1900	1700	2200	2300	2400	2600	2900	2700	3000
предпоследняя цифра шифра студента										
Средний вес $G_X$ выпускаемого изделия, кН	41	39	36	43	44	41	40	42	44	45
последняя цифра шифра студента										
Станкоёмкость $h_n$ обработки одного кН деталей изделия-представителя, ч	10,8	11,0	10,0	9,5	8,0	7,35	7,2	7,0	8,6	8,5
предпоследняя цифра шифра студента										
Средний вес $G_n$ расчетного изделия-представителя, кН	56	50	49	48	47	46	45	40	39	38
последняя цифра шифра студента										
Номер технологического процесса	1	5	3	4	2	1	3	5	2	4

Тип металлорежущих станков, выпускаемых предприятием, к которым проектируемый механический цех изготавливает детали, определяется по шифру студента в соответствии с данными табл. 2.

Выбранный тип станков, выпускаемых предприятием, определяет состав технологического оборудования механического цеха.

Номер технологического процесса, тип изготавливаемой детали и последовательность ее изготовления приводятся в табл. 3.

При анализе технологического процесса необходимо определить, какие станки целесообразно вынести за пределы предметно-замкнутого участка и где они должны располагаться.

Необходимо разработать компоновку цеха и планировку предметно-замкнутого участка изготовления детали по технологическому процессу. На компоновке цеха и планировке предметно-замкнутого участка необходимо привести схему материальных потоков по перемещению заготовок, деталей, инструментов и стружки.

Таблица 2

*Тип металлорежущих станков,  
выпускаемых проектируемым предприятием*

Последняя цифра шифра студента	Тип станков, выпускаемых проектируемым предприятием
1, 2	Токарно-винторезные станки
3, 4	Специальные и агрегатные станки
5, 6	Координатно-расточные станки
7, 8	Горизонтально-расточные станки
9, 0	Зубообрабатывающие станки

Таблица 3

*Номер технологического процесса, тип изготавливаемой детали и последовательность ее изготовления*

№ технологического процесса	Тип детали	Последовательность обработки детали по технологическому процессу	Технологическое оборудование	Число ед.
1	Вал-шестерня	005 Фрезерно-центровальная*	MP71	1
		010 Токарная	16K20	1
		015 Токарная с ЧПУ	16B16T1	2
		020 Зубодолбежная*	5122	1
		025 Бесцентровшлифовальная	3M185	1
		030 Круглошлифовальная	3M153	2

№ технологического процесса	Тип детали	Последовательность обработки детали по технологическому процессу	Технологическое оборудование	Число ед.
2	Вал-шестерня	005 Фрезерно-центровальная*	MP71	1
		010 Токарная	16K20	2
		015 Токарная с ЧПУ	16Б16Т1	4
		020 Зубофрезерная*	5K310	1
		025 Зубошлифовальная*	5851	1
3	Корпус	005 Фрезерная	6P13	1
		010 Фрезерная	ИР320ПМФ4	2
		015 Координатно-расточная	2254ВМФ4	1
		020 Плоскошлифовальная	3Е711В	1
		025 Круглошлифовальная	3М153	1
4	Корпус планетарного механизма	005 Фрезерная	6P13	2
		010 Фрезерная	ИР500ПМФ4	2
		015 Горизонтально-расточная	2622ВФ1	1
		020 Зубодолбежная*	5122	1
		025 Круглошлифовальная	3Б161	1

\* – рассмотреть вопрос о межучастковой кооперации.

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наименование источника, издательство и год издания. Все рисунки в пояснительной записке должны иметь номера и названия. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

В специальном разделе рассматриваются вопросы выбора состава и структуры управления механического цеха.

Расчет механического цеха осуществляется в следующей последовательности:

1. Определение суммарной станкоемкости в часах производится в зависимости от годовой программы  $Q$  и средней массы изделий  $G_x$ , изделия-представителя  $G_n$  и станкоемкости  $h_n$  обработки 1 кН деталей этого изделия, приведенных в табл. 1.

Суммарная станкоемкость  $T$  определяется по формуле:

$$T = \frac{G_x h_n Q}{k_B} \text{ (ч)},$$

где  $k_B$  – коэффициент соответствия массы;

$$k_B = \sqrt[3]{\left(\frac{G_x}{G_n}\right)^2}.$$

2. Определяется расчётное число станков, необходимое для выполнения годовой программы:

$$C = \frac{T}{F_{д.г.}} \text{ (шт.)},$$

где  $F_{д.г.}$  - действительный годовой фонд времени оборудования (табл. 4) при его работе в одну, две или три смены, ч.

Таблица 4

*Действительный годовой фонд времени оборудования*

Действительный годовой фонд времени оборудования (ч), при числе смен работы		
Одна	Две	Три
2040	4015	5960

Принятое число станков  $S$  производственного отделения составит:

$$S = \frac{C}{\eta_{заг.ср.}} \text{ (шт.)},$$

где  $\eta_{\text{заг.ср.}}$  - средний коэффициент загрузки станков (для серийного производства принять  $\eta_{\text{заг.ср.}} = 0,85$ ).

3. Определяется состав оборудования. Каждый тип станков принимается в процентном отношении от принятого числа станков, приведенными в табл. 5.

Таблица 5

*Определение состава оборудования предприятия*

№ п/п	Типы станков	Завод токарно-винторезных, специальных и агрегатных станков	Завод горизонтально- и координатно-расточных станков	Завод зубообрабатывающих станков
1	Токарно-винторезные	19	16	18
2	Токарно-револьверные	4	3	5
3	Токарные автоматы и полуавтоматы	2,5	–	1
4	Токарно-карусельные	2	1	2,5
5	Расточные	6	7	6
6	Координатно-расточные	1,5	–	–
7	Сверлильные	10	5	5
8	Фрезерные	15	13	11
9	Строгальные и долбежные	5	8	4
10	Протяжные	1	1	1
11	Шлифовальные	12	13	12
12	Зубообрабатывающие	6	9	10
13	Специальные, агрегатные, автоматы и полуавтоматы	15	22	23
14	Отрезные	1	2	1,5
Итого		100	100	100
из них с ЧПУ		22	15	16

4. Определяется количество основных производственных и вспомогательных рабочих, младшего обслуживающего персонала

(МОП), инженерно-технических работников (ИТР) и служащих (СКП).

Число станочников определяется по формуле:

$$P_{\text{ст.}} = \frac{S \cdot F_{\text{д.г.}} \cdot \eta_{\text{заг.ср.}}}{F_{\text{д.п.}} \cdot k_{\text{м.ср.}}} = \frac{F_{\text{д.г.}} \cdot \eta_{\text{заг.ср.}}}{F_{\text{д.п.}}} \left( \frac{S_1}{k_{\text{м.1}}} + \frac{S_2}{k_{\text{м.2}}} + \frac{S_3}{k_{\text{м.3}}} \right), \text{ чел.,}$$

где

$F_{\text{д.п.}}$  - действительный годовой фонд времени рабочего, равный 1800 ч (при 24 дневном отпуске);

$k_{\text{м.ср.}}$  - средний коэффициент многостаночного обслуживания по цеху;

$S_1$  - число токарных автоматов и полуавтоматов, станков с ЧПУ и агрегатных станков, у которых  $k_{\text{м.1}} = 1,5 \dots 2$ ;

$S_2$  - число зубообрабатывающих станков, у которых  $k_{\text{м.2}} = 3 \dots 5$ ;

$S_3$  - число всех остальных станков, у которых  $k_{\text{м.3}} = 1$ .

При этом:

$$S_1 + S_2 + S_3 = S.$$

Число производственных рабочих с учетом слесарей производственного отделения составит:

$$P_{\text{пр}} = (1,03 \dots 1,05)P_{\text{ст.}}$$

Число вспомогательных рабочих принимается в процентном отношении от числа производственных рабочих:

$$P_{\text{в}} = (1,03 \dots 1,05)P_{\text{ст.}}$$

а число МОП, ИТР и СКП - в процентном отношении от общего числа рабочих цеха ( $P_{\text{ц}}$ ), то есть суммы производственных и вспомогательных рабочих.

Соответственно:

$$P_{\text{МОП}} = (0,02 \dots 0,03)P_{\text{ц}},$$

$$P_{\text{ИТР}} = (0,11 \dots 0,13)P_{\text{ц}},$$

$$P_{\text{СКЛ}} = (0,04 \dots 0,05)P_{\text{ц}}.$$

5. Определяется площадь производственного отделения по общей удельной площади на каждый станок, с учетом организации у станков мест под складирование в таре партий заготовок и деталей.

Так как размеры станков при укрупненном расчете цеха неизвестны, то значение общей удельной площади в контрольной работе условно принять как для средних станков, то есть  $29...34 \text{ м}^2$  на каждый станок.

6. Рассчитывается площадь каждого вспомогательного отделения и обосновывается место их расположения по укрупненным показателям.

Укрупнено, площади заготовительного отделения, склада заготовок и материалов можно принять в размере 10 % от площади производственного отделения каждое. Площадь склада деталей (с учетом возможности межоперационного складирования) можно принять  $8...9 \%$  от площади производственного отделения.

Укрупнено, площадь ОТК можно принять в размере  $3...5 \%$  от площади производственного отделения.

Площадь заточного отделения принимается по удельной площади на каждый станок отделения, равной  $10...12 \text{ м}^2$ . Число станков отделения составляет  $4...6 \%$  от числа станков, обслуживаемых заточкой. Число станков, обслуживаемых заточкой – это принятое число станков  $S$  за вычетом протяжных, шлифовальных и зубообрабатывающих станков. При числе станков, обслуживаемых заточкой, более 200 единиц, в цехе предусматривают два заточных отделения, то есть площадь каждого из них равна половине расчетной.

Расчет площади ремонтно-механического отделения производить по удельной площади на каждый станок отделения, равной  $28...30 \text{ м}^2$ . Число станков отделения составляет  $3,5...5\%$  от принятого числа станков  $S$ .

Расчет площади отделения по ремонту приспособлений производить по удельной площади на каждый станок отделения, равной  $17...22 \text{ м}^2$ . Число станков отделения составляет  $1,5...4\%$  от принятого числа станков  $S$ .

Удельную площадь при расчете площади инструментальной кладовой принять  $0,4 \text{ м}^2$  на каждый станок цеха и  $0,15 \text{ м}^2$  на каждого слесаря цеха. Число станков цеха в курсовой работе принять равным сумме принятого числа станков  $S$  и станков заточного и ремонтно-механического отделений, а также отделения по ремонту приспособлений.

соблений. Количество слесарей цеха равно сумме слесарей производственного отделения и 60 % вспомогательных рабочих. Число инструментальных кладовых в цехе равно числу заточных отделений.

Площади отделений по сбору и переработке стружки и по приготовлению и раздаче СОЖ принять укрупнено в размере 100...120 м<sup>2</sup> каждого.

7. Путем суммирования площадей производственного и вспомогательных отделений определяют общую площадь цеха, назначают сетку колонн и уточняют длину цеха. Задаваясь числом пролетов, следует помнить, что современные здания состоят из типовых секций с размерами 72×72 м или 72×144 м, то есть при ширине пролета в 24 м число их может быть 3 или 6; при ширине пролетов 18 м - 4 или 8.

8. Графическая часть работы содержит компоновку цеха и планировку предметно-замкнутого участка.

8.1. Компоновочный план в зависимости от размеров цеха выполняется в масштабе 1:400 или 1:200. Вместо колонн допускается наносить на план только их оси. Предварительно следует решить, в каких пролетах будут расположены мелкие, средние и крупные станки. После этого в каждом пролете пунктиром наносятся продольные проезды шириной 4 м или 2 м.

Расположение проездов должно быть таким, чтобы можно было судить о количестве рядов станков в пролете.

Затем приступают к размещению вспомогательных отделений цеха. Эти отделения не должны перекрывать продольные проходы (проезды).

При размещении вспомогательных отделений учитывают следующие положения:

а) заточное отделение желательно располагать рядом с инструментальной кладовой (ИРК) и кладовой приспособлений в боковом пролете у стены, ближе к середине производственного отделения. Не рекомендуется располагать ИРК в конце цеха. В случае, если в цехе имеется два заточных отделения и две кладовых, то их располагают в боковых пролетах у стен ближе к середине производ-

ственного отделения так, чтобы расстояние от наиболее удаленного рабочего места до одного из них не превышало 100 м и не было бы разрыва между ними и другими вспомогательными отделениями, расположенными у стены в одном из боковых пролетов;

б) заготовительное отделение и склад заготовок располагают смежно в начале цеха. Они отделяются от станочных отделений поперечным магистральным проездом шириной не менее 4 м;

в) помещение ОТК смежно или совместно со складом деталей располагают за станочным отделением. Между ними и станочным отделением устраивают поперечный магистральный проезд шириной не менее 4 м. Контроль крупных деталей должен осуществляться непосредственно на станках или на площадках у этих станков. Центральный проезд пролета, где размещены крупные станки, должен быть свободным до начала сборочного цеха;

г) если в цехе имеется отделение переработки стружки, то его располагают в конце цеха у въездных ворот;

д) ремонтно-механическое отделение, где может производиться сварка и газовая резка, располагают у наружной стены в торце здания или на боковом пролете, где расположены участки крупных станков.

Если расстояние между двумя поперечными магистральными проездами более 60 м, то для сообщений между пролетами создают через каждые 40...60 м дополнительные поперечные проезды шириной 2 м. Эти проезды связывают крайние продольные проезды боковых пролетов.

На компоновочном плане указываются въездные ворота в здание, совмещенные с магистральными проездами. Кроме того, следует указать эвакуационные и транспортные двери во всех вспомогательных отделениях.

На компоновочном плане указываются длина и ширина цеха, сетка и нумерация колонн, названия вспомогательных отделений. Можно обозначить вспомогательные отделения римскими цифрами с их расшифровкой.

На компоновочном плане указывается место расположения предметно-замкнутого участка.

8.2. Планировка рабочих мест предметно-замкнутого участка (с учетом межучастковой кооперации) проводится на отдельном листе в масштабе 1:100.

В зоне цеха, где производится планировка рабочих мест, наносят колонны. В данной работе (при использовании привязки «500» для крайних колонн продольного ряда) принять размеры сечения колонн: крайних – 500×1300 мм; средних – 500×1400 мм. На планировке следует показать расположение станков, тумб, подставок под приспособления (при наличии станков сверлильной и фрезерной групп), мест складирования партии заготовок и обработанных деталей у каждого станка, площадки для промежуточного контроля (если это потребуется).

Размеры тумбочек и подставок под приспособления – 600×600 мм.

Принять расстояние от стен или колонн до задней стороны станков равным 800 мм. Такое же расстояние принять между задними сторонами двух смежных средних рядов станков при четырехрядном расположении их в пролете.

Положение рабочего у станка показать кружком диаметром 500 мм, половину которого, обозначающую спину рабочего, заштриховать. При многостаночном обслуживании станков необходимо показать все его места расположения и перемещение от станка к станку прерывистой линией и стрелкой. Расстояние от спины рабочего до передней стороны станка – 800 мм.

Ширина мест складирования партий заготовок и обработанных деталей у каждого станка на планировке равна расстоянию от спины рабочего до проезда. Длина этих мест в продольном направлении принимается студентом логически.

Зная ширину складского места, максимальный размер обрабатываемых деталей на станках подобного размера (мелкие или средние) и размер партии в 30...45 штук, ориентировочно принять длину складских мест. Площадь каждого места складирования партий заготовок и обработанных деталей принимается равной 1,5...2 м<sup>2</sup>.

На каждом рабочем месте между складскими местами заготовок и обработанных деталей должен быть разрыв шириною

1200...1500 мм. Разрыв между местом для хранения обработанных деталей предыдущего станка и местом для хранения заготовок последующего станка с целью недопущения смешивания деталей и заготовок должен быть не менее 400 мм, а для обеспечения прохода человека при наладке станков – не менее 600 мм.

Длина и расположение этих складских мест определяют расстояние между станками в продольном и поперечном направлениях. Такое положение закономерно, так как нормами на расстояние между станками не учтены площади для хранения партий заготовок и деталей у станка.

Дать монтажную привязку станков к осям колонн. Эта привязка производится либо по осям фундаментных болтов (если станки установлены на фундаменте), либо по осям симметрии станков. Станки в продольном направлении привязывают размером к оси ближайшей колонны.

Станки на схеме материальных потоков можно изобразить прямоугольниками. При планировке обработки однотипных деталей указать цветными линиями: поток заготовок на участок, маршрут обработки заготовок на участке, поток деталей с участка, поток инструментов и поток стружки.

### 3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Порядок выполнения работы:

1. Разработать проект механического цеха, выпускающего детали к токарно-винторезным станкам.

1.1. Годовая программа изделий  $Q = 2100$  шт.;

1.2. Средний вес выпускаемого изделия  $G_x = 37$  кН;

1.3. Станкоёмкость обработки одного кН деталей изделия-представителя  $h_n = 9$  ч;

1.4. Средний вес расчётного изделия-представителя  $G_n = 52$  кН.

2. Разработать планировку предметно замкнутого механического участка изготовления детали типа «Вал-шестерня».

Привести наименования операций в соответствии с технологическим процессом и модели оборудования.

3. Определяем суммарную стоимость обработки деталей заданных изделий на годовую программу.

Определение суммарной стоимости в часах производимого в зависимости от годовой программы  $Q$  и средней массы изделий  $G_x$ , изделия-представителя  $G_n$  и станкоёмкости  $h_n$  обработки 1 т деталей этого изделия.

Суммарная станкоёмкость  $T$  определяется по формулам:

$$T = \frac{G_x h_n Q}{k_B} = \frac{37 \cdot 9 \cdot 2100}{0,797} = 877415,3 \text{ ч,}$$

где

$$k_B = \sqrt[3]{\left(\frac{G_x}{G_n}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{37}{52}\right)^2} = 0,797.$$

4. Определяем расчётное число станков, необходимое для выполнения годовой программы:

$$C = \frac{T}{F_{д.г.}} = \frac{877415,3}{4015} = 218,5 \approx 219 \text{ шт.,}$$

где  $F_{д.г.}$  - действительный годовой фонд времени оборудования при работе его в две смены:

$$F_{д.г.} = 4015 \text{ ч.}$$

Принятое число станков  $S$  в цехе составит:

$$S = \frac{C}{\eta_{\text{заг.ср.}}} = \frac{219}{0,85} = 258 \text{ шт.},$$

где  $\eta_{\text{заг.ср.}}$  - средний коэффициент загрузки станков (для серийного производства принимаем  $\eta_{\text{заг.ср.}} = 0,85$ ).

Принимаем следующее количество станков:

$$S_{\text{пр.}} = 258 \text{ шт.}$$

5. Определяем состав оборудования.

Каждый тип станков принимается в процентном отношении от принятого числа станков в соответствии с машиностроительными нормативами (табл. 6).

Таблица 6

Машиностроительные нормативы для выбора количества станков

№ п/п	Типы станков	Завод токарно-винторезных, специальных и агрегатных станков	Расчетное количество станков	Принятое количество станков
1	Токарно-винторезные	19	49,02	49
2	Токарно-револьверные	4	10,32	10
3	Токарные автоматы и полуавтоматы	2,5	6,45	6
4	Токарно-карусельные	2	5,16	5
5	Расточные	6	15,48	15
6	Координатно-расточные	1,5	3,87	4
7	Сверлильные	10	25,8	26
8	Фрезерные	15	38,7	39
9	Строгальные и долбежные	5	12,9	13
10	Протяжные	1	2,58	3
11	Шлифовальные	12	30,96	31
12	Зубообрабатывающие	6	15,48	15
13	Специальные, агрегатные, автоматы и полуавтоматы	15	38,7	39
14	Отрезные	1	2,58	3
Итого		100	258	258

6. Определяем количество основных производственных и вспомогательных рабочих, МОП, ИТР и СКП.

6.1. Определим число рабочих-станочников по принятому количеству оборудования. Для этого разобьем принятое число станков на три группы (табл. 7).

Таблица 7

Данные для расчета числа рабочих-станочников по группам станков

№ п/п	Типы станков	Завод токарно-винторезных, специальных и агрегатных станков	Принятое количество станков	Принятый коэффициент много-станочного обслуживания, $k_{mi}$
1	Автоматы, полуавтоматы, станки с ЧПУ, агрегатные станки ( $S_1$ )	39,5	102	1,75
2	Зубообрабатывающие станки ( $S_2$ )	6	15	5
3	Остальные станки ( $S_3$ )	54,5	141	1
Итого		100	258	–

Число станочников определяется по формуле:

$$P_{ст.} = \frac{S \cdot F_{д.г.} \cdot \eta_{заг.ср.}}{F_{д.р.} \cdot k_{м.ср.}} = \frac{F_{д.г.} \cdot \eta_{заг.ср.}}{F_{д.р.}} \left( \frac{S_1}{k_{м.1}} + \frac{S_2}{k_{м.2}} + \frac{S_3}{k_{м.3}} \right) =$$

$$= \frac{4015 \cdot 0,85}{1800} \left( \frac{102}{1,75} + \frac{15}{5} + \frac{141}{1} \right) = 383,5 \text{ чел.},$$

где  $F_{д.р.}$  – действительный годовой фонд времени рабочего,  $F_{д.р.} = 1800$  ч.

Принимаем:  $P_{ст.} = 384$  чел.

6.2. Число производственных рабочих с учётом слесарей производственного отделения составит:

$$P_{пр} = (1,03 \dots 1,05) \cdot P_{ст.}$$

Принимаем:  $P_{пр} = 1,04 \cdot P_{ст.} = 1,04 \cdot 384 = 400$  чел.

6.3. Количество вспомогательных рабочих:

$$P_{в} = (0,18 \dots 0,25) \cdot P_{пр.}$$

Принимаем:  $P_B = 0,2 \cdot P_{пр} = 0,2 \cdot 400 = 80$  чел.

6.4. Количество МОП составит:

$$P_{МОП} = (0,02 \dots 0,03) \cdot P_{ц}.$$

Принимаем:

$$P_{МОП} = 0,02 \cdot P_{ц} = 0,02 \cdot (P_{пр} + P_B) = 0,02 \cdot (400 + 80) = 10 \text{ чел.}$$

6.5. Количество ИТР составит:

$$P_{ИТР} = (0,11 \dots 0,13) \cdot P_{ц}.$$

Принимаем:  $P_{ИТР} = 0,12 \cdot P_{ц} = 0,12 \cdot 480 = 58$  чел.

6.6. Количество СКП составит:

$$P_{СКП} = (0,04 \dots 0,05) \cdot P_{ц}$$

Принимаем:  $P_{СКП} = 0,04 \cdot P_{ц} = 0,04 \cdot 480 = 19$  чел.

7. Определяем производственную площадь цеха по общей удельной площади на каждый станок.

Общая удельная площадь на один станок производственного отделения:

$$f_{уд}^{общ} = 29 \dots 34 \text{ м}^2.$$

Принимаем  $f_{уд}^{общ} = 32 \text{ м}^2$ .

$$F_{ИР} = f_{уд}^{общ} \cdot S = 32 \cdot 258 = 8256 \text{ м}^2.$$

8. Определяем площадь вспомогательных отделений.

8.1. Заготовительное отделение.

Укрупнено площадь заготовительного отделения принимается из расчёта 10% от производственной площади:

$$F_{ЗАГ} = 0,1 \cdot F_{ИР} = 0,1 \cdot 8256 \approx 826 \text{ м}^2.$$

8.2. Склад заготовок.

Укрупнено площадь склада заготовок принимается из расчёта 10 % от площади производственного отделения:

$$F_{СКЛ. ЗАГ} = 0,1 \cdot F_{ИР} = 0,1 \cdot 8256 \approx 826 \text{ м}^2.$$

8.3. Промежуточный склад для хранения готовых деталей.

Укрупнено площадь склада готовых деталей принимается из расчёта 8...9% от площади производственного отделения:

$$F_{СКЛ. ДЕТ} = (0,08 \dots 0,09) \cdot F_{ИР}.$$

Принимаем  $F_{СКЛ. ДЕТ} = 0,08 \cdot F_{ИР} = 0,08 \cdot 8256 \approx 661 \text{ м}^2$ .

8.4. Отделение технического контроля.

Укрупнено площадь ОТК принимается из расчёта 3...5 % от площади производственного отделения:

$$F_{\text{ОТК}} = (0,03...0,05) \cdot F_{\text{ПР}}$$

Принимаем  $F_{\text{ОТК}} = 0,04 \cdot F_{\text{ПР}} = 0,04 \cdot 8256 \approx 330 \text{ м}^2$ .

#### 8.5. Заточное отделение.

Площадь заточного отделения рассчитываем по удельной площади на один станок отделения:

$$f_{\text{уд}}^{\text{ЗАТ}} = 10...12 \text{ м}^2.$$

Принимаем  $f_{\text{уд}}^{\text{ЗАТ}} = 11 \text{ м}^2$ .

Число станков отделения составляет 4...6 % от числа станков, нуждающихся в обслуживании заточным отделением. Число станков, обслуживаемых заточным отделением ( $S_{\text{ОБСЛ.ЗАТ}}$ ) – это принятое число станков ( $S$ ) за вычетом протяжных ( $S_{\text{ПРОТ}}$ ), шлифовальных ( $S_{\text{ШЛ}}$ ) и зубообрабатывающих ( $S_{\text{ЗО}}$ ) станков:

$$S_{\text{ЗАТ}} = (0,04...0,06) \cdot S_{\text{ОБСЛ.ЗАТ}}$$

$$S_{\text{ОБСЛ.ЗАТ}} = S - S_{\text{ПРОТ}} - S_{\text{ШЛ}} - S_{\text{ЗО}} = 258 - 3 - 31 - 15 = 211 \text{ шт.}$$

Принимаем:  $S_{\text{ЗАТ}} = 0,045 \cdot S_{\text{ОБСЛ.ЗАТ}} = 0,045 \cdot 211 = 10 \text{ шт.}$

$$F_{\text{ЗАТ}} = f_{\text{уд}}^{\text{ЗАТ}} \cdot S_{\text{ОБСЛ.ЗАТ}} = 11 \cdot 10 = 110 \text{ м}^2.$$

При числе станков, обслуживаемых заточкой более 200 шт., в цехе предусматривают два заточных отделения, то есть площадь каждого из них равна половине расчетной  $F_{\text{ЗАТ1}} = F_{\text{ЗАТ2}} = 55 \text{ м}^2$ .

#### 8.6. Ремонтно-механическое отделение.

Площадь ремонтно-механического отделения рассчитываем по удельной площади на один станок отделения:

$$f_{\text{уд}}^{\text{РМО}} = 28...30 \text{ м}^2.$$

Принимаем  $f_{\text{уд}}^{\text{РМО}} = 30 \text{ м}^2$ .

Число станков отделения составляет 3,5...5 % от принятого числа станков:

$$S_{\text{РМО}} = (0,035...0,05) \cdot S.$$

Принимаем:  $S_{\text{РМО}} = 0,04 \cdot S = 0,04 \cdot 258 = 11 \text{ шт.}$

$$F_{\text{РМО}} = f_{\text{уд}}^{\text{РМО}} \cdot S_{\text{РМО}} = 30 \cdot 11 = 330 \text{ м}^2.$$

#### 8.7. Отделение по ремонту приспособлений.

Площадь отделения по ремонту приспособлений рассчитываем по удельной площади на один станок отделения:

$$f_{уд}^{ОРП} = 17...22 \text{ м}^2.$$

Принимаем  $f_{уд}^{ОРП} = 20 \text{ м}^2$ .

Число станков отделения составляет 1,5...4 % от принятого числа станков:

$$S_{ОРП} = (0,015...0,04) \cdot S.$$

Принимаем:  $S_{ОРП} = 0,03 \cdot S = 0,03 \cdot 258 = 8 \text{ шт.}$

$$F_{ОРП} = f_{уд}^{ОРП} \cdot S_{ОРП} = 20 \cdot 8 = 160 \text{ м}^2.$$

8.8. Отделение по переработке стружки.

Укрупнено площадь отделения по переработке стружки можно принять в размере 100...120 м<sup>2</sup>.

Принимаем  $F_{СТРУЖ} = 110 \text{ м}^2$ .

8.9. Отделение по приготовлению и раздачи СОЖ.

Укрупнено площадь отделения по приготовлению и раздачи СОЖ можно принять в размере 100...120 м<sup>2</sup>.

Принимаем  $F_{СОЖ} = 110 \text{ м}^2$ .

8.10. Инструментально-раздаточная кладовая.

При расчете площади инструментальной кладовой ( $F_{ИРК}$ ) удельная площадь на каждый станок цеха ( $S_{Ц}$ ) в условиях среднесерийного производства равна 0,4 м<sup>2</sup> и на каждого слесаря цеха – 0,15 м<sup>2</sup>. Число станков цеха равно сумме принятого числа станков ( $S$ ) и станков заточного ( $S_{ЗАТ}$ ) и ремонтно-механического отделений ( $S_{РМО}$ ), а также отделения по ремонту приспособлений ( $S_{ОРП}$ ).

Количество слесарей цеха ( $P_{СЛ.Ц}$ ) равно сумме слесарей производственного отделения и 60 % вспомогательных рабочих ( $P_{В}$ ):

$$F_{ИРК} = 0,4 \cdot S_{Ц} + 0,15 \cdot P_{СЛ.Ц}.$$

$$S_{Ц} = S + S_{ЗАТ} + S_{РМО} + S_{ОРП} = 258 + 10 + 11 + 8 = 287 \text{ шт.}$$

$$P_{СЛ.Ц} = P_{ПР} - P_{СТ} + 0,6 \cdot P_{В} = 400 - 384 + 0,6 \cdot 80 = 64 \text{ чел.}$$

$$F_{ИРК} = 0,4 \cdot 287 + 0,15 \cdot 64 = 124 \text{ м}^2.$$

Так как в цехе устраиваем два заточных отделения, поэтому организуем и две инструментально-раздаточных кладовых. При этом площадь каждой из них равна половине расчетной:

$$F_{ИРК1} = F_{ИРК2} = 62 \text{ м}^2.$$

9. Площадь цеха составляет:

$$\begin{aligned} F_{\text{Ц}} &= F_{\text{ПР}} + F_{\text{ЗАГ}} + F_{\text{СКЛ.ЗАГ}} + F_{\text{СКЛ.ДЕТ}} + F_{\text{ОТК}} + F_{\text{ЗАТ}} + \\ &+ F_{\text{РМО}} + F_{\text{ОРП}} + F_{\text{СТР}} + F_{\text{СОЖ}} + F_{\text{ИРК}} = \\ &= 8256 + 826 + 826 + 661 + 330 + 110 + \\ &+ 330 + 160 + 110 + 110 + 124 = 11843 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Принимаем ширину цеха:  $B = 72 \text{ м}$ .

Тогда длина цеха:

$$L_{\text{Ц}} = \frac{F_{\text{Ц}}}{B} = \frac{11843}{72} = 164,5 \text{ м}.$$

Принимаем длину цеха:  $L_{\text{Ц}} = 168 \text{ м}$ , что кратно 12-метровому шагу колонн.

При этом количество унифицированных типовых секций ( $K_{\text{УТС}}$ ), из которых компонуется одноэтажное производственное здание с полным каркасом, при длине секции  $L_{\text{УТС}} = 72 \text{ м}$  составит:

$$K_{\text{УТС}} = \frac{L_{\text{Ц}}}{L_{\text{УТС}}} = 2,33.$$

Принимаем количество унифицированных типовых секций:

$$K_{\text{УТС}} = 3.$$

10. На рис. 1 приводится компоновка механического цеха с указанием материальных потоков, показывающих взаимосвязь предметно-замкнутого участка со вспомогательными подразделениями цеха.

На компоновке цеха указывается место расположения предметно-замкнутого участка, которое выбирается из следующих соображений. Так как расположение остальных механических участков цеха не известно, то расположим проектируемый предметно-замкнутый участок в начале цеха у поперечного 4-метрового проезда. При этом возможны следующие шесть вариантов:

а) в верхнем пролете между стеной (ряд колонн А) и центральным 2-метровым проходом;

б) в верхнем пролете между центральным 2-метровым проходом и рядом колонн Б;

в) в среднем пролете между рядом колонн Б и центральным 2-метровым проходом;

г) в среднем пролете между центральным 2-метровым проходом и рядом колонн В;

д) в нижнем пролете между рядом колонн В и центральным 2-метровым проходом;

е) в нижнем пролете между центральным 2-метровым проходом и стеной (ряд колонн Г).

Для примера выберем вариант (г).

Длина предметно-замкнутого участка уточняется после разработки его планировки с учетом того, что его ширина составит расстояние от продольной оси расположения колонн до внутрицехового проезда (10...11 м). Примерная площадь механического участка определяется по формуле:

$$F_{\text{уч}} = f_{\text{уд}}^{\text{общ}} \cdot S_{\text{уч}},$$

где  $f_{\text{уд}}^{\text{общ}}$  - удельная площадь на один станок производственного участка,  $f_{\text{уд}}^{\text{общ}} = 29...34 \text{ м}^2$ ,

$S_{\text{уч}}$  – количество станков на производственном участке.

11. В соответствии с выбранной последовательностью технологии обработки деталей типа «Вал-шестерня» и технологического оборудования (табл. 8), а также разработанной схемой материальных потоков по перемещению заготовок, деталей, инструмента стружки и СОЖ (Рис. 2, 3), разрабатывается планировка предметно-замкнутого механического участка для изготовления деталей типа «Вал-шестерня» на листе формата А4 в масштабе 1:100 с использованием:

- условных обозначений (Приложение 1);
- норм на размеры ширины проездов (Приложение 2);
- вариантов расположения станков друг относительно друга (Приложение 3);
- норм на расстояния между станками и от станков до стен и колонн здания (Приложение 4);
- темплетов станков (Приложение 5).

При этом вычерчивается выбранное место расположения предметно-замкнутого участка в механическом цехе с указанием соответствующих привязке осей колонн (в данном примере это продольный ряд В и поперечный ряд 4).

Таблица 8

*Последовательность технологии обработки детали «Вал-шестерня»*

№	Операция	Станок	Количество
005	Фрезерно-центровальная	МР71	1 станок
010	Токарная	16К20	2 станка
015	Токарная с ЧПУ	16Б16Т1	2 станка
020	Зубофрезерная	5К310	1 станок
025	Круглошлифовальная	ЗБ161	1 станок
030	Круглошлифовальная	ЗБ161	1 станок

Схема материальных потоков и планировка предметно-замкнутого механического участка разрабатываются с учетом наличия межучастковой кооперации.

В соответствии с учетом наличия межучастковой кооперации заготовки поступают на предметно-замкнутый участок от фрезерно-центровального станка модели МР71, расположенного в заготовительном отделении.

После проведения токарной обработки на универсальных токарных станках с ручным управлением модели 16К20 и токарных станках с ЧПУ модели 16Б16Т1 заготовки передаются на участок зубообрабатывающих станков на зубофрезерный станок модели 5К310, а затем возвращаются на участок для шлифовальной обработки на станках модели ЗБ161.

Обслуживание токарных станков с ЧПУ модели 16Б16Т1 осуществляется одним рабочим-оператором.

Остальные станки на участке обслуживаются каждый своим рабочим-станочником.

Состав и структура управления механического цеха представлены на рис. 4, 5.

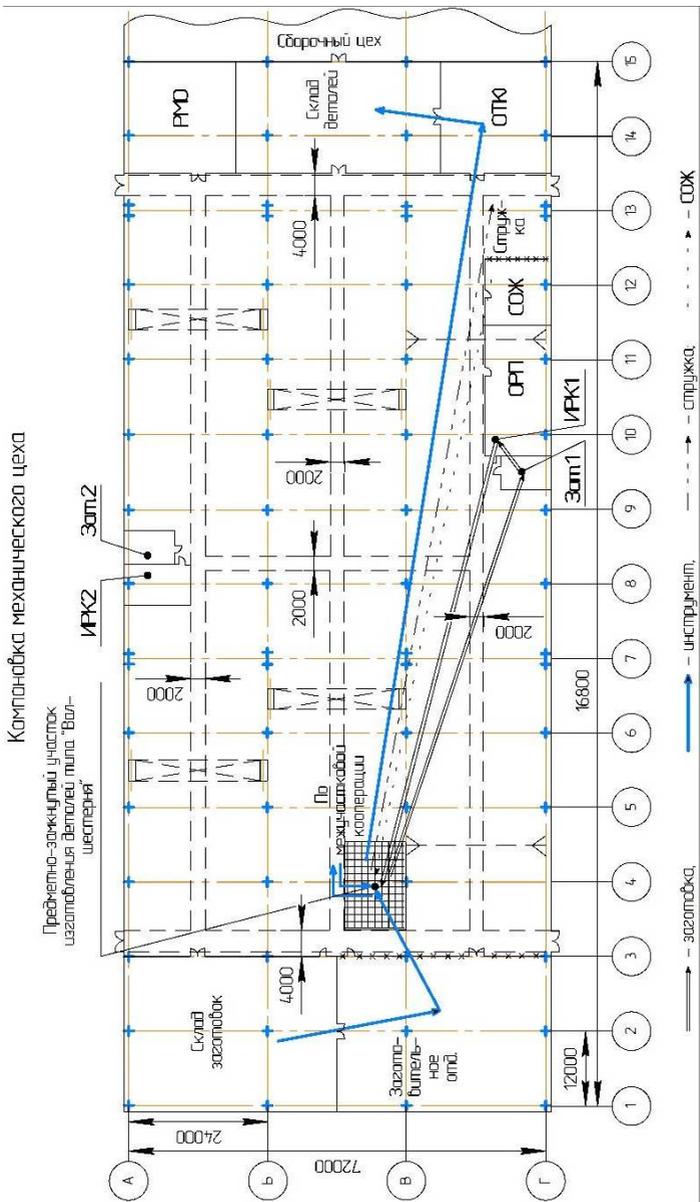


Рис. 1. Пример компоновки механического цеха

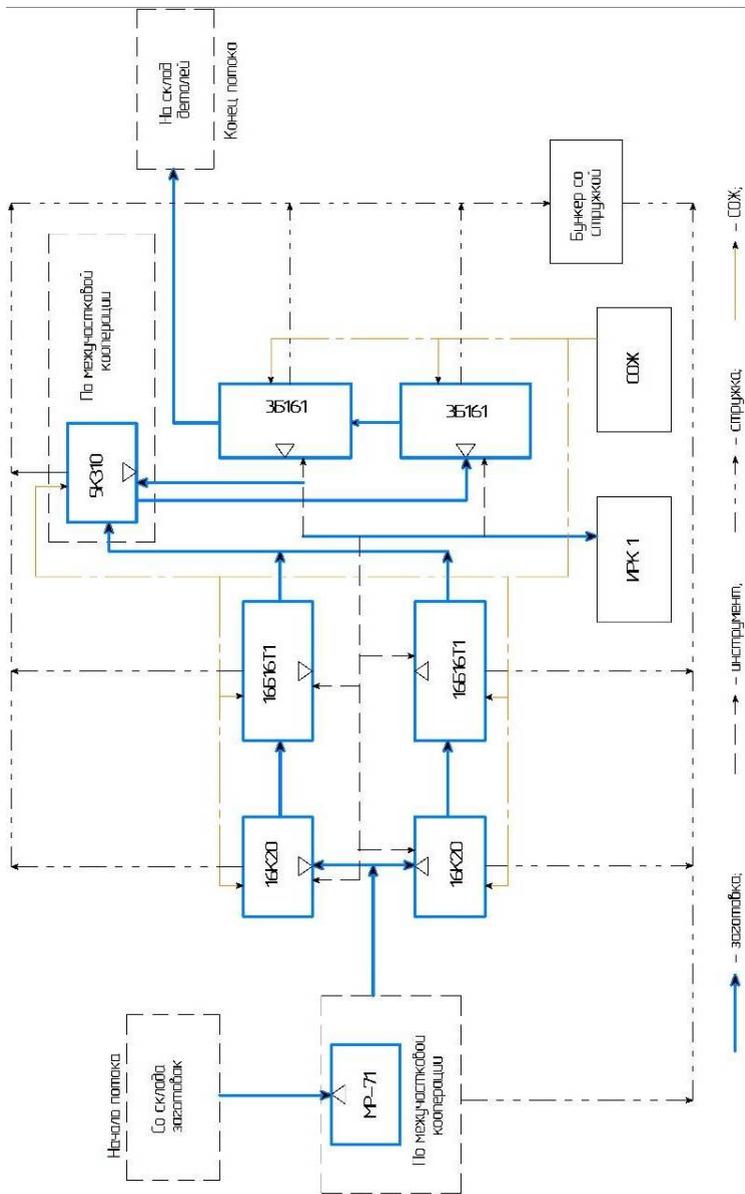


Рис. 2. Пример схемы материальных потоков предметно-замкнутого механического участка

Планировка предметно-закнутого участка изготовления деталей типа "Вол-шестерня"

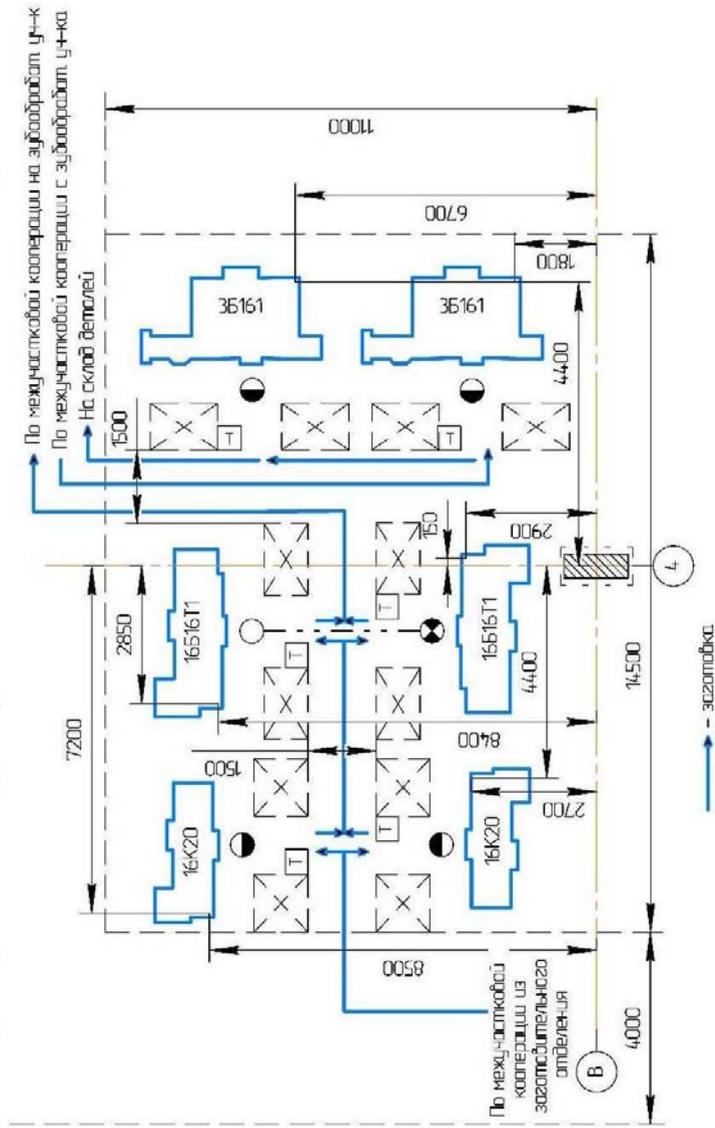


Рис. 3. Пример планировки участка

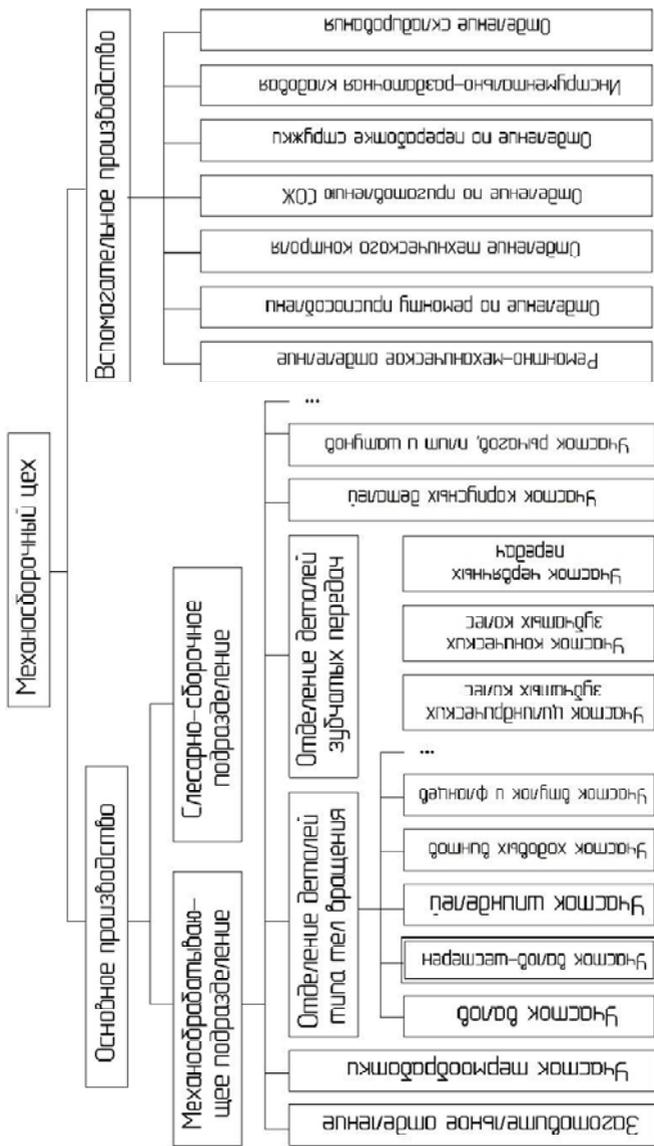


Рис. 4. Состав механосборочного цеха



При составлении компоновки следует руководствоваться следующими положениями:

1. 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.

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 этажа, располагают на чертеже.

2. При разработке компоновки отделения и участка цеха необходимо располагать в определенной технологической последовательности производственного процесса. В основу компоновки цеха закладывают следующие принципы:

- 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 узловой или общей сборки;
- рациональное использование всей площади цеха. Высоту здания следует использовать для размещения транспортных устройств и складов заготовок, деталей и комплектующих изделий;
- максимальные удобства для работы и отдыха производственного персонала при одновременном обеспечении высокой производительности технологических процессов и техники безопасности;
- возможность создания обще корпусных вспомогательных баз (заточного отделения, мастерской по ремонту технологической оснастки и инструмента, ремонтной базы и др.).

3. Производственные и вспомогательные цехи можно размещать в отдельно стоящих или сблокированных зданиях. Цех разме-

щают в отдельно стоящем здании, как правило, только в тяжелом и особо тяжелом машиностроении.

Объединение (блокирование) цехов, связанных общим производственным процессом, и размещение их в одном здании, обеспечивает более высокие технологические показатели и уменьшает площадь заводской территории.

4. 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.

5. 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.

6. 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 основном не поточном 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.

7. При проектировании новых цехов административно-конторские и санитарно-бытовые помещения следует размещать во

вспомогательном здании, примыкающем к основному производственному зданию или расположенному во вставках производственного корпуса. При этом следует руководствоваться 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 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 умывальных;
- санузлы в многоэтажных зданиях должны быть на каждом этаже; курительные следует размещать смежно с санузлами;
- расстояние от рабочих мест до помещений общественного питания при продолжительности обеда 30 мин не должно превышать 300 м;
- медицинский пункт располагают на первом этаже вспомогательного здания вблизи наиболее многолюдных участков;
- административно-конторские помещения в многоэтажном здании следует располагать на 2 или 3 этаже;
- контору цеха размещают вблизи кабинетов начальника цеха и его заместителей.

8. 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;

- в соответствии с выбранным направлением грузопотоков и людских потоков устанавливаются внутрицеховые технологические и противопожарные проезды и проходы;

- определяют местоположение вспомогательного здания и наносят его на план.

9. Площадь цеха по своему назначению делят на производственную, вспомогательную, санитарно-бытовую и административно-конторскую.

К производственной площади механического цеха относят площади:

- поточных и автоматических линий, гибких производственных систем и участков;

- основных (производственных) отделений и участков станочного, моечного, термического и другого технологического оборудования;

- основных отделений и участков промежуточной, узловой и общей сборки изделий;

- основных отделений и участков окраски и сушки деталей, узлов и изделий;

- отделений и участков испытаний, консервации и упаковки узлов и изделий.

В состав производственных площадей участков изготовления деталей входят:

- площади, занятые металлорежущими станками, прессами, термическим и моечным оборудованием, автоматическими и поточными механизированными линиями, гибкими производственными системами и другим технологическим оборудованием с учетом пультов управления, электрошкафов, систем подачи и очистки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и др.;

- площади, используемые для размещения разметочных плит, верстаков и рабочих столов разметчиков, инструментальных шкафов (тумбочек, столиков), этажерок для хранения материалов, заготовок;

- площади, необходимые для технического обслуживания оборудования в период его эксплуатации и ремонта;

- площади для контроля и временного хранения межоперационных заделов заготовок и деталей;
- площади, занятые межоперационными транспортными и грузовыми наземными устройствами;
- площади проходов и проездов.

## **Рекомендуемый библиографический список**

### **Основная литература**

1. Вороненко В.П. Проектирование машиностроительного производства: учеб. / В.П. Вороненко, М.С. Чепчуров, А.Г. Схиртладзе. - СПб: Лань, 2017. - 416 с.

<https://e.lanbook.com/book/93588>

2. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств: учеб. / В.А. Тимирязев [и др.]. - СПб: Лань, 2014. - 384 с.

<https://e.lanbook.com/book/50682>

3. Системы управления инновационно-инвестиционной деятельностью промышленных организаций и подготовка машиностроительного производства: монография / Р.С. Голов [и др.]. — М: Дашков и К, 2014. - 448 с.

<https://e.lanbook.com/book/61063>

### **Дополнительная литература**

1. Прогрессивные технологии машиностроительных производств: сб. науч. тр. / С.Н. Григорьев [и др.]. - М: Горная книга, 2011. - 106 с.

<https://e.lanbook.com/book/49691>

2. Короткова Л.П. Контроль качества материалов (в машиностроительном производстве): учеб. пособие / Л.П. Короткова, Д.Б. Шатько, Д.М. Дубинкин. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. - 171 с.

<https://e.lanbook.com/book/6662>

3. Должиков В.П. Технологии наукоемких машиностроительных производств: учеб. пособие - СПб: Лань, 2016. - 304 с.

<https://e.lanbook.com/book/81559>

4. Полетаев В.А. Проектирование технологических процессов автоматизированного машиностроительного производства: учеб. пособие / В.А. Полетаев, И.С. Сыркин. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2010. - 124 с.

<https://e.lanbook.com/book/6608>

5. Савенков Д.Л. Практика внедрения «бережливого производства» на промышленных предприятиях машиностроительного комплекса России. - М: Финансы и статистика, 2006. - 224 с.

<https://e.lanbook.com/book/65886>

### **Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana:  
<http://www.europeana.eu/portal>

2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).

3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

4. Научная электронная библиотека «Scopus»  
<https://www.scopus.com>

5. Научная электронная библиотека ScienceDirect:  
<http://www.sciencedirect.com>

6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»:  
<https://elibrary.ru/>

<https://e.lanbook.com/books>

7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.

8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).

9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

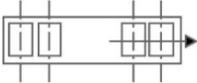
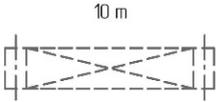
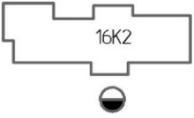
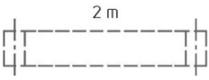
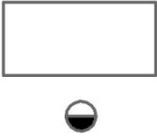
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»  
[www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>
14. Электронно-библиотечная система:  
<http://www.sciteclibrary.ru/>

## Приложение 1

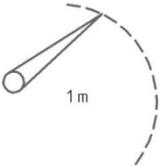
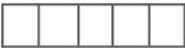
### Условные обозначения, применяемые на планировках участков и цехов

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Колонны в зданиях: а) бескрановых; б) крановых	<p style="text-align: center;">а)      б)</p>	Кран-штабелер автоматизированный	
Ворота распашные		Тележка транспортная	
Ворота откатные		Конвейер подвесной цепной	
Дверь		Промышленный робот	
Канал для транспортирования стружки		Транспортер ленточный	

Продолжение прил. 1

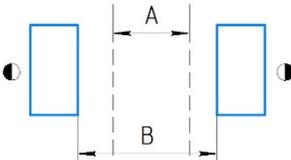
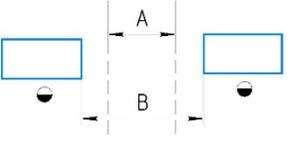
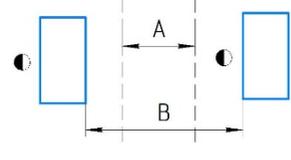
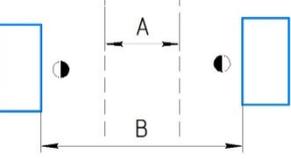
Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Место складирования заготовок или деталей		Транспортер роликовый	
Тумбочка Подставка под приспособления		Транспортер цепной	
Кран мостовой		Технологическое оборудование	
Мостовой (опорный) однобалочный кран		Желоб, склиз с тарой под стружку	
Подвесной однобалочный (кран-балка) кран с электроталью		Место рабочего	

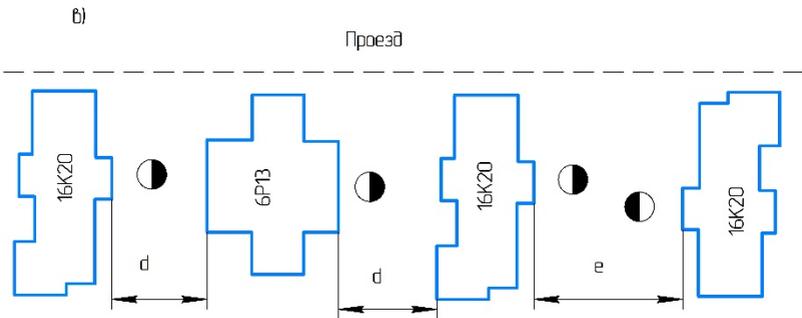
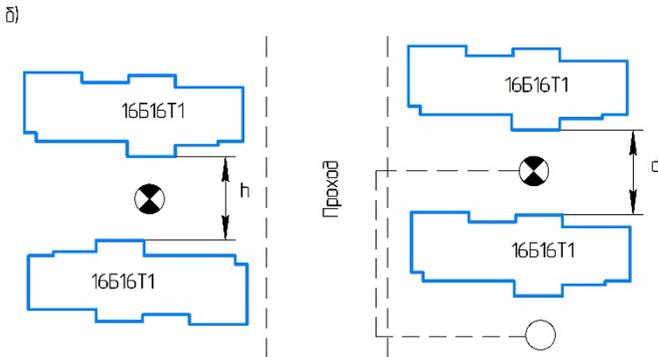
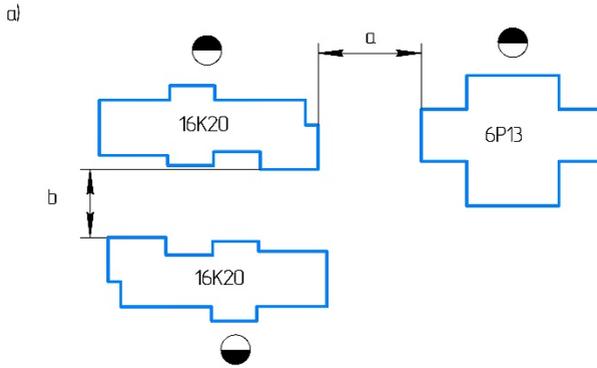
Продолжение прил. 1

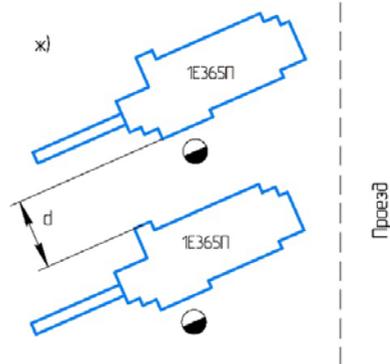
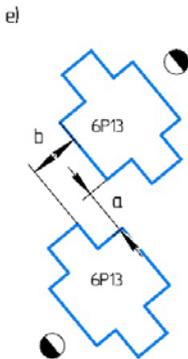
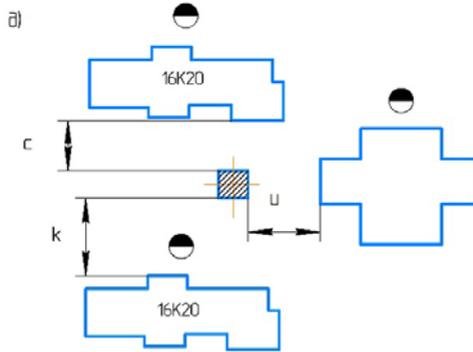
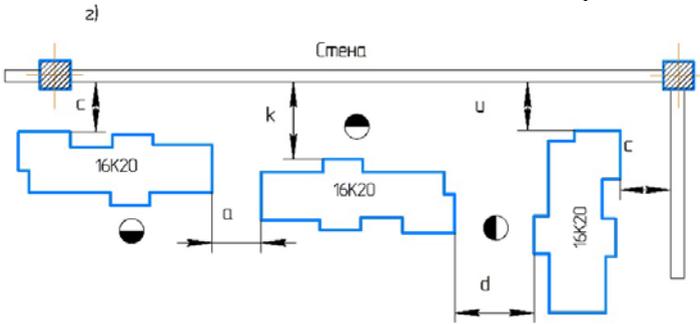
Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Шарнирно-балансирующий кран (ШБК)		Многостаночное обслуживание	
Стеллаж многоярусный однорядный		Схема потоков: Заготовок-деталей - Инструмента - СОЖ - Стружки -	

## Приложение 2

*Нормы ширины проездов и расстояний между рядами станков  
при транспортировании деталей погрузчиками с вилами  
(одностороннее движение)*

Расположение проездов	Грузоподъемность тары, т					
	До 0,63		До 1,0		До 3,2	
	Расстояние, мм					
	А	В	А	В	А	В
	2500	3000	3000	3500	4000	4500
	2500	3000	3000	4500	4000	4500
	2500	3800	3000	4300	4000	5300
	2500	4500	3000	5000	4000	5300





## Приложение 4

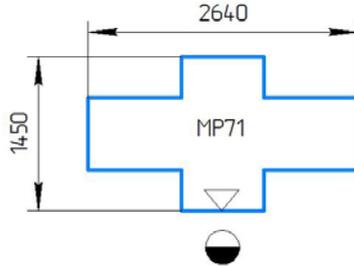
### *Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн зданий, мм*

№ рис.	Расстояния	Станки с габаритными размерами, м		
		До 1,8×0,6	До 4,0×2,0	До 8,0×4,0
а	Между станками по фронту <b>а.</b>	700	900	1200
	Между тыльными сторонами станков <b>б.</b>	700	800	1000
б	Между двумя станками в разворот при обслуживании одним оператором-наладчиком – <b>в.</b>	1300	1500	1800
	Между двумя станками при обслуживании одним оператором-наладчиком – <b>д.</b>	1300	1500	1800
в	Между станками при расположении их «в затылок» - <b>е.</b>	1300	1500	1800
	Между станками при расположении их фронтом один к другому – <b>ж.</b>	2000	2500	2800
г	Между стеной до тыльной стороны станка – <b>з.</b>	700	800	900
	Между стеной до тыльной стороны станка – <b>и.</b>	1300	1500	1800
	Между стеной до боковой стороны станка – <b>к.</b>	700	800	900
д	Между колонной и тыльной стороной станка – <b>л.</b>	700	800	900
	Между колонной и фронтом станка – <b>м.</b>	1300	1500	1800
	Между колонной и боковой стороной станка – <b>н.</b>	700	800	900
е	Между станками по фронту <b>а.</b>	700	900	1200
	Между тыльными сторонами станков <b>б.</b>	700	800	1000

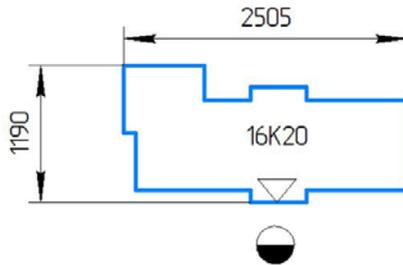
Продолжение прил. 4

№ рис.	Расстояния	Станки с габаритными размерами, м		
		До 1,8×0,6	До 4,0×2,0	До 8,0×4,0
ж	Между станками при расположении их «в затылок» - <b>d.</b>	1300	1500	1800

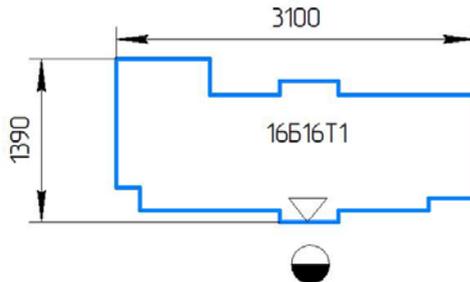
1. Фрезерно-центровальный полуавтомат мод. МР71



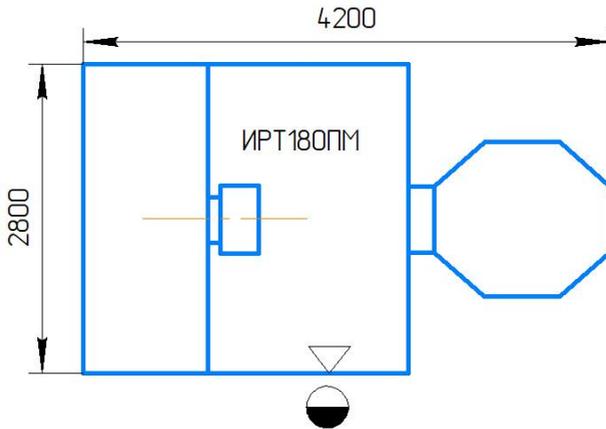
2. Токарно-винторезный универсальный станок мод. 16K20



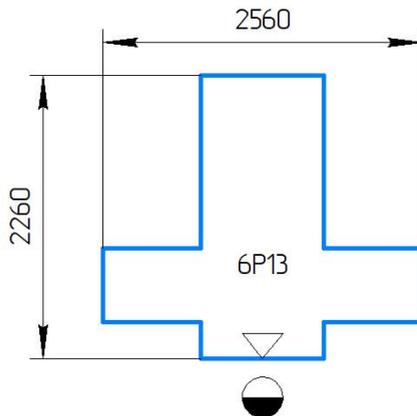
3. Токарный станок с ЧПУ мод. 16Б16Т1



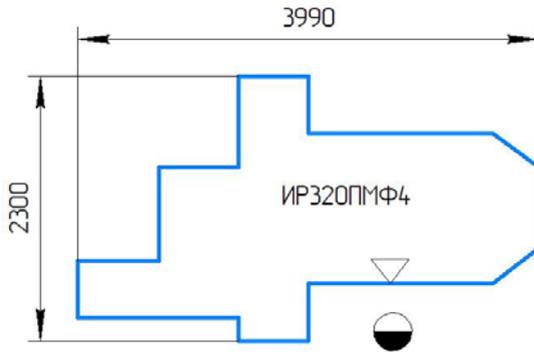
4. Токарный многоцелевой станок мод. ИРТ180ПМФ4



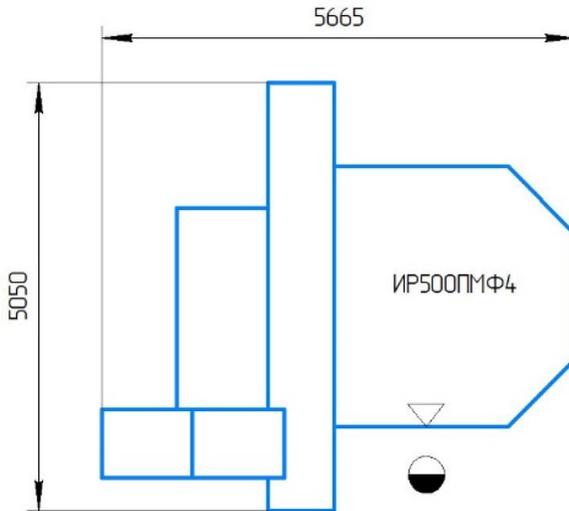
5. Вертикально-фрезерный консольный станок мод. 6Р13



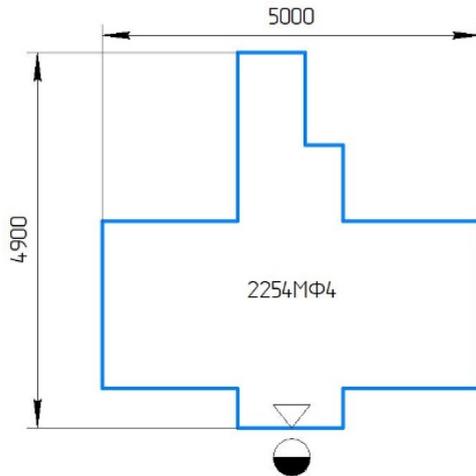
6. Многоцелевой горизонтальный станок мод. ИР320ПМФ4



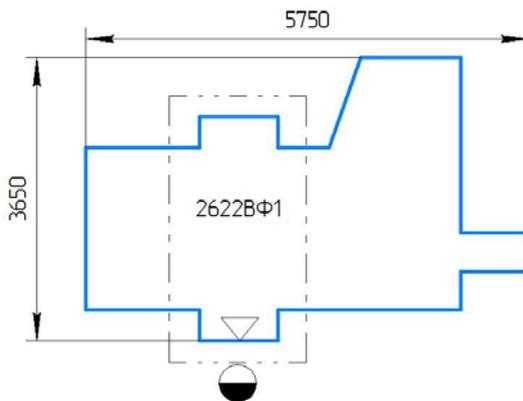
7. Многоцелевой горизонтальный станок мод. ИР500ПМФ4



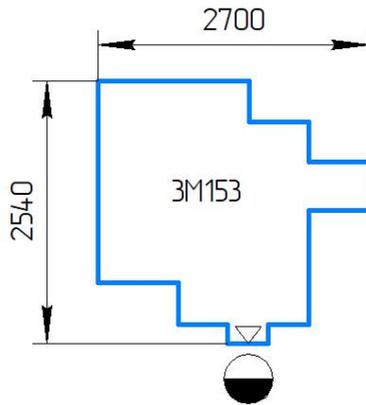
8. Многоцелевой вертикальный станок мод. 2254МФ4



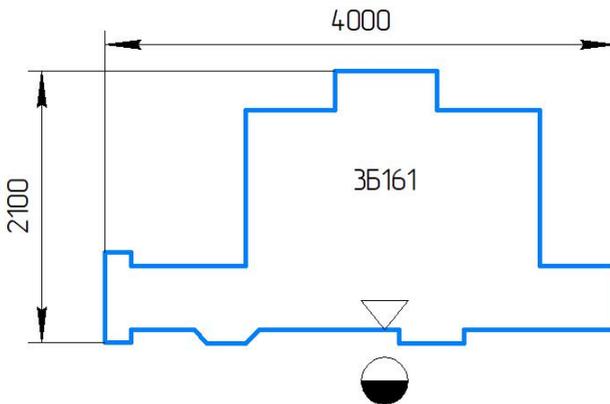
9. Горизонтально-расточной станок мод. 2622ВФ1



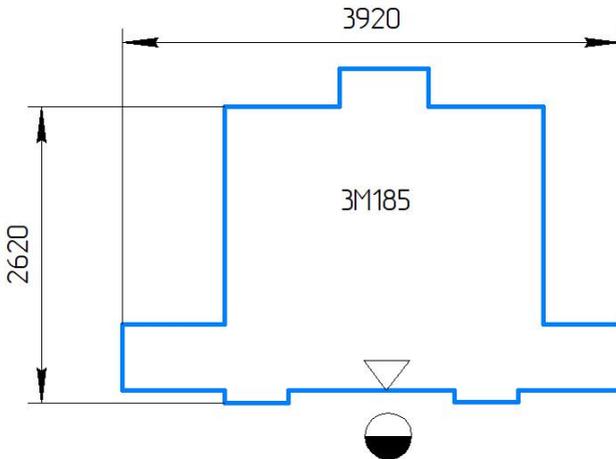
10. Круглошлифовальный станок мод. 3М153



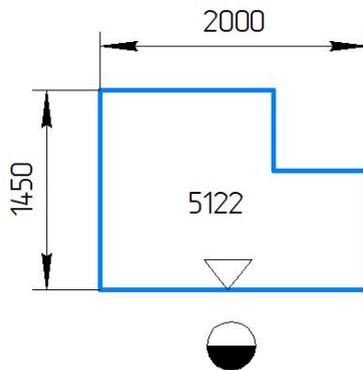
11. Круглошлифовальный станок мод. 3Б161



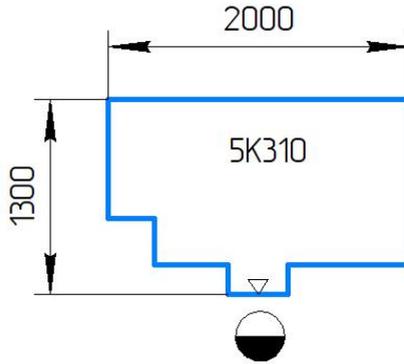
12. Бесцентрово-шлифовальный полуавтомат мод. 3М185



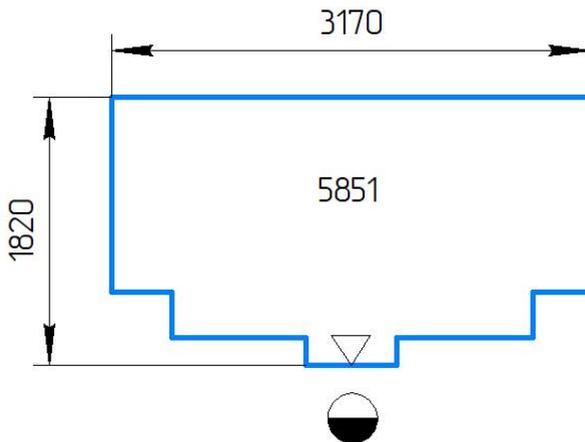
13. Зубодолбежный автомат мод. 5122



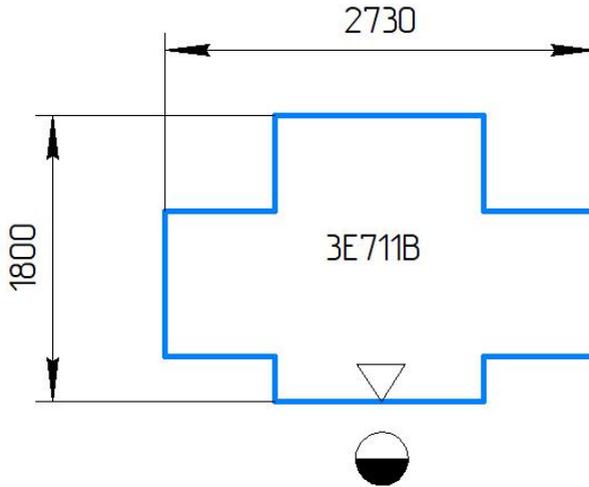
14. Зубофрезерный полуавтомат 5К310



15. Зубошлифовальный полуавтомат 5851



16. Плоскошлифовальный станок мод. 3E711B



## Содержание

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	3
2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ.....	4
3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	17
Рекомендуемый библиографический список .....	35
Приложение 1.....	38
Приложение 2.....	41
Приложение 3.....	42
Приложение 4.....	44
Приложение 5.....	46

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

*Методические указания к выпускной квалификационной работе  
для студентов бакалавриата направления 15.03.01*

Сост.: *В.В. Максаров, А.Д. Халимоненко, Е.Г. Злотников*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
машиностроения

Ответственный за выпуск *В.В. Максаров*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 21.05.2019. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 3,1. Усл.кр.-отт. 3,1. Уч.-изд.л. 2,6. Тираж 75 экз. Заказ 473. С 175.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2