

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

к выполнению курсового проектирования по дисциплине

«Проектирование механических устройств»

для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и
производств

направленность (профиль) Информационно-управляющие системы

Невинномысск 2023

Методические указания составлены в соответствии с программой по дисциплине «Проектирование механических устройств». В методических указаниях приводятся теоретическое обоснование курсового проектирования, указаны методики их выполнения, требования к оформлению отчета, приведены вопросы для защиты проектов.

В приложении приведены статистические таблицы, необходимые для обработки данных и варианты заданий для выполнения работ.

Настоящие указания разработаны для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры ХТМиАХП и рекомендованы к внутривузовскому изданию.

Составил доцент А.И. Свидченко

Рецензент доц. А.М. Новоселов

Задание на курсовой проект и методические указания к его выполнению

1. Задание на курсовой проект и общие указания

При изучении курса «Проектирование машиностроительных производств» студенты выполняют курсовую работу, включающую в себя расчет и проектирование механического цеха по изготовлению деталей к металлорежущим станкам с вычерчиванием его компоновки, а также разработку планировки предметно-замкнутого участка изготовления деталей определенного типа. Проектирование цеха и участка проводится для условий среднесерийного выпуска продукции.

Исходные данные для проектирования механического цеха определяются студентом по цифрам шифра зачетной книжки в соответствии с данными табл. 1.

Таблица 1

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										
Средняя масса G_x выпускаемого изделия, кН	41	39	36	43	44	41	40	42	44	45
последняя цифра шифра студента										
Станкоемкость 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										
Средняя масса G_n изделия расчетного представителя, кН	56	50	49	48	47	46	45	40	39	38
последняя цифра шифра студента										
Номер технологического	1	5	3	4	2	1	3	5	2	4

процесса										
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Тип металлорежущих станков, выпускаемых предприятием, к которым проектируемый механический цех изготавливает детали, определяется студентом по последней цифре шифра зачетной книжки в соответствии с данными табл. 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра студента	Тип станков, выпускаемых 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

Выбранный тип станков, выпускаемых предприятием, определяет состав оборудования механического цеха в соответствии с данными табл. 5, приведенной в параграфе 3.2.

Проектирование механического цеха проводится по технико-экономическим показателям.

Номер технологического процесса, тип детали и последовательность ее изготовления приводятся в табл. 3. При анализе технологического процесса студент должен определить, какие станки целесообразно вынести за пределы предметно-замкнутого участка и где они должны располагаться.

Курсовая работа должна содержать пояснительную записку на 10...12 страницах и графический материал, выполненный в масштабе на миллиметровой бумаге любого размера. Студент должен 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 стружке.

Таблица 3

Номер технологического процесса	Тип детали	Последовательность обработки детали по технологическому процессу	Технологическое оборудование	Число ед.
1	Вал-шестерня	005 Фрезерно-центровальная* 010 Токарная 015 Токарная с ЧПУ 020 Зубодолбежная* 025 Бесцентровошлифовальная 030 Круглошлифовальная	MP71 16K20 16Б16Т1 5122 3М185 3М153	1 1 2 1 1 2
2	Вал-шестерня	005 Фрезерно-центровальная* 010 Токарная 015 Токарная с ЧПУ 020 Зубофрезерная* 025 Зубошлифовальная*	MP71 16K20 16Б16Т1 5К310 5851	1 2 4 1 1
3	Корпус	005 Фрезерная 010 Фрезерная 015 Координатно-расточная 020 Плоскошлифовальная 025 Круглошлифовальная	6P13 ИР320ПМФ4 2254ВМФ4 3Е711В 3М153	1 2 1 1 1
4	Корпус планетарного механизма	005 Фрезерная 010 Фрезерная 015 Горизонтально-расточная 020 Зубодолбежная* 025 Круглошлифовальная	6P13 ИР500ПМФ4 2622ВФ1 5122 3Б161	2 2 1 1 1
5	Ось	005 Фрезерно-центровальная* 010 Токарная 015 Токарная с ЧПУ 020 Круглошлифовальная 025 Плоскошлифовальная	MP71 16K20 ИРТ180ПМФ4 3Б161 3Е711В	1 2 2 1 1

* – рассмотреть вопрос о межучастковой кооперации

2. Методические указания к выполнению курсового проекта

В пояснительной записке обоснования и расчеты выполняются в следующей последовательности:

1. Определение суммарной станкочасовой нормы производится в зависимости от годовой программы Q и средней массы изделий G_x , изделия-представителя G_n и станкочасовой нормы h_n обработки 1 кН деталей этого изделия, приведенных в табл. 1. Суммарная станкочасовая норма T определяется по формуле

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

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

2. Определяется расчетное число станков, необходимое для выполнения годовой программы

$$C = \frac{T}{F_{\partial.2}},$$

где $F_{\partial.2}$ - действительный годовой фонд времени оборудования (см. табл. 4)

при его работе в одну, две или три смены, ч.

Таблица 4

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

Принятое число станков S производственного отделения составит

$$S = \frac{C}{\eta_{\text{заг.сп}}}, \text{ шт.},$$

где $\eta_{\text{заг.сп}}$ - 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 в соответствии с рекомендациями [3], приведенными в табл. 5.

Таблица 5

№ 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 производственных и вспомогательных рабочих, МОП, ИТР и СКП.

Число станочников определяется по формуле:

$$P_{ст} = \frac{S \cdot F_{д.г} \cdot \eta_{заг.сп}}{F_{д.р} \cdot k_{м.сп}} = \frac{F_{д.г} \cdot \eta_{заг.сп}}{F_{д.р}} \cdot \left(\frac{S_1}{k} + \frac{S_2}{k_{м2}} + \frac{S_3}{k_{м3}} \right), \text{ чел.},$$

m_1

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

(при 24 дневном отпуске);

$k_{м.сп}$ - средний коэффициент многостаночного обслуживания по цеху;

S_1 - число токарных автоматов и полуавтоматов, станков с ЧПУ и агрегатных станков, у которых $k_{M1} = 1,5 \dots 2$;

S_2 - число зубообрабатывающих станков, у которых $k_{M2} = 3 \dots 5$;

S_3 - число всех остальных станков, у которых $k_{M3} = 1$.

При этом $S_1 + S_2 + S_3 = S$.

Число производственных рабочих с учетом слесарей производственного отделения составит $P_{np} = (1,03 \dots 1,05)P_{ст}$.

Число вспомогательных рабочих принимается в процентном отношении от числа производственных рабочих $P_в = (0,18 \dots 0,25)P_{np}$, а число МОП, ИТР и СКП - в процентном отношении от общего числа рабочих цеха ($P_{ц}$), то есть суммы производственных и вспомогательных рабочих. Соответственно $P_{моп} = (0,02 \dots 0,03)P_{ц}$, $P_{итр} = (0,11 \dots 0,13)P_{ц}$ и $P_{скп} = (0,04 \dots 0,05)P_{ц}$.

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 $29 \dots 34 \text{ м}^2$ на каждый станок.

6. По укрупненным показателям рассчитывается площадь каждого вспомогательного отделения и обосновывается место их расположения.

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 м². 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, в цехе предусматривают два заточных отделения, то есть площадь каждого из них равна половинерасчетной.

Расчет площади ремонтно-механического отделения производить по удельной площади на каждый станок отделения, равной 28...30 м². 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 м². Число станков отделения составляет 1,5...4% от принятого числа станков S .

Удельную площадь при расчете площади инструментальной кладовой принять 0,4 м² на каждый станок цеха и 0,15 м² 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. 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 м² 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 72x72 м или 72x144 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 задаться, в каких пролетах будут расположены

мелкие, средние и крупные станки. После этого в каждом пролете пунктиром наносятся продольные проезды шириной 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 всегда располагают смежно с инструментальной кладовой 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 по два заточных отделения и по две кладовых, то их располагают в боковых пролетах у стен ближе к середине производственного 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 надо показать 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, тумбочек, 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 м². 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. Она может оказаться больше, чем указано в нормативах (см. [1, с. 174, табл. 27] или [3, с. 164, табл. 15]). 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 курсового проекта

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

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

1.2. Средняя масса выпускаемого изделия $G_x = 37$ кН;

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

1.4. Средняя масса изделия расчётного 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 станкоемкости h_n обработки 1т деталей этого изделия.

Суммарная станкоемкость T определяется по формулам

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

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

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

$$C = \frac{T}{F_{\partial.2}} = \frac{877415,3}{4015} = 218,5 \approx 219 ,$$

где $F_{\text{д.г}}$ - действительный годовой фонд времени оборудования при работе его

в две смены, $F_{\text{д.г}} = 4015$ ч.

Принятое число станков S в цехе составит

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

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

Принимаем $S_{пр} = 258$ станков.

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

Таблица 6

№ 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 производственных и вспомогательных рабочих, МОП, ИТР и СКП.

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

Таблица 7

№ п/п	Типы станков	Завод токарно-винторезных, специальных и агрегатных станков	Принятое количество станков	Принятый коэффициент многостаночного 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

$$P_{CT} = \frac{S \cdot F_{д.р.} \cdot \eta_{заг.ср}}{F_{д.р.} \cdot k_{м.ср}} = \frac{F_{д.р.} \cdot \eta_{заг.ср}}{F_{д.р.}} \cdot \left(\frac{S_1}{k_{m_1}^1} + \frac{S_2}{k_{m_2}^2} + \frac{S_3}{k_{m_3}^3} \right) =$$

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

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

Принимаем $P_{CT} = 384$ чел.

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

$$P_{ПР} = (1,03 \dots 1,05) \cdot P_{CT}.$$

Принимаем $P_{ПР} = 1,04 \cdot P_{CT} = 1,04 \cdot 384 = 400$ чел.

6.3. Количество вспомогательных рабочих

$$P_B = (0,18 \dots 0,25) \cdot P_{ПР}.$$

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 $P_{МОП} = 0,02 \cdot P_{Ц} = 0,02 \cdot (P_{ПР} + P_B) = 0,02 \cdot (400 + 80) = 10$ 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:

$$P_{СКП} = (0,04...0,05) \cdot P_{Ц}.$$

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 $f_{уд}^{общ} = 29...34$ м². Примем $f_{уд}^{общ} = 32$ м².

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

8. Определяем площадь вспомогательных отделений.

8.1. Заготовительное отделение.

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

$$F_{ЗАГ} = 0,1 \cdot F_{ПР} = 0,1 \cdot 8256 = 825,6 \text{ м}^2.$$

8.2. Склад заготовок.

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

$$F_{СКЛ.ЗАГ} = 0,1 \cdot F_{ПР} = 0,1 \cdot 8256 = 825,6 \text{ м}^2.$$

8.3. Промежуточный склад для хранения готовых деталей.

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

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

$$\text{Примем } F_{СКЛ.ДЕТ} = 0,08 F_{ПР} = 0,08 \cdot 8256 = 660,5 \text{ м}^2.$$

8.4. Отделение технического контроля.

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

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

$$\text{Примем } F_{ОТК} = 0,04 F_{ПР} = 0,04 \cdot 8256 = 330,3 \text{ м}^2.$$

8.5. Заточное отделение

Площадь заточного отделения рассчитываем по удельной площади на один станок отделения $f_{\text{зат}}^{\text{уд}} = 10 \dots 12 \text{ м}^2$. Примем $f_{\text{зат}}^{\text{уд}} = 11 \text{ м}^2$.

Число станков отделения составляет 4...6% от числа станков, обслуживаемых заточкой. Число станков, обслуживаемых заточкой ($S_{\text{обсл.зат}}$) – это принятое число станков (S) за вычетом протяжных ($S_{\text{прот}}$), шлифовальных ($S_{\text{шл}}$) и зубообрабатывающих ($S_{\text{зо}}$) станков.

$$S_{\text{зат}} = (0,04 \dots 0,06) \cdot S_{\text{обсл.зат}}$$

$$S_{\text{обсл.зат}} = S - S_{\text{прот}} - S_{\text{шл}} - S_{\text{зо}} = 258 - 3 - 31 - 15 = 211 \text{ станков.}$$

$$\text{Примем } S_{\text{зат}} = 0,045 \cdot S_{\text{обсл.зат}} = 0,045 \cdot 211 = 10 \text{ станков.}$$

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

При числе станков, обслуживаемых заточкой более 200, в цехе предусматривают два заточных отделения, то есть площадь каждого из них равна половине расчетной $F_{\text{зат}1} = F_{\text{зат}2} = 55 \text{ м}^2$.

8.6. Ремонтно-механическое отделение.

Площадь ремонтно-механического отделения рассчитываем по удельной площади на один станок отделения $f_{\text{рмо}}^{\text{уд}} = 28 \dots 30 \text{ м}^2$. Примем $f_{\text{рмо}}^{\text{уд}} = 30 \text{ м}^2$.

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

$$S_{\text{рмо}} = (0,035 \dots 0,05) \cdot S$$

$$\text{Примем } S_{\text{рмо}} = 0,04 \cdot S = 0,04 \cdot 258 = 11 \text{ станков.}$$

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

8.7. Отделение по ремонту приспособлений.

Площадь отделения по ремонту приспособлений рассчитываем по удельной площади на один станок отделения $f_{\text{орп}}^{\text{уд}} = 17 \dots 22 \text{ м}^2$. Примем $f_{\text{орп}}^{\text{уд}} = 20 \text{ м}^2$.

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

$$S_{\text{орп}} = (0,015 \dots 0,04) \cdot S$$

$$\text{Примем } S_{\text{орп}} = 0,03 \cdot S = 0,03 \cdot 258 = 8 \text{ станков.}$$

$$F_{OP\Pi} = f_{y\vartheta}^{OP\Pi} \cdot S_{OP\Pi} = 20 \cdot 8 = 160 \text{ M2.}$$

8.8. Отделение по переработке стружки.

Укрупнено площадь отделения по переработке стружки можно принять в размере **100...120** м². Примем $F_{СТРУЖ} = 110$ м².

8.9. Отделение по приготовлению и раздаче СОЖ.

Укрупнено площадь отделения по приготовлению и раздаче СОЖ можно принять в размере **100...120** м². Примем $F_{СОЖ} = 110$ м².

8.10. Инструментально-раздаточная кладовая.

При расчете площади инструментальной кладовой удельная площадь на каждый станок цеха ($S_{Ц}$) в условиях среднесерийного производства равна 0,4 м² и на каждого слесаря цеха – 0,15 м². 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.

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

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

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

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

Так как в цехе устраиваем два заточных отделения, поэтому организуем и две инструментально-раздаточных кладовых. При этом площадь каждой из них равна половине расчетной $F_{ИРК1} = F_{ИРК2} = 62$ м².

9. Площадь цеха составляет

$$\begin{aligned} F_{Ц} &= F_{ПР} + F_{ЗАГ} + F_{СКЛ.ЗАГ} + F_{СКЛ.ДЕТ} + F_{ОТК} + F_{ЗАТ} + \\ &+ F_{РМО} + F_{ОРП} + F_{СТРУЖ} + F_{СОЖ} + F_{ИРК} = \\ &= 8256 + 825,6 + 825,6 + 660,5 + 330,3 + 110 + \\ &+ 330 + 160 + 110 + 110 + 124 = 11842 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Принимаем ширину цеха $B = 72$ м.

$$\text{Тогда длина цеха } L_{ц} = \frac{F_{ц}}{B} = \frac{11842}{72} = 164,5 \text{ м.}$$

Примем длину цеха $L_{ц} = 168$ м, что кратно 12-метровому шагу колонн.

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

$$K_{UTC} = \frac{L_{ц}}{L_{UTC}} = \frac{168}{72} = 2,33.$$

Принимаем количество унифицированных типовых секций $K_{UTC} = 3$.

10. На рис. 1 приводится компоновка механического цеха с указанием материальных потоков, показывающих взаимосвязь предметно-замкнутого участка со вспомогательными подразделениями цеха. Компоновка механического цеха разрабатывается в соответствии с п. 8.1 методических указаний к выполнению курсовой работы (параграф 3.2) с использованием условных обозначений, указанных в прил. 1.

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 2. Длина предметно-замкнутого участка уточняется после разработки его планировки.

11. В соответствии с выбранной последовательностью технологии обработки деталей типа «Вал-шестерня» и технологического оборудования:

005	Фрезерно-центровальная	MP71	- 1 станок;
010	Токарная	16K20	- 2 станка;
015	Токарная с ЧПУ	16B16T1	- 2 станка;
020	Зубофрезерная	5K310	- 1 станок;
025	Круглошлифовальная	3B161	- 1 станок;
030	Круглошлифовальная	3B161	- 1 станок,

а также разработанной схемой материальных потоков по перемещению заготовок, деталей, инструмента стружки и СОЖ (см. рис. 2), разрабатывается планировка предметно-замкнутого механического участка по изготовлению деталей типа «Вал-шестерня» на миллиметровой бумаге формата А4 в масштабе 1:100 в соответствии с п. 8.2 методических указаний к выполнению курсовой работы (параграф 3.2) с использованием условных обозначений (прил. 1), норм на размеры ширины проездов (прил. 2), вариантов расположения станков друг относительно друга (прил. 3), норм на расстояния между станками и от станков до стен и колонн здания (прил. 4), а также темплет станков, указанных в прил.

5. При этом вычерчивается выбранное место расположения предметно-замкнутого участка с указанием соответствующих осевых колонн (в нашем примере это продольный ряд В и поперечный ряд 4).

Схема материальных потоков и планировка предметно-замкнутого механического участка разрабатываются с учетом наличия межучастковой кооперации, в соответствии с которой заготовки поступают на участок с фрезерно-центровального станка MP71, расположенного в заготовительном отделении, после проведения токарной обработки на токарных станках 16K20 и 16B16T1 передаются на участок зубообрабатывающих станков на зубофрезерный станок 5K310, а затем возвращаются на участок для шлифовальной обработки на станках 3B161. Обслуживание токарных станков с ЧПУ 16B16T1 осуществляется одним рабочим-оператором, остальные станки на участке обслуживаются каждый своим рабочим-станочником.

Планировка предметно-замкнутого механического участка приводится на рис. 3.

12. На рис. 4 предлагается структурный состав машиностроительного цеха и на рис. 5 схема управления на цеховом уровне.

Форма титульного листа курсовой работы приведена в прил. 6.

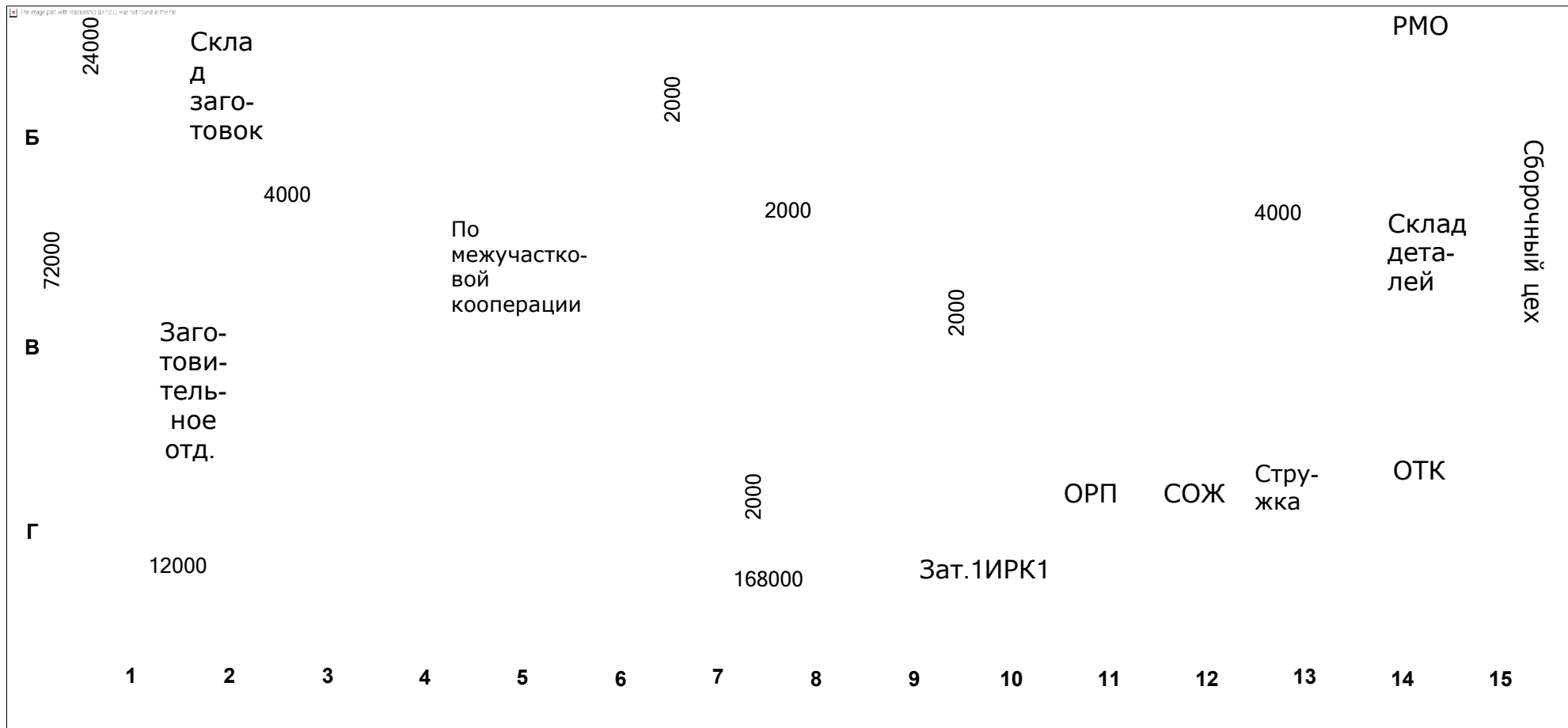
Компоновка механического цеха

Предметно-замкнутый
участок изготовления

М 1:XXX

деталей типа "Вал-шестерня" ИРК2 Зат.2

А



30

Рис. 1. Пример компоновки механического цеха

The image part with boundingbox [160 941 218 963] - заготовка-деталь;
 The image part with boundingbox [368 941 426 963] - инструмент;
 The image part with boundingbox [545 941 603 963] - стружка;
 The image part with boundingbox [695 941 753 963] - СОЖ;

Начало потока

Со склада
заготовок

5K310

По межучастковой
кооперации

На склад
деталей

Конец потока

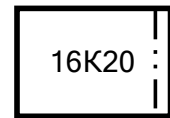
16K20

16Б16Т1

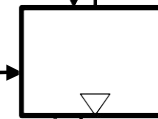
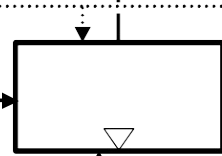
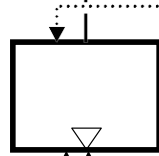
3Б161

MP-71

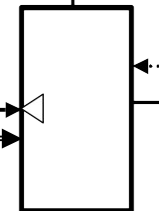
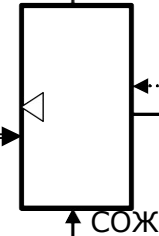
По межучастковой
кооперации



16Б16Т1



3Б161



Бункер со
стружкой

ИРК: 1

СОЖ

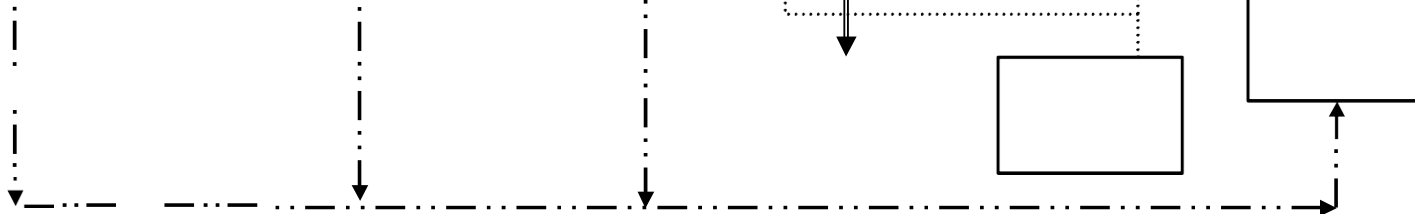


Рис. 2. Пример схемы материальных потоков предметно-замкнутого механического участка

—————> - заготовка-деталь;
 ==> - инструмент;
 - - -> - стружка;
> - СОЖ;

Планировка предметно-замкнутого участка изготовления деталей типа "Вал-шестерня" М 1:100

М 1:100

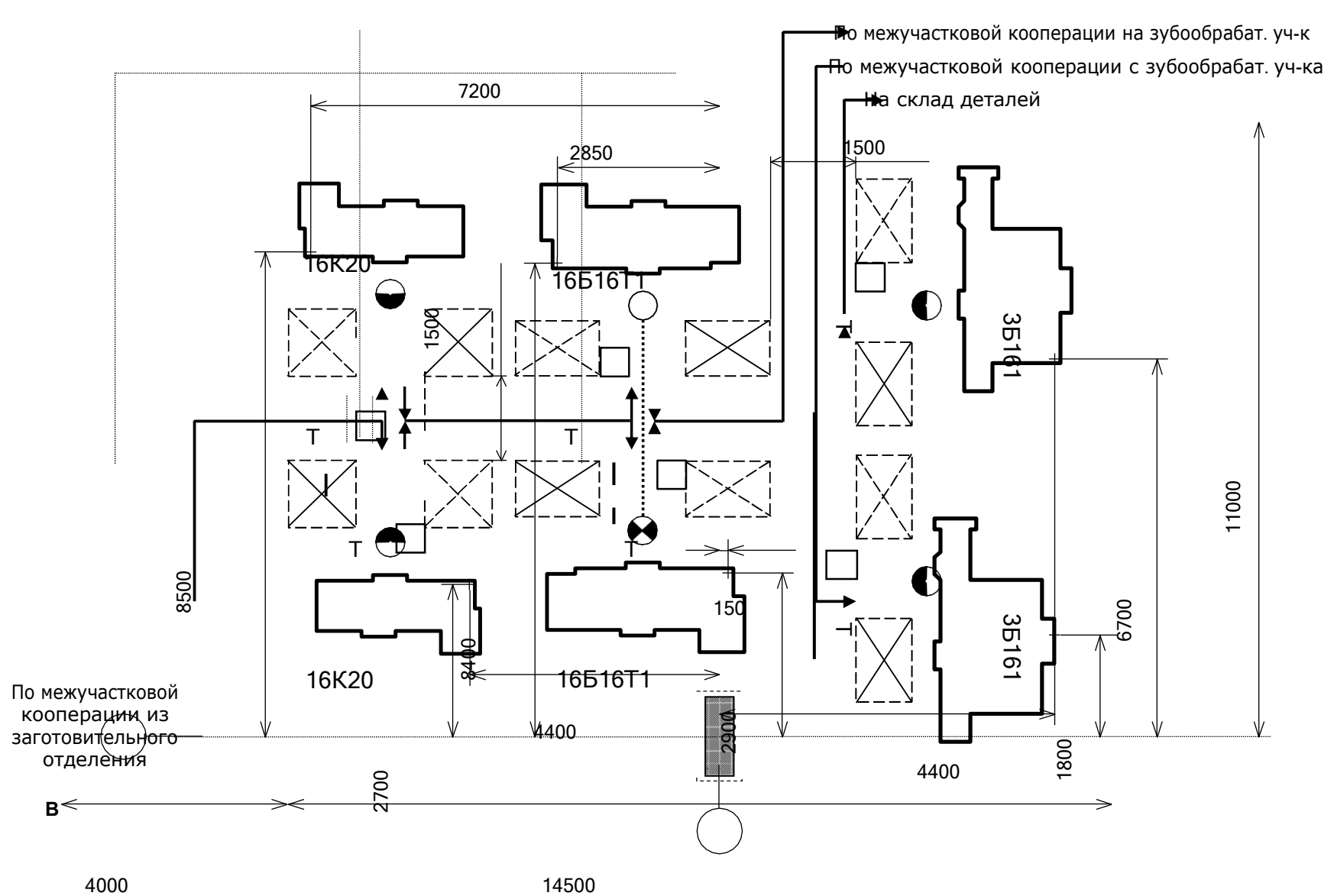
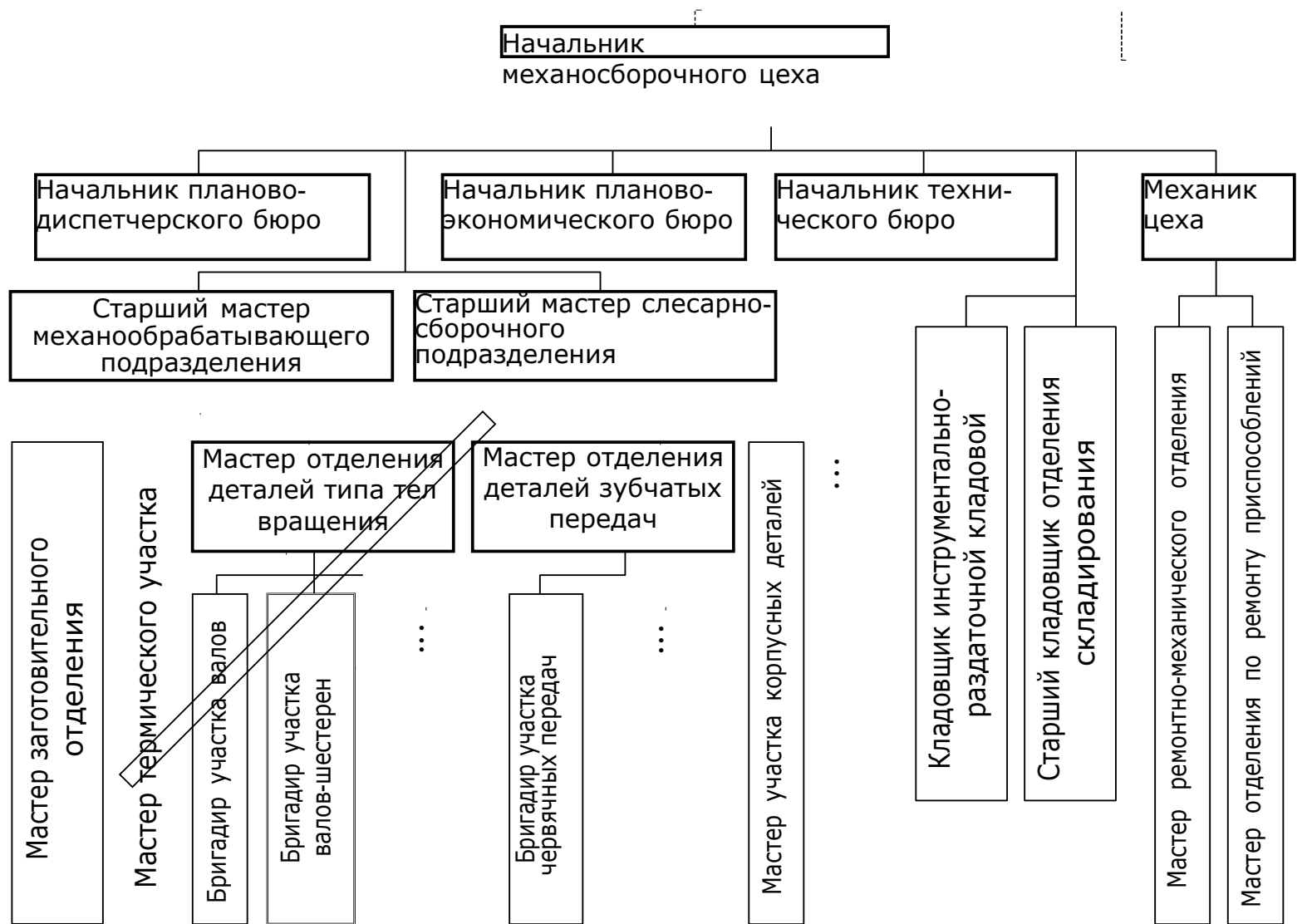


Рис. 3. Пример планировки участка

— заготовка-деталь;



Рис. 4. Состав механосборочного цеха



Главный инженер

Рис. 5. Структура управления механосборочным цехом

4. Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды специализации производства существуют?
2. Какие схемы движения материалов, полуфабрикатов и изделий существуют?
3. От чего зависит ширина санитарно- защитной зоны?
4. На каком из этапов проектирования предприятия (завода) или ГАП (ГПС) возможно получение отрицательного экономического эффекта?
5. Что такое "Унифицированная типовая секция"?
6. Какая конструктивная схема одноэтажных производственных зданий получила наибольшее распространение в промышленном строительстве?
7. Что является основными несущими элементами конструкции в производственных зданиях с полным каркасом?
8. От чего зависит высота пролета одноэтажного основного производственного здания?
9. Какой этаж многоэтажного производственного здания может быть оборудован мостовым краном?
10. Какой метод используется при проектировании ГПС?
11. По какой формуле рассчитывается количество основного производственного оборудования в серийном производстве?
12. На основе какого времени ведут расчет количества станков в поточном производстве?
13. Что такое такт выпуска?
14. Коэффициент многостаночного обслуживания для зубообрабатывающего оборудования принимают в пределах 3...5. Какую величину этого коэффициента необходимо принять при числе зубообрабатывающих станков равном двум?

15. Как определяется количество инженерно-технических работников, младшего обслуживающего персонала и счетно-контторского персонала при укрупненных расчетах?

16. В условиях какого производства станки расставляются по типам оборудования?

17. Что такое планировка цеха?

18. Что такое "Темплет"?

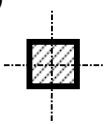
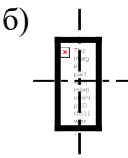
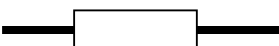

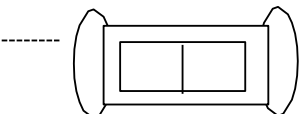
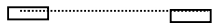
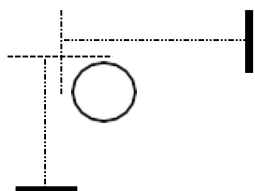

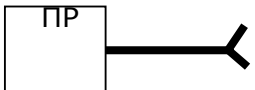
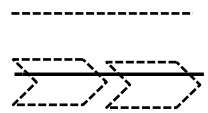
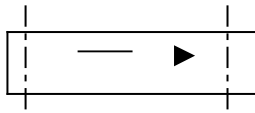


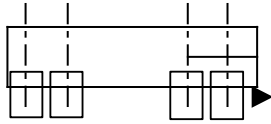
19. Относительно чего производят привязку станков и другого технологического оборудования в производственном подразделении?


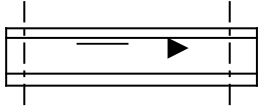
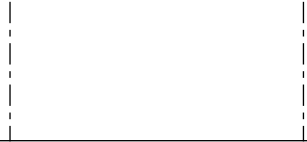
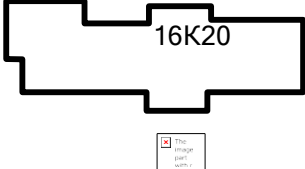
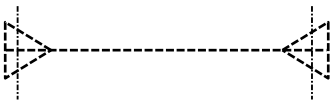
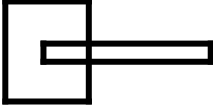

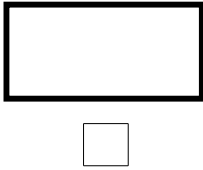
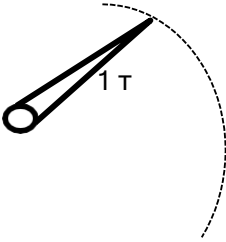
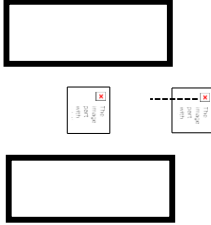

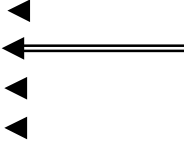
20. Где располагаются вспомогательные помещения для производств со значительными вредностями?

СОДЕРЖАНИЕ

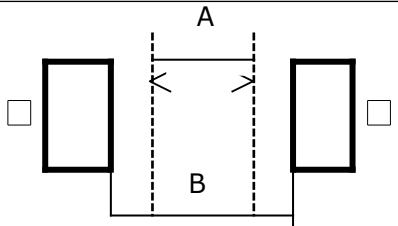
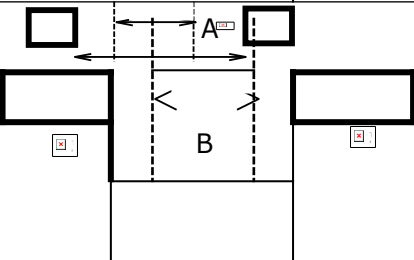
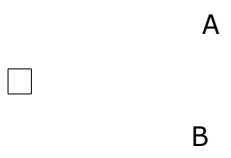
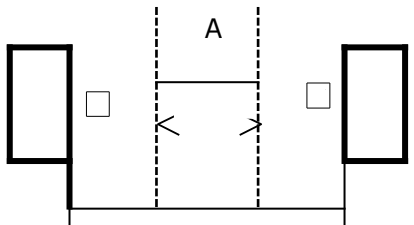
Предисловие.....	3
Содержание дисциплины.....	4
1. Содержание дисциплины по ГОС.....	4
1.1. Рабочая программа.....	5
Введение.....	5
1.1.1. Общие сведения по проектированию машиностроительных производств.....	5
1.1.2. Генеральный план завода.....	6
1.1.3. Проектирование механических цехов.....	6
1.1.4. Проектирование сборочных цехов.....	8
1.1.5. Проектирование обслуживающих помещений цехов.....	9
1.1.6. Основные данные по проектированию производственных зданий.....	9
1.2. Тематический план лекций для студентов очно-заочной формы обучения.....	11
1.3. Тематический план практических занятий.....	11
2. Библиографический список.....	12
3. Задание на курсовую работу и методические указания к ее выполнению.....	13
3.1. Задание на курсовую работу и общие указания.....	13
3.2. Методические указания к выполнению курсовой работы.....	17
3.3. Пример выполнения курсовой работы.....	24
4. Вопросы для самоконтроля.....	38
Приложение 1.....	41
Приложение 2.....	43
Приложение 3.....	44
Приложение 4.....	46
Приложение 5.....	47
Приложение 6.....	53

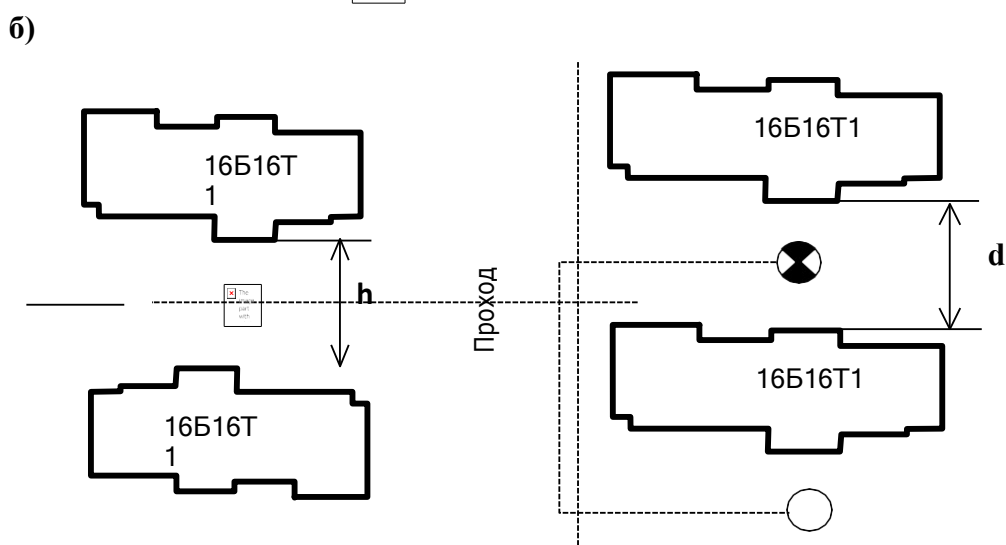
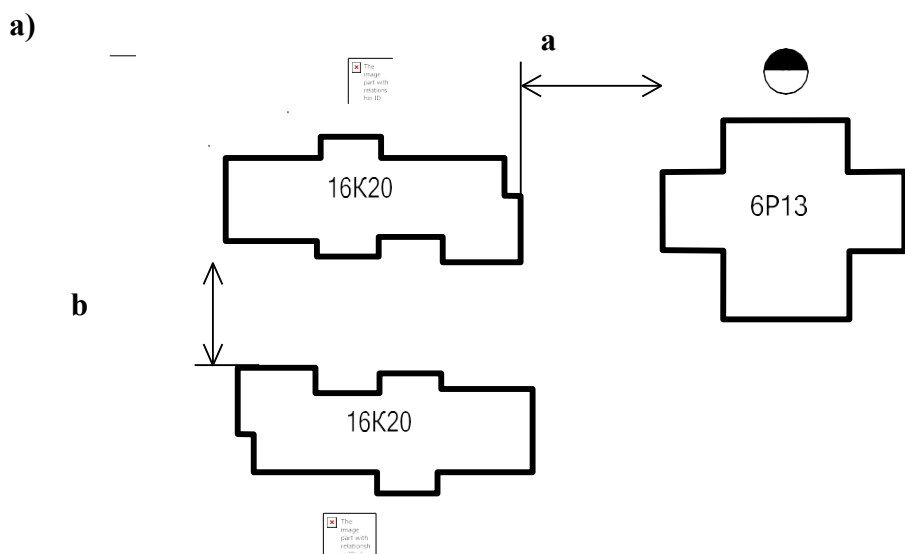
Условные обозначения, применяемые на планировках участков и цехов

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Колонны в зданиях: а) безкрановых; б) крановых	а)  б) 	Кран-штабелер автоматизированный	
Ворота распашные		Тележка транспортная	
Ворота откатные		Конвейер подвесной цепной	
Дверь		Промышленный робот	
Канал для транспортирования стружки		Транспортер ленточный	
Место складирования заготовок или деталей	 	Транспортер роликовый	

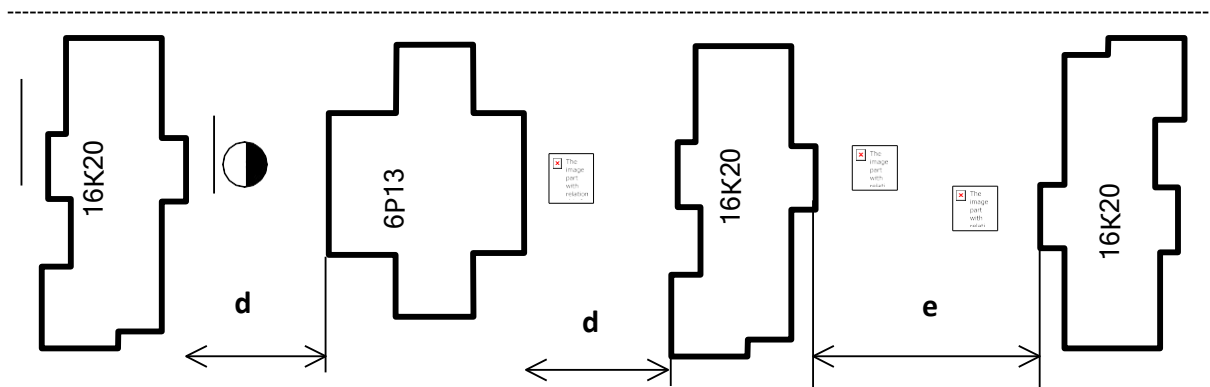
<p>Тумбочка</p> <p>Подставка под приспособления</p>		<p>Транспортер цепной</p>	
<p>Кран мостовой</p>	<p>10 т</p> 	<p>Технологическое оборудование</p>	
<p>Мостовой (опорный) однобалочный кран</p>	<p>2 т</p> 	<p>Желоб, склиз с тарой под стружку</p>	
<p>Подвесной однобалочный (кран-балка) кран с электроталью</p>	<p>2 т</p> 	<p>Место рабочего</p>	
<p>Шарнирно-балансирующий кран (ШБК)</p>	<p>1 т</p> 	<p>Многостаночное обслуживание</p>	
<p>Стеллаж многоярусный однорядный</p>		<p>Схема потоков: Заготовок-деталей - Инструмента - СОЖ - Стружки -</p>	

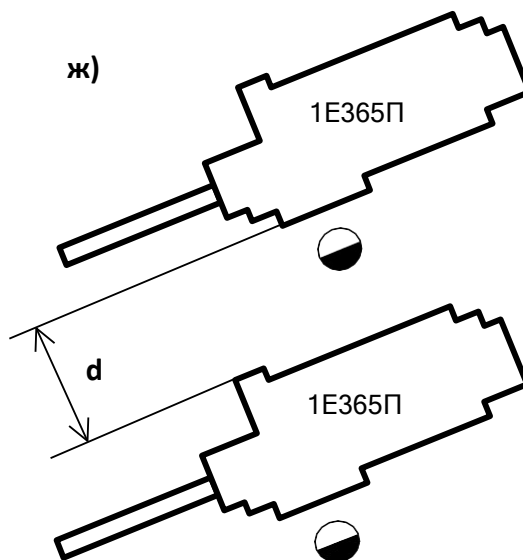
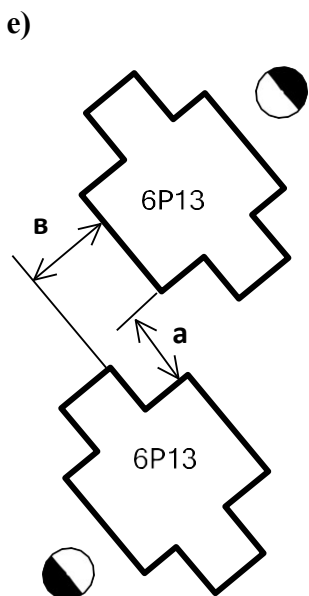
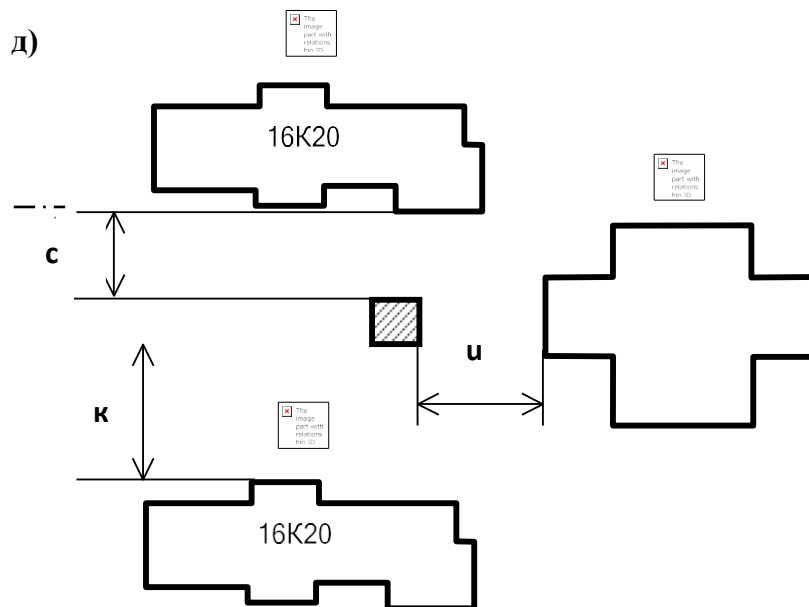
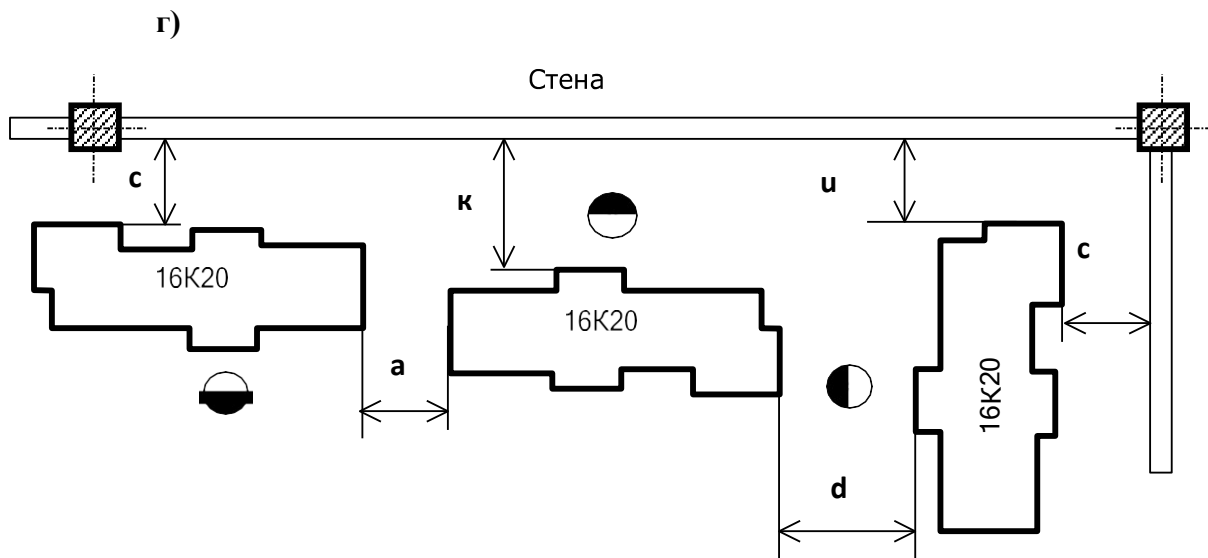
Нормы ширины проездов и расстояний между рядами станков
при транспортировании деталей электропогрузчиками с вилами
(одностороннее движение)

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



в) Проезд



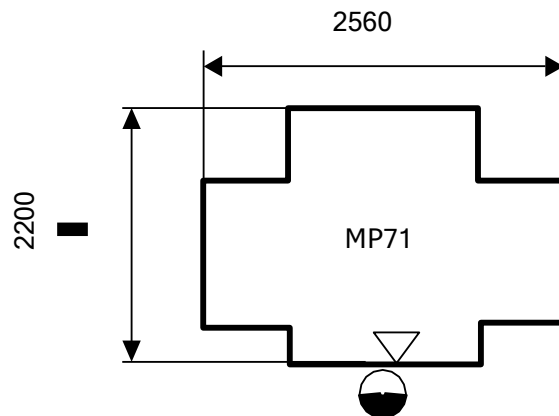


Проезд

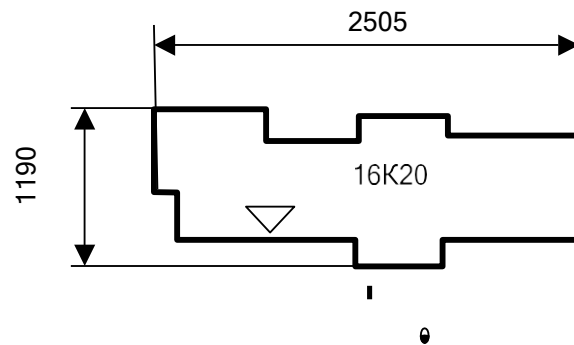
**Нормы расстояний между станками и от станков
до стен и колонн зданий, мм**

Номер рис.	Расстояния	Станки с габаритными размерами, м		
		До 1,8x0,6	До 4,0x2,0	До 4,0x2,0
Рис. а	Между станками по фронту a	700	900	1200
	Между тыльными сторонами станков b	700	800	1000
Рис. б	Между двумя станками в разворот при обслуживании одним оператором-наладчиком – h	1300	1500	1800
	Между двумя станками при обслуживании одним оператором-наладчиком – d	1300	1500	1800
Рис. в	Между станками при расположении их «в затылок» - d	1300	1500	1800
	Между станками при расположении их фронтом один к другому - e	2000	2500	2800
Рис. г	Между стеной до тыльной стороны станка – c	700	800	900
	Между стеной до тыльной стороны станка – к	1300	1500	1800
	Между стеной до боковой стороны станка - u	700	800	900
Рис. д	Между колонной и тыльной стороной станка – c	700	800	900
	Между колонной и фронтом станка – к	1300	1500	1800
	Между колонной и боковой стороной станка – u	700	800	900
Рис. е	Между станками по фронту a	700	900	1200
	Между тыльными сторонами станков b	700	800	1000
Рис. ж	Между станками при расположении их «в затылок» - d	1300	1500	1800

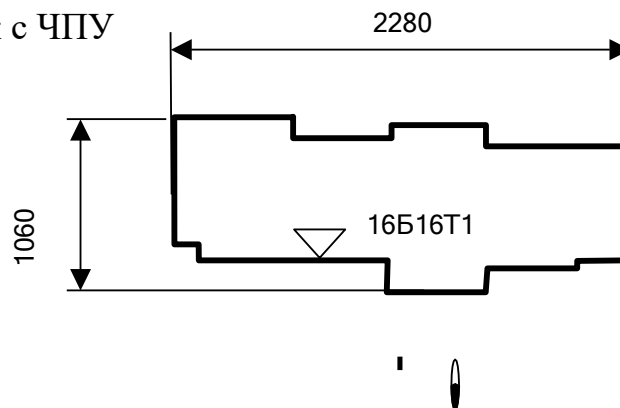
1. Фрезерно-центровальный полуавтомат мод. МР71



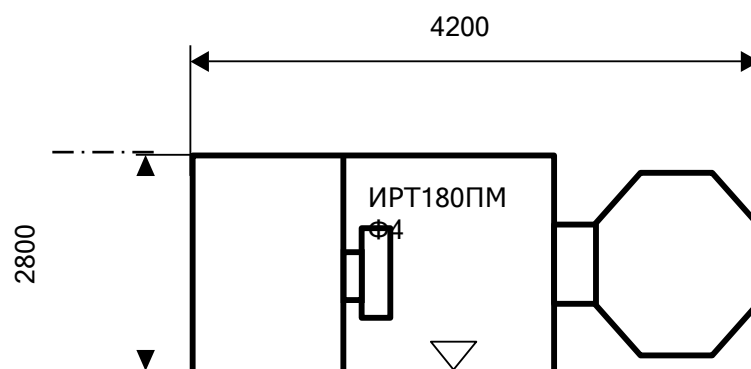
2. Токарно-винторезный универсальный станок



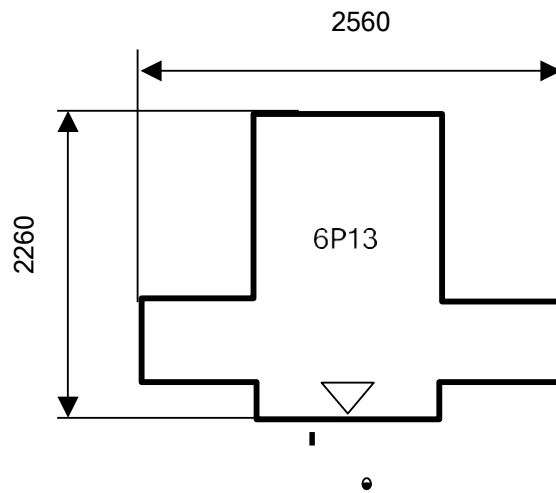
3. Токарный станок с ЧПУ



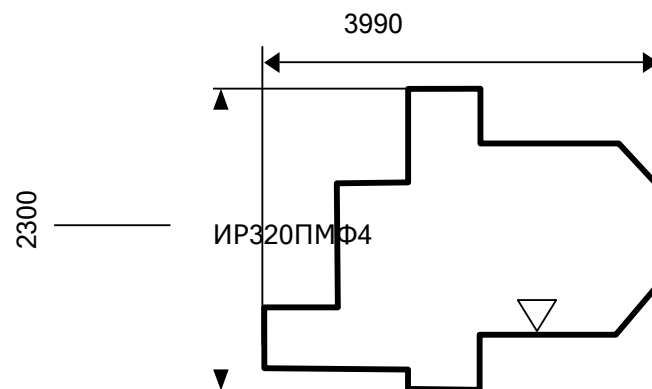
4. Токарный многоцелевой станок мод. ИРТ180ПМФ4



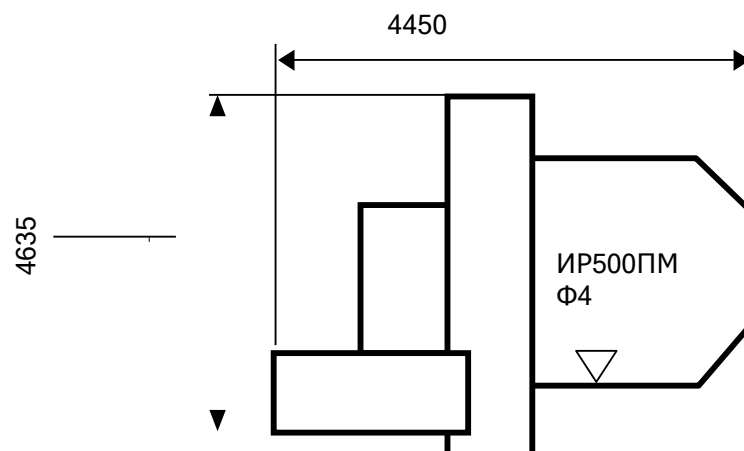
5. Вертикально-фрезерный консольный станок мод. 6P13



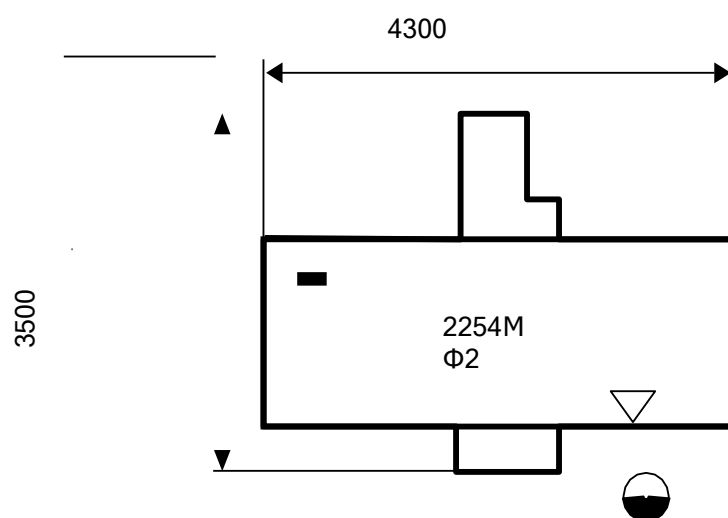
6. Многоцелевой горизонтальный станок мод. ИР320ПМФ4



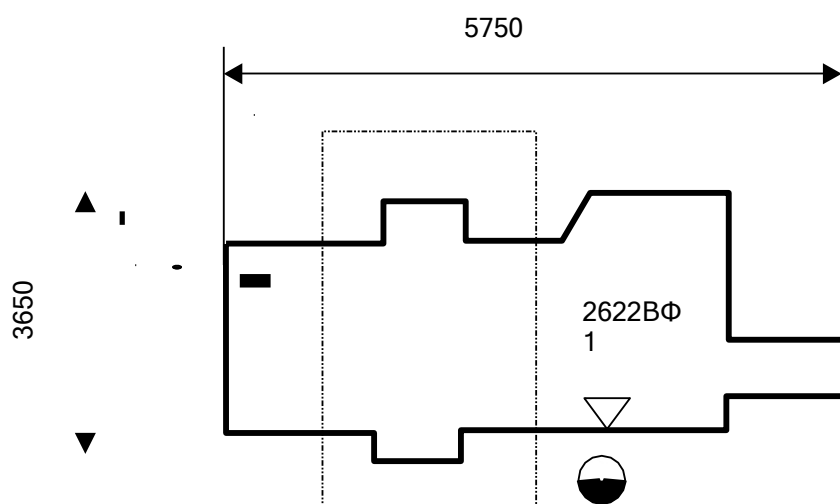
7. Многоцелевой горизонтальный станок мод. ИР500ПМФ4



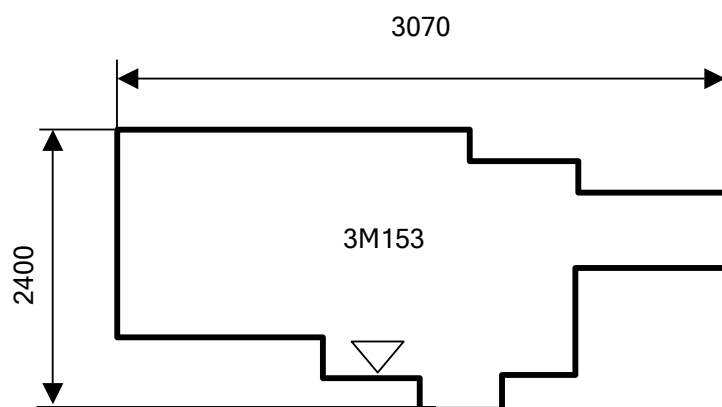
8. Многоцелевой вертикальный станок мод. 2254ВМФ4



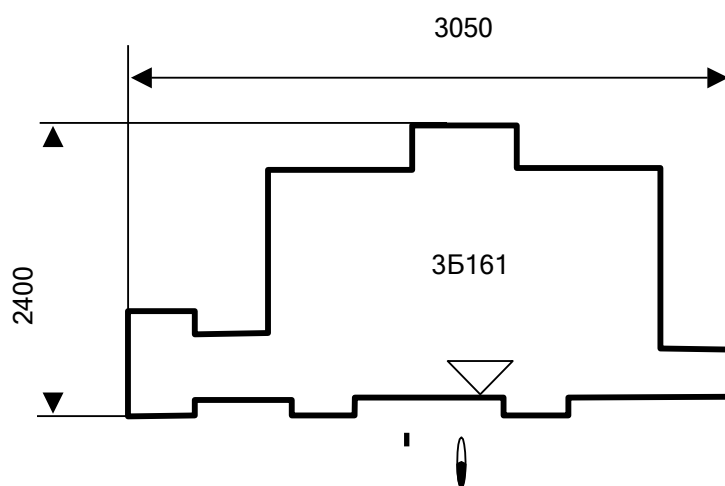
9. Горизонтально-расточной станок мод. 2622ВФ1



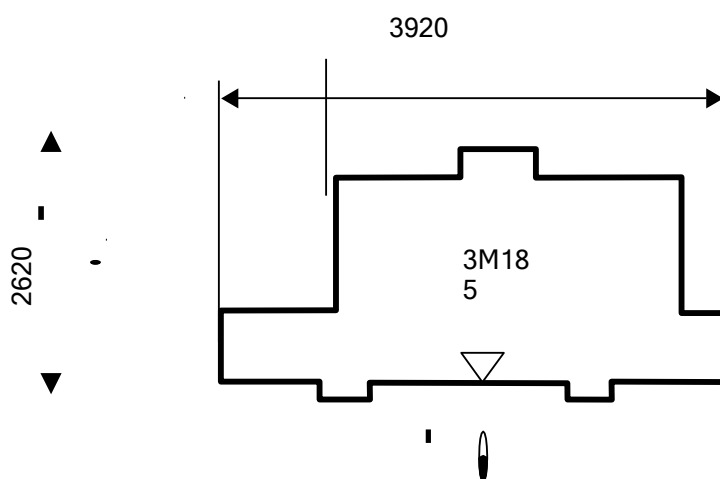
10. Круглошлифовальный станок мод. 3М153



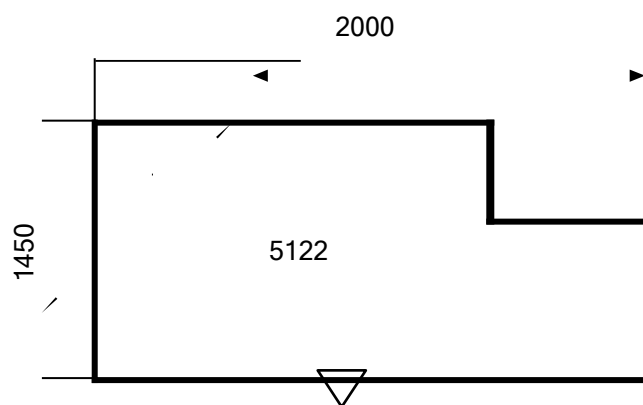
11. Круглошлифовальный станок мод. 3Б161



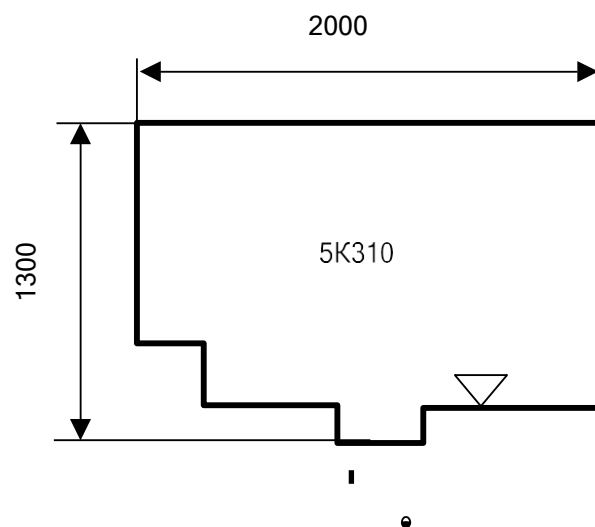
12. Бесцентрово-шлифовальный полуавтомат мод. 3М185



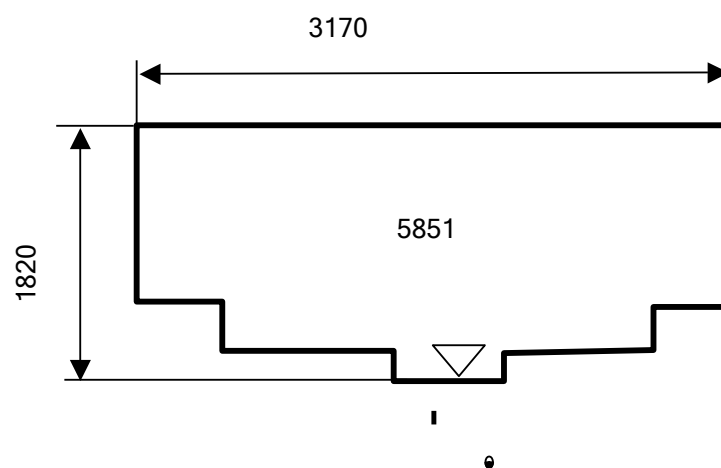
13. Зубодолбежный автомат мод. 5122



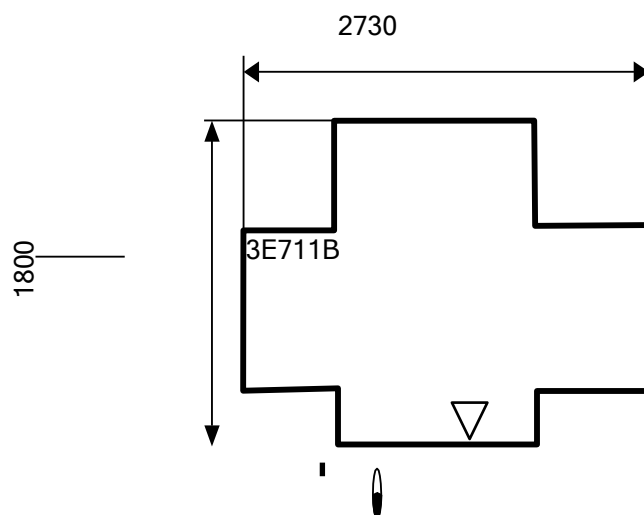
14. Зубофрезерный полуавтомат 5К310



15. Зубошлифовальный полуавтомат 5851



16. Плоскошлифовальный станок мод. 3E711В



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине
«Проектирование механических устройств»
для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических
процессов и производств
направленность (профиль) Информационно-управляющие системы

Невинномысск 2022

Методические указания составлены в соответствии с программой по дисциплине «Проектирование механических устройств». В методических указаниях приводятся теоретическое обоснование практических работ, указаны методики их выполнения, требования к оформлению отчета, приведены вопросы для защиты работы и примеры выполнения работ.

В приложении приведены статистические таблицы, необходимые для обработки данных и варианты заданий для выполнения работ.

Настоящие указания разработаны для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры ХТМиАХП и рекомендованы к внутривузовскому изданию.

Составил доцент А.И. Свидченко

Рецензент доц. А.М. Новоселов

Содержание

<u>ПРЕДИСЛОВИЕ</u>	4
<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	7
<u>1. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ</u>	7
<u>Лабораторное занятие №1. Подбор фильтровального оборудования замкнутой ХТС с использованием элементов САПР</u>	7
<u>Лабораторное занятие №2. Оптимизация проекта ректификационной колонны с использованием ЭВМ</u>	15
<u>Лабораторное занятие №3,4. Расчет основных размеров оборудования по укрупненным показателям. Подбор оборудования по укрупненным показателям</u>	22
<u>2. НАЛАДКА, НАСТРОЙКА И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ</u>	34
<u>Лабораторное занятие №5. Проектирование и выбор оборудования для хранения газов и жидкостей</u>	34
<u>Лабораторное занятие №6. Проектирование и выбор оборудования для хранения сыпучих материалов</u>	37
<u>Лабораторное занятие №7,8. Расчет оболочек, крышек и днищ на прочность</u>	41
<u>Лабораторное занятие №9,10. Изучение принципов конструктивного оформления адиабатических реакторов</u>	50
<u>Лабораторное занятие №11. Определение габаритных размеров реактора конверсии СО</u>	50
<u>Лабораторное занятие №12,13. Изучение принципов конструктивного оформления печей, котлов, утилизаторов теплоты</u>	53
<u>Лабораторное занятие №14. Определение основных размеров котла- утилизатора теплоты нитрозных газов</u>	53
<u>Лабораторное занятие №15. Расчет на прочность колонного аппарата</u>	57
<u>Лабораторное занятие №16. Составление дефектных ведомостей для ремонта отдельных видов технологического оборудования</u>	61
<u>Лабораторное занятие №17,18. Анализ технической документации, подготовка заявок на приобретение и ремонт оборудования</u>	63
<u>ЛИТЕРАТУРА</u>	77

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, обладающих достаточной подготовкой по разделам дисциплин: математика, физика, инженерная графика, процессы и аппараты химической технологии, общая химическая технология, материаловедение.

Методические указания составлены для проведения практических занятий курса «Проектирование механических устройств» с учетом требований стандарта третьего поколения ФГОС ВО для подготовки бакалавров направления 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

При подготовке издания учтены основные изменения в программе дисциплины и тенденции ее развития. Последовательность разделов соответствует логической структуре курса. Предлагаемые методические указания состоят из двух разделов, материал которых используется при подготовке и проведении лабораторных и практических занятий. В конце каждого занятия представлены вопросы для контроля знаний студента.

В результате освоения материала методических указаний по дисциплине «Проектирование механических устройств» ОП студент приобретает следующие компетенции:

Целью освоения дисциплины является формирование набора универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Дисциплина должна закладывать основы, на которых будет базироваться изучение последующих дисциплин в ВУЗе на современном уровне.

Задачи дисциплины:

– сформировать способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

– сформировать способность участвовать в работах по расчету и проектированию средств и систем автоматизации с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИД-3 обеспечивает выполнение проекта в соответствии с установленными целями, сроками и затратами, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, в том числе с использованием цифровых инструментов	Пороговый уровень разрабатывает план работы над проектом механических устройств, обеспечивающего достижение поставленных целей Повышенный уровень соблюдение сроков выполнения работ и затрат, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования
ПК-2 Способен участвовать в работах по расчету и проектированию средств и систем автоматизации с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования	ИД-1 рассчитывает и проектирует средства и системы автоматизации в соответствии с техническим заданием	Пороговый уровень рассчитывает плоские и пространственные механически устройства, и механизмы, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования Повышенный уровень применяет методы проектирования плоских и пространственных механических устройств, и механизмов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования

Наименование лабораторных работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
5 семестр			
1	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Лабораторная работа №1. Прочностные расчеты оборудования. Расчет оболочек, крышек и днищ на прочность. Лабораторное освоение методик прочностных расчетов элементов химического оборудования. Решение задач.	1,5	
4, 5, 6	Лабораторная работа №2. Основное оборудование химической промышленности, принципы его расчета. Определение габаритных размеров реактора конверсии СО.	1,5	
2, 3, 4, 5, 6	Лабораторная работа №3. Лабораторное составление дефектных ведомостей для ремонта отдельных видов технологического оборудования.	1,5	
4, 5, 6	Лабораторная работа №4. Расчет и проектирование	1,5	

	отдельных стадий технологического процесса с использованием стандартных средств автоматизации проектирования. Подбор фильтровального оборудования замкнутой ХТС с использованием элементов САПР. Практический подбор типового фильтра для реализации процесса.		
4, 5, 6	Лабораторная работа №5. Расчет и проектирование отдельных стадий технологического процесса с использованием стандартных средств автоматизации проектирования. Оптимизация проекта ректификационной колонны с использованием ЭВМ. Практический выбор оптимального проекта ректификационного аппарата из нескольких возможных вариантов.	1,5	
4, 5, 6	Лабораторная работа №6. Расчет основных размеров оборудования по укрупненным показателям. Лабораторное освоение методик укрупненных расчетов химического оборудования. Решение задач	1,5	
4, 5, 6	Лабораторная работа №7. Подбор оборудования по укрупненным показателям. Лабораторное освоение методик подбора химического оборудования по каталогам, стандартам. Решение задач.	1,5	
4, 5, 6	Лабораторная работа №8. Принципы проектирования и выбора оборудования для хранения. Лабораторное определение габаритных размеров сосудов для хранения газов и жидкостей. Решение задач.	1,5	
7	Лабораторная работа №9. Анализ технической документации, подготовка заявок на приобретение и ремонт оборудования.	1,5	
	Итого за 5 семестр	13,5	
	Итого	13,5	

ВВЕДЕНИЕ

Указания по технике безопасности

Для безопасного проведения практических занятий в классе ЭВМ необходимо:

- перед началом работы проверить, чтобы ЭВМ была заземлена и все токоведущие части закрыты;
- проводить работу только в присутствии лаборанта;
- выполнять работу в строгом соответствии с методическими указаниями.

1. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Лабораторное занятие №1. Подбор фильтровального оборудования замкнутой ХТС с использованием элементов САПР

Цель: приобретение знаний и умений по практическому использованию расчетного метода итераций для определения режимных параметров замкнутой ХТС на ЭВМ.

Целью заданий является подбор типового фильтровального оборудования для реализации процесса технологического узла.

Вопросы для обсуждения

1. Необходимость в расчете элементов ХТС методом итераций.
2. Каковы алгоритм и сущность расчета методом итераций.
3. Какие данные необходимы для проведения расчетов?
4. Какие средства могут быть использованы для проведения расчетов?
5. Адекватность расчетов методом итераций.

Методические рекомендации

Для подготовки к проведению работы необходимы знания теоретических материалов, связанных с созданием алгоритмов и моделей технологического расчета замкнутой ХТС на ЭВМ.

В качестве технологического узла используется подсистема, приведенная

на рисунке 1.1.

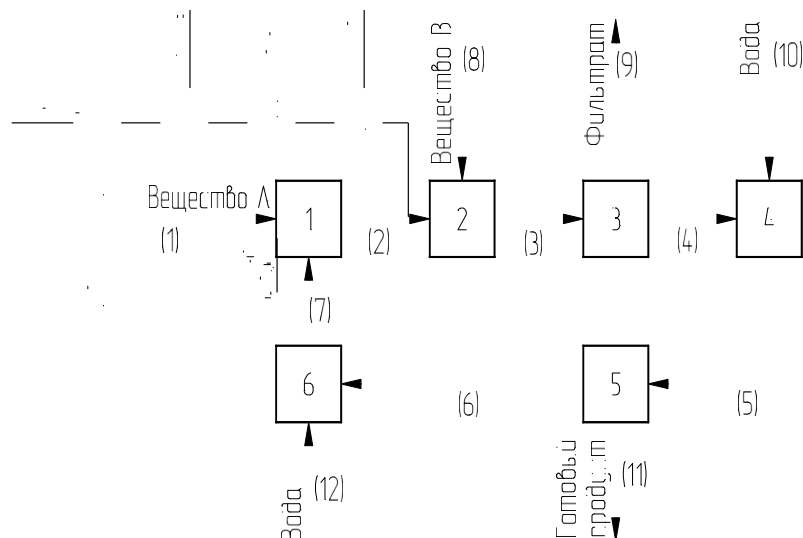


Рисунок 1.1 – Схема к расчету параметров замкнутой ХТС

Исходное вещество поступает в аппарат-растворитель 1 в количестве $G(A)$, где происходит его растворение в воде, концентрация вещества А на выходе из растворителя γ . Раствор поступает в реактор 2, где происходит его взаимодействие с веществом В, подаваемым в реактор в количестве $G(B)$, выход реакции ω . Удельный расход вещества А на единицу вещества В составляет ψ . Продукты реакции, содержащие взвесь, поступают в первый фильтр 3 для удаления излишков вещества А. Доля удаляемого вещества А равна α . Затем осадок в смесителе 4 разбавляют чистой водой до достижения концентрации β по готовому продукту и направляют во второй фильтр 5 для отделения целевого продукта. Концентрация отбираемого целевого продукта ϕ . Фильтрат после подпитки свежей водой в смесителе 6 возвращается в аппарат-растворитель 1.

При проектировании технологического узла требуется рассчитать значения расходов и концентраций компонентов во всех потоках.

Анализ возможных вариантов расчета подсистемы показывает, что для решения данной задачи необходимо задаться расходом вещества $XG(A)$ и $XG(B)$ в потоке 7. Затем рассчитываются параметры остальных потоков, и определяются новые параметры потока 7, которые используются на следующей итерации. Критерием завершения расчетов служит отличие параметров потока

7 между итерациями, например, не более 1%.

В качестве первого приближения можно принять расход веществ $XG(A)$ и $XG(B)$ в потоке 7 равными 0%.

Для создания элемента САПР может использоваться алгоритм расчета подсистемы, приведенный в таблице 1.1.

Полученные в результате итераций параметры потоков технологического узла позволяют осуществить подбор фильтра (поз. 3 на рисунке 1.1).

Подбор фильтра осуществляется в общем случае следующим образом:

- по общей требуемой поверхности фильтрования подбирается по каталогам стандартный фильтр;
- определяется число фильтров, обеспечивающих заданную производительность.

Таблица 1.1 – Алгоритм расчета технологического узла

№	G(A)	G(B)	G(AB)	G(H ₂ O)	G
1	G(A)				
2	$G(A)_7 + G(A)_1$	$G(B)_7$		$G - (G(A) + G(B))$	$G(A)/CA$
3	$G - (G(B) + G(AB) + G(H_2O))$	$G(B)_8 (1 - \omega)$	$(G(B)_2 + G(B)_8) (\psi + 1) \omega$	$G(H_2O)_2$	$G_2 + G_8$
4	$G(A)_3 - G(A)_9$	$G(B)_3$	$G(AB)_3$	$G(H_2O)_3$	
5	$G(A)_4$	$G(B)_4$	$G(AB)_4$	$G - (G(A) + G(B) + G(AB))$	$G(AB)/\beta$
6	$G(A)_5$	$G(B)_5$		$G(H_2O)_5 - G(H_2O)_{11}$	
7	$XG(A)$	$XG(B)$		$G(H_2O)_2$	
8		$G(B)$			
9	$G(A)_3 \alpha$				
10				$G(H_2O)_5 - G(H_2O)_4$	
11			$G(AB)_5$	$G - G(AB)$	$G(AB)/\varphi$
12				$G(H_2O)_7 - G(H_2O)_6$	

При фильтровании перепад давления и гидравлическое сопротивление слоя осадка с течением времени изменяются. Поэтому переменную скорость

фильтрации выражают в дифференциальной форме:

$$w = \frac{dV}{Fdt},$$

где V – объем фильтрата, m^3 ; F – площадь поверхности фильтрации, m^2 ; τ – продолжительность фильтрации, с.

Исследованиями установлено, что скорость процесса фильтрации прямо пропорциональна движущей силе ΔP и обратно пропорциональна сопротивлению:

$$w = \frac{dV}{Fdt} = \frac{\Delta P \cdot V}{\mu \cdot (r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{F} + R_{\text{фп}})}, \quad (*)$$

где ΔP – перепад давления на перегородке, Па; μ – динамический коэффициент вязкости жидкой фазы суспензии, Па·с; $r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{F}$ – сопротивление слоя осадка,

m^{-1} ; r_0 – удельное объемное сопротивление слоя осадка, m^{-2} ; x_0 – отношение объема осадка к объему фильтрата; $R_{\text{фп}}$ – сопротивление фильтровальной перегородки, m^{-1} .

Для ориентировочных расчетов r может быть использована эмпирическая формула:

$$r_0 = \frac{0,69 \cdot 10^8 \cdot (\Delta P)^{0,33}}{\mu}.$$

При фильтрации с постоянной разностью давлений ($\Delta P = \text{const}$) интегрирование уравнения (*) дает:

$$V^2 + 2 \frac{R_{\text{фп}} \cdot F}{r_0 \cdot x_0} \cdot V = \frac{\Delta P \cdot F^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \cdot \tau. \quad (**)$$

Величиной $R_{\text{фп}}$ в большинстве случаев пренебрегают, т.е. принимают $R_{\text{фп}} = 0$.

Методика выполнения работы

Задания выполняются по вариантам. Исходные данные приведены в

таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Исходные данные к заданию

№	γ	ψ	ω	α	β	φ	$\Delta P, \text{Па}$	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	50%	1,2	90%	85%	32%	40%	$3,3\cdot 10^4$	$1\cdot 10^{-3}$
2	49%	1,4	95%	89%	35%	42%	$5\cdot 10^4$	$1\cdot 10^{-3}$
3	75%	1	83%	85%	38%	42%	$4,5\cdot 10^4$	$8\cdot 10^{-4}$
4	55%	1,2	95%	84%	32%	38%	$4,1\cdot 10^4$	$1\cdot 10^{-3}$
5	41%	0,6	88%	85%	35%	45%	$3,5\cdot 10^4$	$9\cdot 10^{-4}$
6	71%	0,8	92%	95%	55%	63%	$3,8\cdot 10^4$	$1\cdot 10^{-3}$
7	53%	0,8	91%	93%	41%	55%	$4,2\cdot 10^4$	$8,5\cdot 10^{-4}$
8	78%	1,3	83%	90%	70%	78%	$3,3\cdot 10^4$	$9,5\cdot 10^{-4}$
9	57%	0,7	85%	85%	21%	24%	$4,5\cdot 10^4$	$1,1\cdot 10^{-3}$
10	49%	1	87%	94%	48%	70%	$5\cdot 10^4$	$1,2\cdot 10^{-3}$
11	55%	1,2	83%	84%	32%	42%	$3,1\cdot 10^4$	$9,8\cdot 10^{-4}$
12	41%	1,4	95%	85%	35%	42%	$4,2\cdot 10^4$	$1\cdot 10^{-3}$
13	71%	1	88%	95%	70%	38%	$4,5\cdot 10^4$	$8,8\cdot 10^{-4}$
14	53%	1,2	92%	93%	21%	78%	$3,5\cdot 10^4$	$1,1\cdot 10^{-3}$
15	78%	0,6	91%	90%	48%	24%	$3,7\cdot 10^4$	$1\cdot 10^{-3}$

Определение режимных параметров замкнутой ХТС методом итераций можно осуществить в Excel.

Для этого необходимо загрузить имеющуюся программу и выполнить следующие действия:

- ввести исходные данные. **Внимание:** ячейки содержащие данные в процентах должны иметь процентный формат!
- создать таблицу для расчета расходов и концентраций потоков;
- отдельно ввести изменяемые показатели и их первоначальные значения:

Расход вещества А в потоке 7	XG(A)	0,00	
Расход вещества В в потоке 7	XG(B)	0,00	

Соседним ячейкам присваиваются значения расходов вещества А и В в 6

потоке соответственно (для сравнения итераций);

- ввести формулу в целевую ячейку позволяющую получить заданный результат (в данном случае необходимо свести в одну формулу отклонения итераций по двум веществам);

- для первоначальной проверки правильности введения расчетных формул необходимо сравнить приход и расход воды:

Приход воды	
Расход воды	

- войти в меню *Сервис*→*Поиск решения*, установить целевую ячейку равной минимальному или конкретному значению, задаться изменяемыми ячейками и выполнить поиск решения.

При определении необходимой площади фильтрования следует принять, что общий расход по потокам выражен в м³/ч, а продолжительность фильтрования составляет 1 час (3600 с).

Пример выполнения задания. Исходные данные приведены непосредственно на листе программы с первой итерацией.

Решение

Расчеты параметров потоков технологического узла (рисунок 1.1) по алгоритму (таблица 1.1) с использованием программы расчета в Excel приведены на рисунках 1.2 и 1.3.

Удельное объемное сопротивление слоя осадка равно:

$$r_0 = \frac{0,69 \cdot 10^8 \cdot (3,3 \cdot 10^4)^{0,33}}{10^3} \cdot 10^{11,38} \text{ м}^{-2}.$$

Отношение объема осадка к объему фильтрата x_0 можно определить следующим образом:

$$x_0 = G_4/G_9 = 308,6/30,35 = 10,2.$$

Как видно из данного соотношения, объем осадка значительно превышает объем фильтрата, поэтому при подборе фильтра необходимо выбрать конструкцию, обеспечивающую съём осадка.

	GA	GB	GH2O	GAB	CA	CB	CH2O	CAB	G
1	100,0				100%				100
2	100,0	0,0	150,0		40%	0	60%		250
3	33,5	3,5	150,0	133,0	10,5%	1,1%	46,9%	41,6%	320
4	6,7	3,5	150,0	133,0	2,3%	1,2%	51,2%	45,4%	293,2
5	6,7	3,5	236,8	133,0	1,8%	0,9%	62,3%	35%	380
6	6,7	3,5	37,3	0	14,1%	7,4%	78,5%	0,0%	47,5
7	0,0	0,0	150,0	0,0					150
8		70							70
9	26,8								26,8
10			86,8						86,8
11			199,5	133,0			60%	40%	332,5
12			112,7						112,7

Концентрация вещества А до реактора	γ	40%
Удельный расход вещества А	ψ	1
Выход реакции	ω	95%
Степень отделения вещества А в фильтре 3	α	80%
Концентрация продукта перед его отделением	β	35%
Концентрация отобранного продукта	φ	40%

Расход вещества А в потоке №7	XG(A)	0,000	6,700
Расход вещества В в потоке №7	XG(B)	0,000	3,500
Приход воды		199,5	
Расход воды		199,5	

Рисунок 1.2 - Лист с первой итерацией

	GA	GB	GH2O	GAB	CA	CB	CH2O	CAB	G
1	100,0				100%				100
2	107,6	3,5	157,9		40%	0,013	59%		269
3	37,9	3,5	157,9	139,7	11,2%	1,0%	46,6%	41,2%	339
4	7,6	3,5	157,9	139,7	2,5%	1,1%	51,2%	45,3%	308,6
5	7,6	3,5	248,3	139,7	1,9%	0,9%	62,2%	35%	399
6	7,6	3,5	38,8	0	15,2%	7,0%	77,8%	0,0%	49,88
7	7,6	3,5	157,9	0,0					169
8		70							70
9	30,35								30,35
10			90,4						90,38
11			209,5	139,7			60%	40%	349,1
12			119,1						119,1

Концентрация вещества А до реактора	γ	40%
Удельный расход вещества А	ψ	1
Выход реакции	ω	95%
Степень отделения вещества А в фильтре 3	α	80%
Концентрация продукта перед его отделением	β	35%
Концентрация отобранного продукта	φ	40%

Расход вещества А в потоке №7	XG(A)	7,587	7,587
Расход вещества В в потоке №7	XG(B)	3,500	3,500
Приход воды		209,5	
Расход воды		209,5	

Рисунок 1.3 - Лист с последней итерацией

$$26,8^2 + 2 \times \frac{0 \cdot F}{21,38 \cdot 10^{11} \cdot 10,2} \times 26,8 = 2 \times \frac{3,3 \cdot 10^4 \cdot F^2}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 21,38 \cdot 10^{11} \cdot 10,2} \times 3600.$$

Решая полученное уравнение, найдем требуемую площадь фильтрования
 $F = 500 \text{ м}^2$.

По каталогу выбираем дисковый вакуум-фильтр общего назначения ДОО 250-3,75-5У в количестве 2 шт со следующими характеристиками:

Площадь поверхности фильтрования F, м²	Количество дисков z	Частота вращения диска n, с⁻¹	Диаметр диска D, м
250	14	0,0033- 0,021	3,75

Содержание отчета

В отчете о выполненной работе должны содержаться следующие данные:

Дата проведения работы.

Цель работы.

Описание схемы и ее

рисунок. Постановка задачи.

Решение задачи в Excel: листы с первой и последней итерациями.

Результаты подбора фильтра, его эскизы, описание и характеристики.

Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность метода итераций?
2. Назначение надстройки *Поиск решения*. Какие задачи можно решать, используя данную надстройку, применительно к проектированию оборудования?
3. Приведите классификацию фильтров.
4. На основе каких данных проводится выбор фильтра и фильтрующего материала?
5. Приведите описание конструкции и принципа действия подобранного фильтра.

Лабораторное занятие №2. Оптимизация проекта ректификационной колонны с использованием ЭВМ

Цель: приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетного метода проектирования ректификационной колонны с использованием ЭВМ в условиях применения контактных тарелок различного типа.

Целью заданий является выбор оптимального варианта проекта ректификационного аппарата для реализации процесса технологического узла.

Вопросы для обсуждения

1. Роль массообменных колонн в составе ХТС.
2. Области применения тарельчатых и насадочных колонн.
3. Задачи технологического расчета ректификационной колонны.
4. Возможные критерии оптимизации при проектировании ректификационной колонны.
5. Каков состав проектной документации для массообменной колонны?

Методические рекомендации

Для подготовки к проведению работы необходимы знания теоретических материалов, связанных с технологическим расчетом ректификационной колонны, его составом и последовательностью.

В качестве технологического узла используется подсистема, приведенная на рисунке 2.1.

Массообменный процесс ректификации предназначен для разделения жидких или газообразных смесей и получения продуктов с необходимой концентрацией компонентов и высокими выходами по сравнению с некоторыми другими массообменными процессами, например, перегонкой. Сущность процесса заключается в многократно повторяющемся контактировании неравновесных паровой и жидкой фаз, движущихся обычно противотоком друг к другу.

Ректификацию смесей используют в химической технологии

сравнительно часто: при разделении нефти и газовых конденсатов на фракции и далее на отдельные компоненты, при выделении спиртов, эфиров, органических и неорганических кислот из продуктов синтеза, при разделении кремнийорганических соединений, компонентов воздуха, в ряде других случаев.

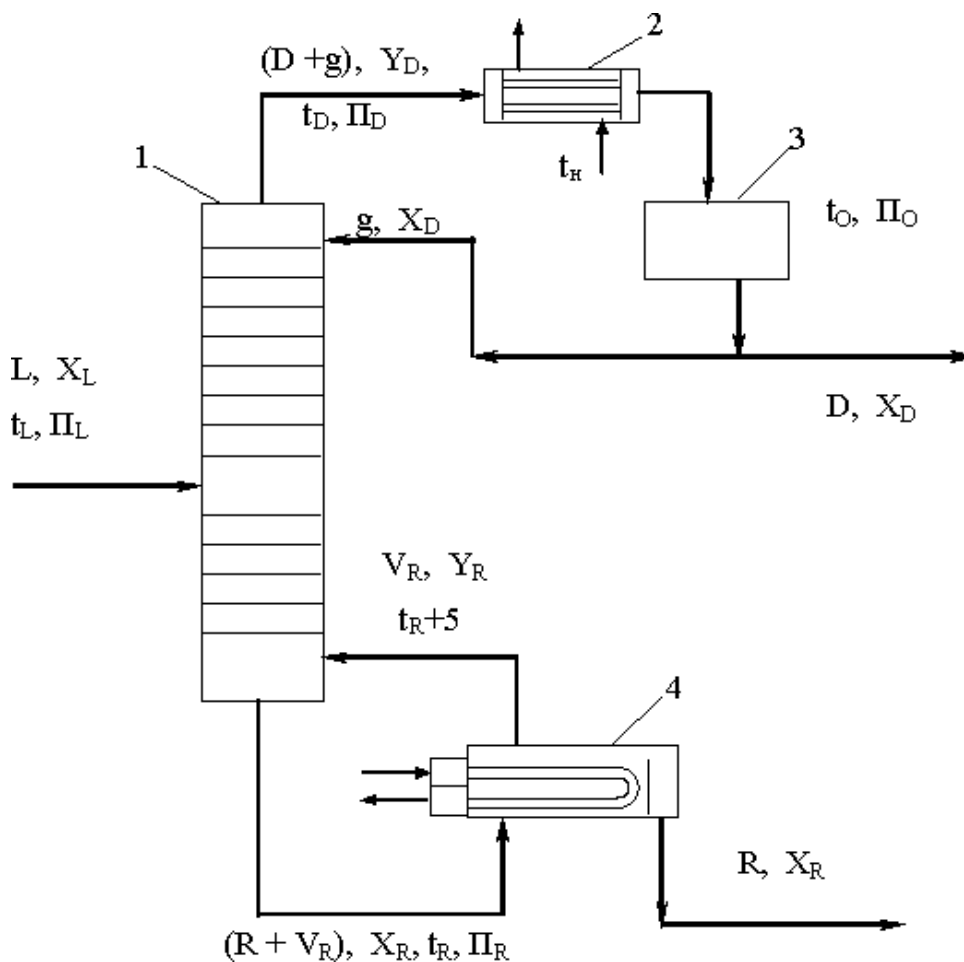


Рисунок 2.1 – Схема технологического узла, имеющего в составе ректификационную колонну: 1 – ректификационная колонна; 2 – конденсатор-холодильник; 3 – отстойная емкость; 4 – кипятильник; L, D, R, g, V_R – расходы сырья, дистиллята, остатка, холодного и горячего орошений, кмоль/ч; X_L, Y_D, X_D, X_R, Y_R – мольные концентрации НКК в сырье, парах и жидкости дистиллята, жидкости и парах остатка, доли; t_L, t_D, t_O, t_R, t_R – температуры сырья, паров и жидкости дистиллята, жидкого остатка, начальная хладагента, °С; $П_L, П_D, П_R, П_O$ – давления в секции питания, наверху и внизу колонны, в емкости орошения, МПа

Процесс ректификации осуществляют в колоннах, где в качестве устройств для контактирования паровой и жидкой фаз чаще используют тарелки, а реже – слои насадочных тел (кольца, седла, сетки и др.). Расчет

ректификационных колонн имеет целью определение условий проведения процесса для получения продуктов желаемого качества и нахождение основных размеров массообменного аппарата.

Разработка проекта такого технологического объекта как ректификационная колонна, являющаяся в ХТС элементом сложной структуры (рисунок 2.1), требует не только специальных знаний, но и средств проектирования.

Прежде всего, необходима разработанная, достаточно надежная и проверенная практикой математическая модель. Для ректификации простых (бинарных) смесей может быть использована модель, описанная в [5,6]. Расчеты модели проводятся по линейной схеме. В процессе расчета, после анализа показателей в узловых точках модели, необходимы возвраты к ряду предшествующих этапов для их уточнения (в частности: режимных параметров, флегмового числа, составов остатка и дистиллята, типа тарелок и др.), что позволяет оптимизировать результаты проектирования. Выбор наилучшего проекта колонного аппарата возможен только при наличии нескольких вариантов расчета.

Учитывая сложность модели процесса, значительный объем вычислительных процедур, необходимость итеративных расчетов для получения оптимального результата, рекомендуется использовать средства автоматизации проектирования. Могут быть использованы программы, разработанные кафедрой для расчета ректификации бинарной смеси.

В соответствии с тематикой работы необходимо выполнить расчет ректификационной колонны с применением различных типов тарелок, проанализировать полученные результаты и принять оптимальное решение.

Как известно, для массообменных процессов критерием оптимальности может служить минимум приведенных затрат, а оптимизирующим фактором является флегмовое число (удельный расход абсорбента, кратность экстрагента). Упомянутая модель ориентирована на использование оптимального флегмового числа, что позволяет исключить из рассмотрения

эксплуатационные расходы. Тогда в качестве показателя для сравнения вариантов проекта колонны могут выступать капитальные затраты, а они приближенно пропорциональны номинальному объему аппарата. Следовательно, оптимальным будет решение, отвечающее минимальному объему из ряда сравниваемых колонн.

Методика выполнения работы

Задания выполняются по вариантам. Исходные данные приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Исходные данные к заданию

№ варианта	Разделяемая смесь	L, кмоль/ч	X _L , мол.д.
1	Вода - уксусная кислота	300	0,2
2		330	0,3
3		350	0,4
4	Метанол - этанол	400	0,5
5		450	0,6
6		300	0,2
7	Этанол - вода	330	0,3
8		350	0,4
9		400	0,5
10	Бензол - толуол	450	0,6
11		300	0,2
12		330	0,3
13	Уксусная кислота - пропионовая кислота	330	0,3
14		350	0,4
15		400	0,5

Условия разделения принять.

При использовании программы кафедры *R102* для расчета ректификации бинарной смеси в диалоговом режиме (в значительной степени ориентированном на обучение), ее следует загрузить в ЭВМ. В качестве дополнительных исходных данных для проведения расчетов используются:

- расход сырья мольный – L, кмоль/ч;
- мольная концентрация НКК в сырье – X_L;

для НКК и ВКК:

- M – мольная масса, кг/кмоль;
- $t_{\text{кип}}$ – температура кипения, °С;
- $T_{\text{кр}}$ – критическая температура, К;
- $P_{\text{кр}}$ – критическое давление, МПа;
- $\rho_{\text{кр}}$ – критическая плотность, кг/м³;
- ω – фактор ацентричности;
- A, B, C – коэффициенты уравнения Антуана для расчета давления насыщенного пара в мм рт ст;
- A, B, C, D – коэффициенты уравнения для расчета идеально-газовой теплоемкости C_p° в ккал/(кмоль·К).

Исходные данные о свойствах компонентов могут быть приняты по [5,6]. Их следует разместить в отведенном для этих целей месте программы и сохранить измененную версию. Пуск на расчет – *Shift F5*. После этого следуют «подсказкам» на экране.

Табличные результаты расчета для каждого варианта тарелок при помощи *командной строки* копируются и переносятся (отдельно для каждой таблицы) в *Word*. Далее таблицы результатов расчета необходимо привести к следующему виду: шрифт – *Courier New*, размер шрифта – 11.

Обобщенные данные вариантов расчета (тип тарелок, D , H , V) необходимо свести в таблицу. По результатам анализа выбрать оптимальный проект колонного аппарата.

При использовании программы кафедры *release* для расчета ректификации бинарной смеси в интерактивном режиме (ориентированном на скорейшее получение результата путем автоматического перерасчета всего, что зависит от изменяемого значения какого-либо параметра) ее необходимо загрузить в ЭВМ. Исходные данные те же. Часть данных, связанных с характеристиками используемых веществ, вводятся вручную в файл *config.txt*. Каждое вещество представлено строкой, параметры которой разделяются символом табуляции.

Пуск на расчет осуществляется при помощи исполняемого файла *Kolona.exe*.

Ввод и вывод данных сгруппирован по вкладкам:

- Основное – вводятся разделяемые компоненты и их концентрации, параметры температуры и давления в колонне.
- Первый вывод – выводятся таблицы исходных данных к расчету, температурные параметры колонны, показатели ректификации.
- Параметры тарелок – осуществляется ввод параметров тарелок.
- Параметры штуцеров – вводятся параметры штуцеров.
- Высота колонны – вводятся высотные характеристики колонны.
- Второй вывод – выводятся таблицы тарелок, теплового баланса колонны, гидравлического расчета тарелок, штуцеров, и высотных размеров колонны.
- Таблица объемов – позволяет сравнить параметры колонны для разных типов тарелок и выбрать оптимальный вариант.

Вывод данных осуществляется в табличном виде в текстовое поле, что удобно для последующего копирования в текстовый редактор.

В *Word* переносятся таблица объемов, а также первый и второй выводы для оптимального варианта.

Содержание отчета

В отчете о выполненной работе должны содержаться следующие данные:

Дата проведения работы.

Цель работы

Описание схемы и ее

рисунок. Постановка задачи.

Таблицы с результатами расчета.

Сводная таблица анализа результатов расчета.

Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под контактными устройствами ректификационных колонн?
2. Какие разновидности тарелок известны?
3. Каковы преимущества и недостатки различных типов тарелок?
4. Какова цель проектирования ректификационных колонн?
5. Какой параметр процесса ректификации оптимизирует оборудование для его проведения?
6. Как спроектировать ректификационную колонну оптимальным образом?

Лабораторное занятие №3,4. Расчет основных размеров оборудования по укрупненным показателям. Подбор оборудования по укрупненным показателям.

Цель: приобретение знаний и умений по практическому освоению методов подбора типового оборудования ХТС по укрупненным показателям по каталогам, стандартам.

Целью заданий является подбор вспомогательного оборудования на примере технологического узла ректификации по данным расчета колонны.

Вопросы для обсуждения

1. Состав оборудования технологического узла ректификации.
2. Принципы подбора вспомогательного оборудования.
3. Как выполняют подбор типового оборудования ХТС по укрупненным показателям?
4. Каким образом влияют параметры ректификации на материальное оформление узла?
5. Каковы цели подбора вспомогательного оборудования узла ректификации?

Методические рекомендации

Для подготовки к проведению работы необходимы знания теоретических материалов, связанных с аппаратурным оформлением технологического узла ректификации.

В качестве основы технологического узла используется подсистема, приведенная на рисунке 2.1. На линии сырья дополнительно устанавливаются его подогреватель и перед ним насос для подачи жидкой смеси в колонну, на линии флегмы – насос для ее подачи вверх колонны, на линии остатка – его холодильник и откачивающий насос.

Подбор оборудования ХТС по укрупненным показателям проводят, как правило, на стадиях технико-экономического обоснования проекта. При этом обычно отсутствуют модели элементов ХТС и всей системы. Поэтому

необходимое для реализации технологического процесса оборудование подбирают, опираясь на данные практики и опыт проектирования процесса-аналога.

Для ХТС «Установка ректификации» кроме основного аппарата (колонны) в ее состав входят, как указывалось выше: насос сырья; теплообменник нагрева сырья; конденсатор-холодильник дистиллята; емкость орошения; насос для подачи флегмы; испаритель с паровым пространством (ПП) для остатка; холодильник для остатка; насос для остатка.

Поскольку для колонны ректификации имеется оптимальный проект (по итогам предыдущих занятий), то эти результаты могут быть использованы и для подбора вспомогательного оборудования данной ХТС *по методике*, представленной ниже.

1. Подбор насоса для сырья

Давление в секции питания π_L , МПа принимаем по результатам расчета колонны.

Находим мольную массу смеси $M_{см}$ по формуле:

$$M_{см} = M_1 \cdot x_L + M_2 \cdot (1 - x_L),$$

где M_1 - мольная масса НКК; M_2 - мольная масса ВКК; x_L - мольный состав сырья (здесь и далее - доля НКК).

Находим производительность G насоса:

$$G = L \cdot M_{см}, \text{ кг/ч и далее}$$

кг/с, где L - расход сырья кмоль/ч.

Находим массовый состав сырья x_L^* :

$$x_L^* = x_L \cdot \frac{M_1}{M_{см}}$$

Находим плотность смеси $\rho_{см}$:

$$\rho_{см} = \frac{1}{\frac{x_L^*}{\rho_1} + \frac{1 - x_L^*}{\rho_2}}, \text{ кг / м}^3,$$

ρ_1 ρ_2

где ρ_1 – плотность НКК кг/м³; ρ_2 – плотность ВКК, кг/м³.

Плотности жидких компонентов при температуре подачи исходной смеси (20-25°C) принимаются по справочным данным, например [7].

Находим объемный расход смеси V :

$$V = \frac{G}{\rho_{см}}, \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Находим давление на выходе из насоса P :

$$P = \pi_L + \Delta P_{ТР} + \Delta P_{ТА} + \rho_{см} \cdot g \cdot \left(\begin{array}{c} H_{отг} + H_1 + H_{куб} + H_{оп} \\ \text{1 куб оп} \end{array} \right), \text{ Па},$$

где π_L – давление в секции питания, Па; $\Delta P_{ТР}$ – потери давления потоком в трубопроводе, Па (рекомендуется принять ≈ 5000); $\Delta P_{ТА}$ – потери давления потоком в подогревателе сырья, Па (рекомендуется принять ≈ 50000); g – ускорение свободного падения, м/с²; $H_{отг}$ – высота отгонной секции, м; H_1 – высота от куба до нижней тарелки, м; $H_{куб}$ – высота куба, м; $H_{оп}$ – высота опоры, м.

Высотные размеры колонны принимаем по результатам ее расчета. Определяем напор насоса H по формуле:

$$H = \frac{P}{\rho_{см} \cdot g}, \text{ м.ст.ж.}$$

Определяем мощность привода N :

$$N = \frac{V \cdot P}{\eta}, \text{ Вт} \text{ и далее кВт},$$

где η – КПД насоса (0,6-0,7).

По полученным данным $Q \equiv V, \text{ м}^3 / \text{с}$ $H, \text{ м.ст.ж.}$ $N, \text{ кВт}$ подбираем

насос из каталога и записываем его характеристику, например: X 45/54, $Q = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 42 \text{ м. ст. ж.}$, $\eta_n = 0,60$; электродвигатель: АО2-71-2, $N_n = 22 \text{ кВт}$, $\eta_{дв} = 0,88$.

2. Подбор теплообменника для нагрева сырья

В качестве греющего теплоносителя рекомендуется принять насыщенный водяной пар с температурой:

$$t_{\text{ВП}} = t_L + 10,$$

где t_L – температура нагретого сырья для подачи в секцию питания колонны °С (принимается по результатам расчета колонны).

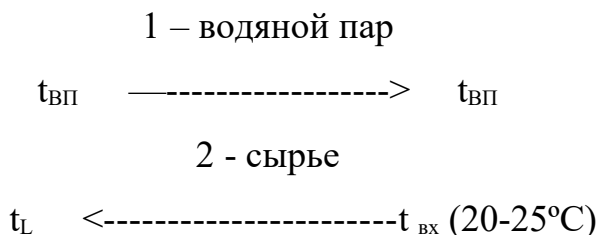
Площадь нагрева для теплообменника F_T определяем по формуле:

$$F_T = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}}, \text{ м}^2,$$

где Q – тепловая производительность аппарата, Вт; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); Δt_{cp} – средняя разность температур теплоносителей в аппарате, °С.

Коэффициент теплопередачи для варианта «греющий пар - жидкость» принимаем равным $k = 150 - 250$ Вт/(м²·К).

Для определения средней разности температур теплоносителей в аппарате составляем температурную схему его работы:



Затем определяем разности температур теплоносителей на концах теплообменника:

$$\Delta t_m = t_{\text{ВП}} - t_L; \quad \Delta t_6 = t_{\text{ВП}} - t_{\text{вх}}$$

и среднюю движущую силу процесса теплопередачи:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{1 \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}, \text{ если } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} > 2;$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2}, \text{ если } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} < 2.$$

Находим теплопроизводительность Q по формуле:

$$Q = L \cdot (H_L - h_L) / 3600, \quad \text{и далее Вт, кВт}$$

где H_L и h_L – энтальпии сырья на выходе и входе теплообменника, кДж/кмоль.

Величину H_L принимаем по результатам расчета колонны, а h_L предварительно находим по формуле:

$$h_L \approx 0,08 \cdot H_L, \text{ кДж / кмоль.}$$

Подбираем теплообменник по ГОСТ и записываем его характеристику, например: кожухотрубчатый аппарат, $D = 800$ мм, число ходов – 2, $d_n = 20 \times 2$ мм, число трубок - $n = 690$ шт., $F = 173$ м², длина труб - $\ell = 4$ м.

3. Подбор конденсатора-холодильника для дистиллята

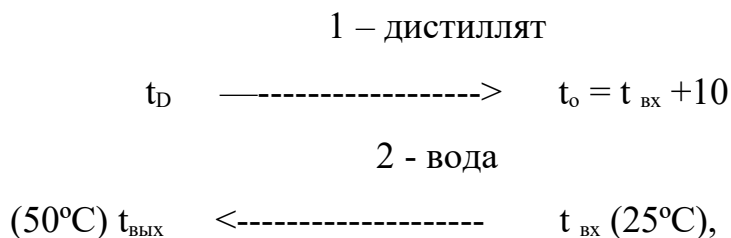
В качестве охлаждающего агента рекомендуется принять оборотную воду с температурами $t_{\text{вх}} = 25^\circ\text{C}$ и $t_{\text{вых}} = 50^\circ\text{C}$ (или как выбрано при расчете колонны ранее на занятии №2).

Площадь охлаждения для конденсатора-холодильника $F_{\text{КХ}}$ определяем по формуле:

$$F_{\text{КХ}} = \frac{Q_D}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}}, \text{ м}^2,$$

где Q_D – тепловая нагрузка аппарата, принимаемая из результатов расчета колонны, Вт; k – ориентировочный коэффициент теплопередачи для варианта «конденсирующийся пар / жидкость - жидкость» принимаем равным $k = 200 - 300$ Вт/(м²·К); Δt_{cp} - средняя разность температур теплоносителей в аппарате, °С, находим как и в предыдущем случае.

Составляем температурную схему аппарата (для хладагента см. примечание выше):



где t_D – температура паров дистиллята, °С; t_o - температура дистиллята в емкости орошения, °С (принимаем по результатам расчета колонны).

Затем определяем разности температур теплоносителей на концах теплообменника:

$$\Delta t_6 = t_D - t_{\text{вых}}; \quad \Delta t_m = t_o - t_{\text{вх}}.$$

Среднюю движущую силу процесса теплопередачи $\Delta t_{\text{ср}}$ определяем, как и ранее.

Далее подбираем теплообменник по ГОСТ и записываем его характеристику.

4. Подбор емкости орошения

Емкость вертикального или горизонтального типа должна иметь некоторый запас жидкости для орошения верха колонны. Обычно ориентируются на промежуток времени $\tau = 10-15$ мин.

Находим суммарный расход дистиллята в верхнем контуре L_D :

$$L_D = D + g_p = D \cdot (1 + f), \text{ кмоль / ч,}$$

где D , g_p , r_p – расход дистиллята, количества орошения, кмоль/ч; r_p – флегмовое число (принимается по результатам расчета колонны).

Далее находим объемный расход по формуле:

$$V_D = \frac{L_D \cdot M_D}{\rho \cdot 60}, \text{ м}^3 / \text{мин,}$$

где $M_D \approx M_1$ – мольная масса дистиллята, принимаемая равной мольной массе НКК; $\rho \approx \rho_1$ – плотность жидкого дистиллята при температуре в емкости орошения t_o , принимаемая по справочным данным, кг/м³.

Находим рабочий объем емкости V_p :

$$V_p = V_D \cdot \tau, \text{ м}^3.$$

Далее находим номинальный объем емкости V_n :

$$V_n = V_p / \varphi, \text{ м}^3,$$

где $\varphi = 0,85 - 0,95$ - коэффициент заполнения емкости жидкостью.

Подбираем емкость по каталогу и записываем ее характеристику, например: ГОСТ 9931 – 79*; корпус типа ВПС (вертикальный с плоскими и сферическими днищами); $V = 1 \text{ м}^3$, $D_b = 1000 \text{ мм}$, $\ell = 1205 \text{ мм}$, $P_y 0,64$.

5. Подбор насоса для подачи флегмы

Давление наверху колонны π_D , МПа принимаем по результатам расчета колонны.

Находим мольную массу дистиллята M_D по формуле:

$$M_D = M_1 \cdot x_D + M_2 \cdot (1 - x_D)$$

где M_1 - мольная масса НКК; M_2 - мольная масса ВКК; x_D - мольный состав дистиллята.

Находим расход флегмы g_p :

$$g_p = D \cdot r_p, \text{ кмоль / ч,}$$

где D - расход дистиллята, кмоль/ч; r_p - рабочее число флегмы (принимаем по результатам расчета колонны).

Находим производительность G_ϕ насоса:

$$G_\phi = g_p \cdot M_D, \text{ кг/ч и далее кг/с.}$$

Находим объемный расход флегмы V_ϕ :

$$V_\phi = \frac{G_\phi}{\rho}, \text{ м}^3 / \text{с,}$$

где $\rho \approx \rho_1$ - плотность жидкого дистиллята при температуре в емкости орошения t_o , принимаемая по справочным данным, кг/м³.

Находим давление на выходе из насоса P_ϕ :

$$P_\phi = \pi_D + \Delta p_{TR\phi} + \rho \cdot g \cdot H_k, \text{ Па,}$$

где π_D - давление наверху колонны, Па; $\Delta P_{TR\phi}$ - потери давления потоком в

трубопроводе подачи флегмы, P_a (рекомендуется принять ≈ 50000); H_k – высота колонны, м (принимается по результатам расчета колонны).

Определяем напор насоса H_ϕ по формуле:

$$H_\phi = \frac{P_\phi}{\rho \cdot g}, \text{ м.ст.ж.}$$

Определяем мощность привода N_ϕ :

$$N = \frac{V_\phi \cdot P_\phi}{\eta} \quad \text{и далее кВт.}$$

,Вт

По полученным данным $Q_\phi \equiv$, V_ϕ , H_ϕ , N_ϕ

подбираем насос из каталога и записываем его характеристику.

6. Подбор испарителя с ПП для остатка

В качестве греющего теплоносителя рекомендуется принять насыщенный водяной пар с температурой:

$$t_{вп} = t_R + 15,$$

где t_R – температура жидкого остатка внизу колонны, °С (принимая по результатам расчета колонны).

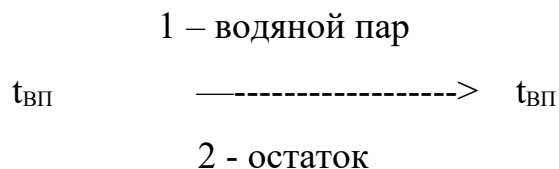
Площадь нагрева для кипятильника $F_{ПП}$ определяем по формуле:

$$F_{ПП} = \frac{Q_R}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2,$$

где Q_R – тепловая нагрузка аппарата, принимаемая из результатов расчета колонны, Вт; k – коэффициент теплопередачи для варианта

«конденсирующийся пар / кипящая жидкость» принимаем равным $k = 500 - 1000$ Вт/(м²·К); Δt_{cp} - средняя разность температур теплоносителей в аппарате, °С, находим как и в предыдущем случае.

Составляем температурную схему аппарата:



$$t_R + (5...10) <-----t_R$$

Затем определяем разности температур теплоносителей на концах теплообменника:

$$\Delta t_m = t_{\text{ВП}} - (t_R + 5 \dots 10); \Delta t_6 = t_{\text{ВП}} - t_R.$$

Среднюю движущую силу процесса теплопередачи Δt_{cp} определяем, как и ранее.

Далее подбираем подогреватель (испаритель) с ПП по ГОСТ и записываем его характеристику.

7. Подбор холодильника для остатка

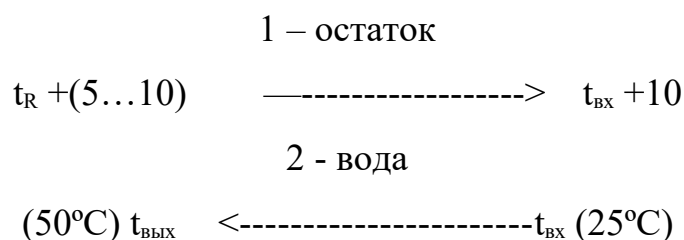
В качестве охлаждающего агента рекомендуется принять обратную воду с температурами $t_{\text{вх}} = 25^\circ\text{C}$ и $t_{\text{вых}} = 50^\circ\text{C}$.

Площадь охлаждения для холодильника F_X определяем по формуле:

$$F_X = \frac{Q_X}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}}, \text{ м}^2,$$

где Q_X – тепловая нагрузка холодильника, Вт; k – коэффициент теплопередачи для варианта «жидкость - жидкость» принимаем равным $k = 150 - 200$ Вт/(м²·К); Δt_{cp} - средняя разность температур теплоносителей в аппарате, °С, находим как и ранее.

Составляем температурную схему аппарата:



Затем определяем разности температур теплоносителей на концах теплообменника:

$$\Delta t_6 = (t_R + 5 \dots 10) - t_{\text{вых}}; \quad \Delta t_m = (t_{\text{вх}} + 10) - t_{\text{вх}}.$$

Среднюю движущую силу процесса теплопередачи Δt_{cp} определяем, как и ранее.

Тепловую нагрузку холодильника Q_X находим по формуле:

$$Q_X = R \cdot (h_{R1} - h_{R2}) / 3600, \quad \text{и далее Вт, кВт}$$

где R – расход остатка, кмоль/ч (принимаем по результатам расчета колонны);
 h_{R1} , h_{R2} – энтальпии остатка при температурах $t_R + (5...10)$ и $t_{BX} + 10$,
 соответственно, кДж/кмоль.

Величины h_R и h_{R1} принимаем по результатам расчета колонны, а h_{R2} находим по схеме, приведенной на рисунке 3.1.

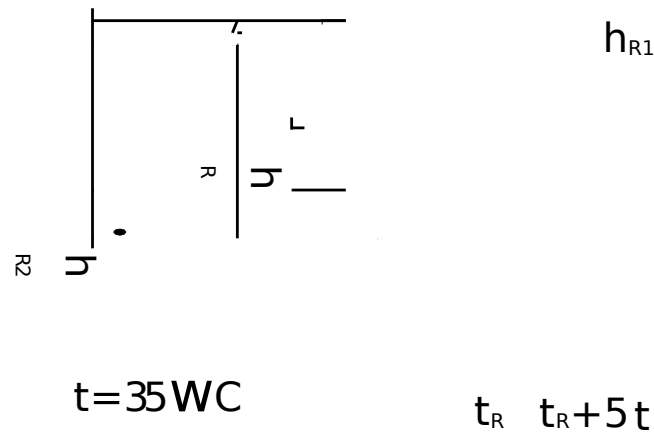


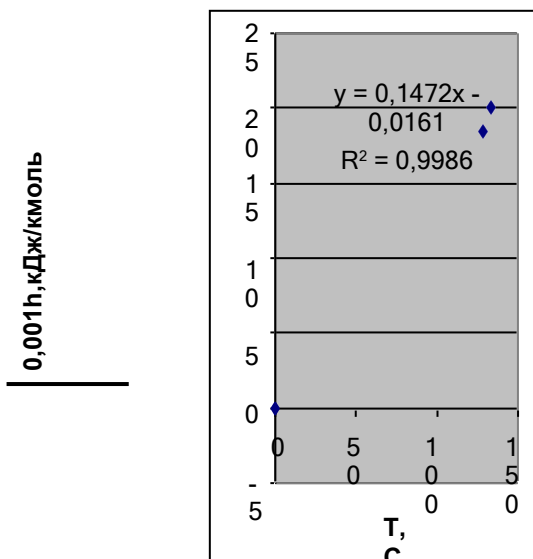
Рисунок 3.1 – Схема нахождения h_{R2} : h_{R1} и h_R – приняты по результатам расчета колонны

Более удобно определить величину h_{R2} по уравнению, которое описывает зависимость $h = f(T)$. В качестве третьей точки на диаграмме примем $h = 0$ при $T = 0^\circ\text{C}$. Используем возможности Excel, описанные в материале занятия № 1.

В качестве *примера* используем данные, приведенные ниже [5]. При помощи *Мастер диаграмм* проводим необходимые построения и определяем коэффициенты линейного уравнения (см. рисунок 3.2).

$T, ^\circ\text{C}$	$h \cdot 10^{-3},$ кДж/кмоль
0	0
128,37	18,458
133,37	20,035

Рисунок 7.2 - Зависимость $h = f(T)$



По полученным данным уравнение для энтальпии остатка будет иметь следующий вид:

$$h \cdot 10^{-3} = 0,1472 \cdot T - 0,0161.$$

Для температуры $T = 35^{\circ}\text{C}$ получим:

$$h \cdot 10^{-3} = 0,1472 \cdot 35 - 0,0161 = 5,1359 \text{ кДж/кмоль или } h_{R2} = 5135,9 \text{ кДж/кмоль.}$$

Далее подбираем холодильник по ГОСТ и записываем его характеристику.

8. Подбор насоса для остатка

Находим производительность G_O насоса:

$$G_O = R \cdot M_R, \text{ кг/ч и далее кг/с,}$$

где $M_R \approx M_2$ – мольная масса остатка, кг/кмоль.

Находим объемный расход остатка V_O :

$$V_O = \frac{G_O}{\rho}, \text{ м}^3 / \text{с.}$$

где $\rho \approx \rho_2$ – плотность жидкого остатка при температуре входа в насос $t_{\text{вх}} + 10$ (35°C), принимаемая по справочным данным, кг/м³.

Находим давление на выходе из насоса P_O :

$$P_O = \pi_A + \Delta p_{\text{ТРО}} + \rho \cdot g \cdot H_P, \text{ Па,}$$

где π_A – давление в резервуаре, Па (принимаем равным атмосферному); $\Delta p_{\text{ТРО}}$ – потери давления потоком в трубопроводе подачи остатка, Па (рекомендуется принять ≈ 50000); H_P – высота резервуара, м (принимаем 5-10 м).

Определяем напор насоса H_O по формуле:

$$H_O = \frac{P_O}{\rho \cdot g}, \text{ м.ст.ж.}$$

Определяем мощность привода насоса N_O :

$$N_O = \frac{V_O \cdot P_O}{\eta} \text{ и далее кВт.}$$

Вт

По полученным данным $Q_o \equiv$, m^3 / c H_o , N_o , кВт
 V_o , $м.ст.ж.$,

подбираем насос из каталога и записываем его характеристику.

Методика выполнения работы

Задания выполняются по вариантам. В качестве исходных данных для подбора оборудования на основе расчетов по укрупненным показателям используют материалы оптимального проектирования колонны (занятие № 2) в соответствии с методикой, описанной выше.

Содержание отчета

В отчете о выполненной работе должны содержаться следующие данные:

Дата проведения работы.

Цель работы.

Постановка задачи.

Результаты подбора оборудования установки ректификации.

Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под типовым оборудованием?
2. Что понимают под расчетом оборудования по «укрупненным показателям»?
3. Как подобрать по ГОСТ или каталогу теплообменный аппарат?
4. Как подобрать по ГОСТ или каталогу насос?
5. Как подобрать по ГОСТ или каталогу емкость?
6. Как учесть рабочие параметры при выборе характеристик типового оборудования?

2. НАЛАДКА, НАСТРОЙКА И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Лабораторное занятие №5. Проектирование и выбор оборудования для хранения газов и жидкостей

Цель: изучение методик для определения габаритных размеров сосудов для хранения газов и жидкостей.

Целью заданий является приобретение знаний и умений по практическому освоению методов подбора типового оборудования химической отрасли.

К относительно не сложному оборудованию отрасли относятся горизонтальные и вертикальные емкости, которые служат для приема и резервирования различных газов и жидкостей, проведения простейших процессов (отстаивание, сепарация).

Методика проектирования емкостей заключается в следующем. К габаритным размерам емкости относятся ее внутренний диаметр D и длина L или внутренний диаметр D и высота H для вертикальной емкости.

При хранении жидкостей степень заполнения номинального объема V_n составляет $\varphi=0,85\div 0,9$. Тогда номинальный объем будет равен:

$$V_n = V_p / \varphi, \text{ м}^3,$$

где V_p – объем хранимой жидкости, м^3 .

Рекомендуется согласовать полученное значение V_n с ближайшим по ГОСТ 13372-78*, принять стандартное значение и выбрать по каталогу горизонтальную или вертикальную емкость, отвечающую условиям ее применения (характеристика среды, температура, давление).

В альтернативных случаях следует задаться значением внутреннего диаметра D сосуда из стандартного ряда (400...20000 мм). Тогда длина емкости или ее высота будет равна:

$$L \equiv H \approx 4V_n / (\pi D^2),$$

где $\pi=3,14$.

Затраты на изготовление сосуда будут близки к оптимальным при выполнении соотношения размеров $L/D \equiv H/D = \langle 3...7 \rangle$.

Если найденные габаритные размеры емкости не удовлетворяют вышеприведенному соотношению, то следует сделать новую попытку расчета.

Ниже рассматривается числовой пример проектирования горизонтальной емкости.

Пример 5.1. Определить габаритные размеры горизонтальной емкости для хранения $V_p=110 \text{ м}^3$ жидкого продукта (реактента) при атмосферном давлении и температуре до $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Решение

Схема к определению размеров емкости приведена на рисунке 5.1.

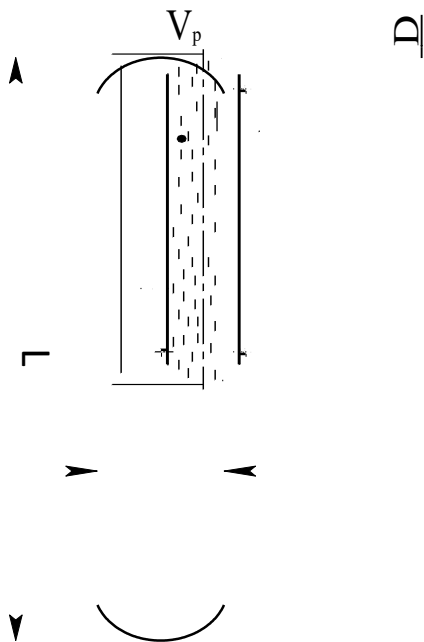


Рисунок 5.1 – Схема к определению размеров емкости

Примем степень заполнения номинального объема емкости $\phi=0,9$. Тогда ее номинальный объем будет равен:

$$V_n=110/0,9 = 122,2 \text{ м}^3.$$

Ближайшим по ГОСТ 13372-78* является $V_n= 125 \text{ м}^3$, который и примем для дальнейших расчетов.

Зададимся значением внутреннего диаметра сосуда $D = 3 \text{ м}$.

Тогда

$$L \approx 4 \cdot 125 / (3,14 \cdot 3^2) = 17,7 \text{ м}.$$

Проверим соотношение размеров емкости $L/D = 17,7/3 = 5,9$, что соответствует рекомендациям.

Найденные размеры емкости позволяют выполнить ее материальное оформление, прочностной расчет и подготовить чертежи общего вида для оформления заказа на изготовление.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо:

1. Подобрать типовую емкость или рассчитать ее основные (габаритные) размеры по исходным данным, приведенным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные к заданию

№ варианта	Рабочий объем, м ³	Среда	Тип емкости	№ варианта	Рабочий объем, м ³	Среда	Тип емкости
1	3	Ж	Г	6	55	Ж	Г
2	6,3	Г	В	7	80	Г	В
3	12	Ж	В	8	90	Ж	В
4	25	Г	Г	9	160	Г	Г
5	38	Ж	Г	10	185	Ж	Г

2. Составить эскиз емкости.

Контрольные вопросы

1. Какие разновидности сосудов для газов и жидкостей используются в химической отрасли?

2. Какая нормативно-техническая документация используется для сосудов?

3. Для каких целей служат емкости, и какие их конструкции известны?

4. Что является главной характеристикой емкости, определяющей ее размеры?

5. Какова методика расчета подбора или проектирования емкостного оборудования?

Лабораторное занятие №6. Проектирование и выбор оборудования для хранения сыпучих материалов

Цель: изучение методик для определения габаритных размеров сосудов для хранения сыпучих материалов.

Целью заданий является практический расчет основных размеров бункера.

Методика проектирования бункеров заключается в следующем. Прежде всего, выбирается конфигурация бункера. Например, для цилиндроконического бункера (рисунок 6.1) определяющими размерами являются диаметры цилиндрической части D , выпускного отверстия d и высоты отдельных частей.

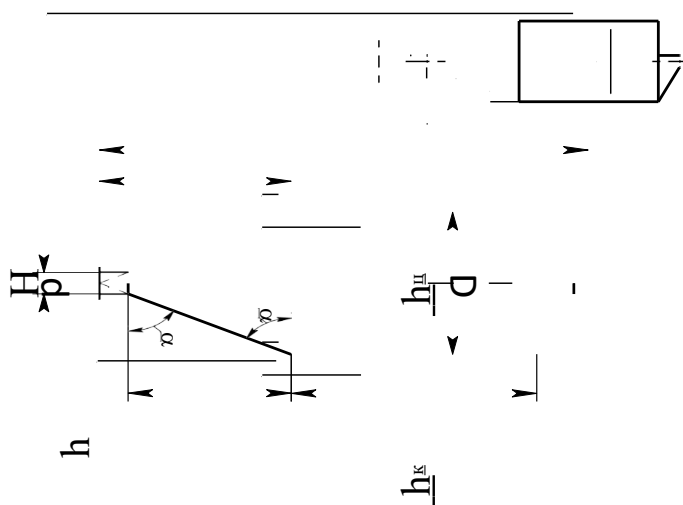


Рисунок 6.1 – Схема к определению размеров цилиндроконического бункера

По рабочему объему материала следует принять больший ближайший номинальный объем сосуда V_n .

Нормальное истечение материала через выпускное отверстие обеспечивается при угле наклона конической стенки к горизонту $\alpha=45-55^\circ$.

Далее следует задаться диаметром бункера из стандартного ряда для сосудов и аппаратов (см. пример 5.1) и диаметром выпускного отверстия из ряда условных диаметров для трубопроводов (100...600 мм).

Тогда расчетная высота конуса нижней части будет равна:

$$h=D/2 \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – принятый угол наклона стенки к горизонту, °.

Высота усеченного конуса h_k определяется по формуле:

$$h_k = \frac{h}{1 + \frac{d}{D-d}}.$$

Объем конической части составит:

$$V_k = \frac{1}{12} \pi h_k (D^2 + d^2 + Dd).$$

Объем цилиндрической верхней части равен:

$$V_{ц} \approx 0,95(V_n - V_k),$$

где коэффициент 0,95 учитывает часть объема бункера под конической крышкой.

Высота цилиндрической части бункера будет равна:

$$h_{ц} = 4V_{ц} / \pi D^2.$$

Далее необходимо проверить рекомендуемое соотношение $h_{ц}/D$.

Полная высота бункера с учетом конструктивных соображений будет равна:

$$H = h_k + h_{ц} + (1,2 \div 1,5), \text{ м.}$$

Пример 6.1. Определить габаритные размеры цилиндроконического бункера для хранения $V_p = 15 \text{ м}^3$ гранулята при атмосферном давлении и температуре до 30 °С.

Решение

Схема к расчету бункера приведена на рисунке 6.1. Зададимся углом наклона конической стенки бункера к горизонту $\alpha = 50^\circ$, диаметром бункера $D = 1,8 \text{ м}$ и диаметром выпускного отверстия $d = 0,3 \text{ м}$. Ближайшее значение номинального объема по ГОСТ составляет $V_n = 16 \text{ м}^3$.

Расчетная высота конуса нижней части будет равна:

$$h = 1,8 / 2 \times \operatorname{tg} 50^\circ = 1,44 \text{ м.}$$

Высота усеченного конуса h_k составляет:

$$h_k = \frac{1,44}{1 + \frac{0,3}{1,8 - 0,3}} = 1,2 \text{ м.}$$

Объем конической части составит:

$$V_k = \frac{1}{12} \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot (1,8^2 + 0,3^2 + 1,8 \cdot 0,3) = 1,47 \text{ м}^3.$$

Объем цилиндрической верхней части равен:

$$V_{\text{ц}} \approx 0,95 \cdot (16 - 1,47) = 13,8 \text{ м}^3.$$

Высота цилиндрической части бункера будет равна:

$$h_{\text{ц}} = 4 \cdot 13,8 / (3,14 \cdot 1,8^2) = 5,43 \text{ м.}$$

Проверим соотношение $h_{\text{ц}}/D = 5,43/1,8 = 3,02$.

Полная высота бункера с учетом конструктивных соображений будет равна:

$$H = 1,2 + 5,43 + 1,27 = 7,9 \text{ м.}$$

Диаметр загрузочного штуцера бункера принимаем такой же, как и выпускного, т.е. 0,3 м.

Дальнейшее проектирование бункера направлено на его материальное оформление, прочностной расчет и разработку чертежей общего вида для заказа на изготовление.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо:

1. Рассчитать основные (габаритные) размеры цилиндроконического бункера по исходным данным, приведенным в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Исходные данные к заданию

№ варианта	Рабочий объем, м ³	Среда	№ варианта	Рабочий объем, м ³	Среда
1	3,2	Песок	6	20	Карбамид
2	6,3	Глина	7	32	Аммофос
3	8	Адсорбент	8	40	Азофоска
4	10	Катализатор	9	4	Колчедан
5	16	Известь	10	5	Кокс

2. Составить эскиз бункера.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей служат бункера?
2. Какие разновидности конструкций бункеров используются в химической отрасли?
3. Какие материалы используются для изготовления бункеров? От чего это зависит?
4. Какие характеристики бункера определяют его размеры?
5. Какова методика проектирования бункеров?

Лабораторное занятие №7,8. Расчет оболочек, крышек и днищ на прочность

Цель: приобретение знаний и умений по практическому освоению методик прочностных расчетов элементов химического оборудования.

Целью заданий является освоение методов расчета на прочность оболочек, крышек и днищ сосудов и аппаратов.

Прочностному расчету химического оборудования предшествует его *материальное оформление*, т.е. выбор материалов для изготовления, который зависит от рабочих условий протекания процесса и свойств самих материалов.

Рабочие условия протекания процесса определяются температурой, давлением и свойствами среды.

Правилами Ростехнадзора не допускается применение углеродистой стали для аппаратов, работающих под давлением при температуре стенки выше 475 °С. Механические свойства легированных сталей при повышении температуры ухудшаются менее резко и их используют при температуре стенки выше 475 °С.

При повышенных давлениях более жёсткие требования предъявляют к качеству стали. Углеродистые стали обыкновенного качества разрешается применять для аппаратов, работающих под давлением до 5 МПа, а при больших давлениях следует применять стали с лучшими механическими свойствами (пониженное содержание серы, фосфора и других примесей).

Увеличение давления интенсифицирует коррозию. В процессах, использующих циркулирующий водородсодержащий газ при значительных давлениях, стали подвергаются водородной коррозии.

При выборе материалов необходимо учитывать коррозионное и эрозионное воздействие среды. Агрессивное воздействие среды определяет и конструкцию оборудования.

Основные физико-механические и технологические свойства материалов, которые определяют их выбор, следующие:

- предел прочности или временное сопротивление разрыву σ_B ;
- предел текучести σ_T ;
- относительное удлинение δ ;
- относительное сужение ψ ;
- модуль упругости при растяжении E ;
- коэффициент Пуассона μ ;
- ударная вязкость a_n ;
- ползучесть;
- коэффициент линейного расширения;
- свариваемость;
- обрабатываемость давлением и резанием.

Помимо указанных факторов при выборе материалов необходимо учитывать экономические факторы.

При расчете аппаратов правильный выбор допускаемых напряжений приводит к экономии материала. Расчетные допускаемые напряжения связаны с номинальными (нормативными $[\sigma]_H$ или σ^*) допускаемыми напряжениями зависимостью:

$$[\sigma] = [\sigma]_H \cdot \eta,$$

где $[\sigma]_H$ – номинальное допускаемое напряжение, МПа; η – коэффициент снижения напряжения, учитывающий условия работы и вид заготовки для изготовления оборудования (литье, поковка, прокат и др.).

Номинальные допускаемые напряжения для сталей углеродистых и марганцовистых (ВСтЗсп, 16ГС и др.) – до температуры 380 °С, низколегированных типа 12ХМ – до температуры 420°С, высоколегированных типа 08Х18Н10Т – до температуры 525 °С определяют в зависимости от предела прочности и предела текучести:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma^t}{n^B}; \quad [\sigma]_H = \frac{\sigma^t}{T},$$

где σ_B^t и σ_T^t – пределы прочности и текучести стали при рабочей температуре t стенки аппарата, МПа; n_B и n_T – запасы по пределу прочности и по пределу текучести. Из двух величин $[\sigma]_H$ берется меньшее числовое значение.

Величину коэффициента запаса прочности при выборе допускаемого напряжения в общем случае необходимо принимать с учетом качества материала, технологии изготовления и методов контроля, условий производства, свойств среды, характера приложений и рода нагрузок, точности расчета.

В расчетах коэффициенты запаса прочности принимают не менее:

$$n_B = 2,6 \quad \text{и} \quad n_T = 1,5.$$

При высоких температурах номинальное допускаемое напряжение проверяется по пределу длительной прочности и пределу текучести:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_D^t}{n_D}, \quad [\sigma]_H = \frac{\sigma_T^t}{n_T},$$

где σ_D^t – предел длительной прочности при рабочей температуре, МПа; n_D – коэффициент запаса по пределу длительной прочности ($n_D = 1,5$).

Нормативные допускаемые напряжения в зависимости от температуры выбирают по ГОСТ 14249-73* (Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность), а также по действующим отраслевым руководящим материалам и справочникам конструкционных материалов.

Пример 6.1. Подобрать материал для изготовления цилиндрической части корпуса конденсационной колонны аммиака и определить допускаемое напряжение и прибавку к расчетной толщине на компенсацию коррозии, если расчетное давление составляет $P = 31,4$ МПа и расчетная температура $t = 40^\circ \text{C}$. Рабочая среда является – коррозионной.

Решение

Учитывая свойства среды и режимные параметры работы сосуда, примем для изготовления корпуса сталь 10Г2С1 ГОСТ 5632-72*, так как среда в

аппарате коррозионная. При этом скорость коррозии материала составит $P_B = 0,0025$ м/год (справочные данные).

Прочностные характеристики для данной марки стали при расчетной температуре $t = 40^\circ \text{C}$ по справочным данным составляют:

$$\sigma_B = 505 \text{ МПа}; \sigma_T = 361 \text{ МПа}.$$

Тогда нормативное допускаемое напряжение при коэффициентах запаса $n_B = 2,6$ и $n_T = 1,5$ будет равно:

$$\sigma^* = \min \left\{ \begin{array}{l} \sigma_B/n_B = 505/2,6 = 194 = 194 \text{ МПа.} \\ \sigma_T/n_T = 361/1,5 = 241 \end{array} \right\}$$

Допускаемое напряжение составит:

$$[\sigma]_i = \eta \cdot \sigma^* = 0,9 \cdot 194 = 175$$

МПа, где $\eta = 0,9$, так как обрабатываемая среда токсична.

Прибавка к расчетной толщине обечайки на компенсацию коррозии для расчетного срока службы аппарата $\tau = 10$ лет будет равна:

$$C = P_B \cdot \tau = 0,0025 \cdot 10 = 0,025 \text{ м}.$$

При расчете оборудования на прочность различают горизонтальные и вертикальные колонные сосуды и аппараты.

Для горизонтальных аппаратов (емкости, теплообменники и др.) при расчете на прочность решают следующие задачи:

1. определяют толщины стенок корпуса, днищ, крышек, штуцеров;
2. определяют размер максимального одиночного отверстия, не подлежащего укреплению;
3. рассчитывают укрепления всех отверстий большего диаметра;
4. рассчитывают опоры, фланцевые соединения;
5. проверяют несущую способность обечайки в сечении между опорами;
6. проверяют несущую способность обечайки в области опорных узлов.

Первую задачу решают, используя формулы, рассматриваемые в примерах, приведенных ниже. Вторую, третью и четвертую задачи выполняют по специальным методикам, приведенным в литературе.

Для пятой и шестой задач предварительно определяют перерезывающие (поперечные) силы и изгибающие моменты в характерных сечениях как для балки на опорах, а затем определяют напряжения в стенке корпуса.

Для *вертикальных колонных сосудов и аппаратов* (емкости, реакторы, массообменные аппараты и др.) при расчете на прочность решают такие же первые четыре задачи, что и для горизонтальных аппаратов.

Дополнительно проводят расчет на действие ветровых и сейсмических сил, собственного веса колонны с трубопроводами, площадками и др.

Подробные расчеты на прочность химического оборудования являются прерогативой конструкторов. Для химиков-технологов первичную оценку прочности сосудов и аппаратов дают расчеты элементов корпуса. В задачу расчета входит определение толщины стенки элемента S_p или допускаемого давления $[P]$ при известном значении S_p .

Пример 6.2. Определить толщину стенки корпуса и днищ вертикального сосуда (ресивера для воздуха) диаметром $D = 400$ мм, работающего под давлением $P = 5,4$ МПа и рабочей температуре $t = 40$ °С. Рабочая среда – газовая слабокоррозионная.

Решение

Учитывая свойства среды и режимные параметры работы сосуда, примем для изготовления корпуса сталь 20, а для днищ – сталь 16ГС.

Расчетная температура стенки корпуса равна рабочей, т.е. $t_p = 40$ °С, так как максимальная температура среды положительная.

Расчетное значение избыточного внутреннего давления для рабочих условий также равно рабочему, т.е. $P_p = 5,4$ МПа, так как в сосуде рабочая среда газовая.

Пробное давление при гидравлическом испытании сосуда определяется по формуле:

$$P_{II} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25P[\sigma]_{20}/[\sigma] \\ P + 0,3 \end{array} \right\},$$

где P – рабочее давление, МПа; $[\sigma]_{20}$, $[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала

при 20°C и рабочей температуре, МПа.

Проведем *расчет толщины стенки корпуса*. Схема к расчету приведена на рисунке 6.1.

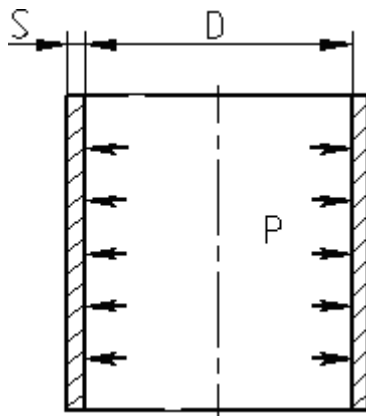


Рисунок 6.1 – Схема к расчету толщины стенки корпуса сосуда

Допускаемое напряжение в рабочем состоянии определяется по формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^*,$$

где $\sigma^* = 145,5$ МПа для стали 20 при температуре $t = 40$ °С (справочные данные); η – поправочный коэффициент, учитывающий способ изготовления корпуса ($\eta = 1$, так как корпус изготавливается из листового проката).

Тогда

$$[\sigma]_{40} = \frac{1 \cdot 145,5}{145,5} = 1 \text{ МПа.}$$

При гидравлических испытаниях (20°C) допускаемое напряжение определяют по формуле:

$$[\sigma]_{20} = \frac{\sigma_{Т20}}{1,1} = \frac{220}{1,1} = 200 \text{ МПа,}$$

где $\sigma_{Т20} = 220$ МПа – предел текучести стали 20 при 20 °С (справочные данные).

Пробное давление при гидравлическом испытании составит:

$$P_{II} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 5,4 \cdot 200 / 145,5 = 9,28 \\ 5,4 + 0,3 = 5,7 \end{array} \right\} = 9,28 \text{ МПа.}$$

Коэффициент прочности продольного сварного шва корпуса принимается равным $\varphi = 1$, так как швы выполняются с двухсторонним сплошным проваром автоматической сваркой под слоем флюса.

Скорость коррозии примем $\Pi = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{год}}$, срок эксплуатации сосуда – 10

лет.

Тогда прибавка к расчетной толщине стенки для компенсации коррозии составит:

$$C_1 = \Pi \cdot \tau = 0,2 \cdot 10 = 2,0 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина стенки корпуса определяется по формулам:

$$S_P = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[\frac{P_P D_B}{2\varphi [\sigma]_{40} - P_P} = \frac{5,4 \cdot 400}{2 \cdot 1 \cdot 145,5 - 5,4} = 7,56 \right] \\ \left[\frac{P_P D_B}{2\varphi [\sigma]_{20} - P_P} = \frac{9,28 \cdot 400}{2 \cdot 1 \cdot 200 - 9,28} = 9,50 \right] \end{array} \right\} = 9,50 \text{ мм,}$$

где D_B – внутренний диаметр корпуса, мм.

Исполнительная толщина стенки корпуса определяется по формуле:

$$S_{и} = S_P + C_1 + C_2 = 9,5 + 2,0 + 0,5 = 12 \text{ мм,}$$

где $C_2 = 0,5$ мм – прибавка на округление размера.

Проверим условие применимости расчетных формул:

$$\frac{S - C_1}{D_B} = \frac{12 - 2}{400} = 0,025.$$

Так как $0,025 < 0,1$, то условие применимости формул выполняется, поскольку сосуд является тонкостенным.

Проведем *расчет толщины стенки днища*. Схема к расчету приведена на рисунке 6.2.

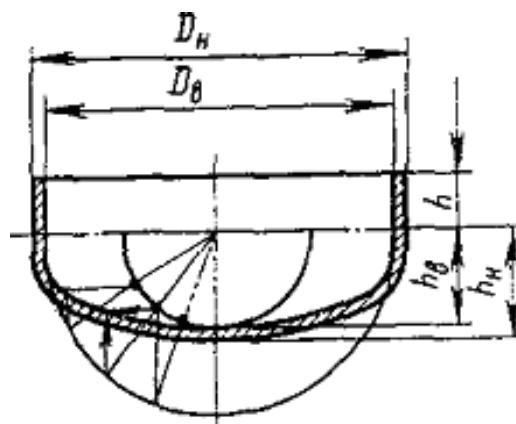


Рисунок 6.2 – Схема к расчету днища

Днище изготавливается из стали 16 ГС. Расчетная температура составляет $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, расчетное давление – $P_p = 5,4 \text{ МПа}$. Допускаемое напряжение для стали 16 ГС при температуре $40 \text{ }^\circ\text{C}$ будет равно:

$$[\sigma]_4 = \eta\sigma^* = 1 \cdot 167,5 = 167,5 \text{ МПа},$$

где $\sigma^* = 167,5 \text{ МПа}$ – нормативное допускаемое напряжение для стали 16 ГС при температуре $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Допускаемое напряжение при гидравлических испытаниях равно:

$$[\sigma]_{20} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа},$$

где $\sigma_{T20} = 280 \text{ МПа}$ – предел текучести для стали 16 ГС при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (справочные данные).

Пробное давление при гидравлическом испытании равно $P_{\Pi} = 9,28 \text{ МПа}$, поскольку определено ранее для материала корпуса.

Коэффициент прочности сварного шва принимаем равным $\varphi=1$, поскольку при диаметре сосуда $D = 400 \text{ мм}$ заготовка для днища является цельной (без сварных швов).

Прибавки к расчетной толщине днища принимаем равными: для компенсации коррозии $C_1 = 2 \text{ мм}$, на вытяжку при штамповке днища $C_2 = 0,64 \text{ мм}$.

Расчетная толщина стенки днища равна:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p D_B}{2\varphi[\sigma]_{40} - 0,5P_p} = \frac{5,4 \cdot 400}{2 \cdot 1 \cdot 167,5 - 0,5 \cdot 5,4} = 6,5 \\ \frac{P_{\Pi} D_B}{2\varphi[\sigma]_{20} - 0,5P_{\Pi}} = \frac{9,28 \cdot 400}{2 \cdot 1 \cdot 254,5 - 0,5 \cdot 9,28} = 7,36 \end{array} \right\} = 7,36 \text{ мм}.$$

Исполнительная толщина стенки днища равна:

$$S_{И} = S_p + C_1 + C_2 = 7,36 + 2 + 0,64 = 10 \text{ мм}.$$

Найденные конструктивные размеры ресивера вместе с габаритными

размерами позволяют составить чертежи общего вида и оформить заказ на изготовление оборудования.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо:

1. Подобрать материал для изготовления цилиндрической части корпуса и днищ ректификационной колонны и определить допускаемое напряжение и прибавку к расчетной толщине на компенсацию коррозии.

2. Определить толщину стенки корпуса и днищ аппарата.

В качестве исходных данных используются материалы оптимального проектирования колонны бинарной ректификации (занятие № 2).

Контрольные вопросы

1. Какие разновидности конструкционных материалов используют при изготовлении химического оборудования?

2. Какие характеристики конструкционных материалов используют при расчетах на прочность химического оборудования?

3. Какие факторы влияют на выбор материального оформления химического оборудования?

4. От каких факторов зависит толщина стенки корпуса сосуда, его днищ?

5. Для каких целей проводят гидроиспытания сосудов и аппаратов?

Лабораторное занятие №9,10. Изучение принципов конструктивного оформления адиабатических реакторов

Целью занятия является ознакомление с принципами конструктивного оформления реакторов неорганических производств. В качестве объектов изучения рекомендуется рассмотреть наиболее представительные каталитические реакторы отрасли: гидрирования сернистых соединений, конверсии природного газа, CO, NH₃, окисления SO₂, синтеза аммиака, метанола и др.

При изучении материала в качестве источников информации рекомендуется использовать чертежи оборудования. Каждый студент знакомится с одним (двумя) видами оборудования и составляет краткое описание оборудования, в том числе:

- конструкции оборудования и составных частей;
- достоинств и недостатков отдельных решений;
- принципов использования по назначению. Далее следует рассмотреть:
- принципы безопасной эксплуатации;
- принципы материального оформления и проектирования оборудования.

Лабораторное занятие №11. Определение габаритных размеров реактора конверсии CO

Цель: освоение одной из методик укрупненного расчета основных размеров реакционных аппаратов.

Целью заданий является изучение принципов расчета реакторов.

Одной из наиболее известных и применяемых методик укрупненного расчета основных размеров реакционных аппаратов с твердым слоем катализатора является следующая.

В качестве исходных данных служат расход газообразного сырья при т.н. нормальных условиях $P = 0,1013$ МПа и $T = 0^\circ\text{C}$, тип катализатора и объёмная

скорость подачи сырья. Эти данные позволяют определить необходимый объем катализатора. Диаметр аппарата рассчитывают исходя из обеспечения требуемых условий гидродинамики, как и для большинства другого оборудования. Высотные размеры, как правило, определяют конструктивно.

Ниже рассматривается числовой пример проектирования одного из видов реакционного оборудования - реактора конверсии СО.

Пример 10.1. Определить основные размеры реактора конверсии СО по следующим исходным данным: производительность реактора при рабочих условиях составляет $V_p = 4,05 \text{ м}^3/\text{с}$; плотность потока газа при рабочих условиях $\rho_y = 8,508 \text{ кг}/\text{м}^3$; эквивалентный диаметр частиц катализатора марки 71-5М и его насыпная плотность равны $d_{\text{э}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $\rho_{\text{НАС}} = 1700 \text{ кг}/\text{м}^3$; расход сухого газа при нормальных условиях равен $V_{\text{СУХ.ГАЗ}} = 193026 \text{ м}^3/\text{ч}$; объёмная скорость подачи сырья на входе в реактор составляет $v = 2120 \text{ ч}^{-1}$.

Решение

Основными габаритными размерами реактора являются его диаметр и высота рабочей зоны. Найдем их.

Фиктивную скорость газа (на свободное сечение) рассчитаем по формуле:

$$w_0 = \sqrt{\frac{0,0167 \cdot \rho_{\text{НАС}}}{9,81 / 8,508}} = \sqrt{\frac{0,0167 \cdot 1700 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{9,81 / 8,508}} = 0,44 \text{ м/с},$$

где g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$.

Рабочую скорость газа в реакторе примем на 20% ниже допустимой:

$$w = 0,8 \cdot w_0 = 0,8 \cdot 0,44 = 0,35 \text{ м/с}.$$

Тогда диаметр аппарата будет равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,05}{3,14 \cdot 0,35}} = 3,79 \text{ м},$$

где $\pi = 3,14$.

В соответствии с ГОСТ 9617-73* принимаем $D = 3,8 \text{ м}$.

Необходимый объём катализатора в реакторе определим по

формуле:

$$VK = V_{СУХ.ГАЗ} / \vartheta = 193026 / 2120 = 91,05 \text{ м}^3 .$$

Для определения номинального объёма аппарата необходимо учитывать степень заполнения катализатором $\varphi = 0,6$:

$$V = \frac{V_K}{\varphi} = \frac{91,05}{0,6} = 151,75 \text{ м.}$$

С учётом 15% резерва мощности внутренний объём реактора составит:

$$V_{174,51} = \frac{V_0 \cdot (100 + k)}{100} = \frac{151,75 \cdot (100 + 15)}{100} = \text{м}^3,$$

где k – резерв мощности.

Площадь поперечного сечения реактора равна:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,8^2}{4} = 11,34 \text{ м}^2.$$

Высота рабочей части реактора равна:

$$H = \frac{V}{S} = \frac{174,51}{11,34} = 15,38 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем $H = 15,5$ м.

Найденные габаритные размеры реактора позволяют приступить к его конструированию и прочностному расчету.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Исходные данные для расчета выдает преподаватель.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные требования к твердым катализаторам?
2. Какие факторы влияют на габаритные размеры адиабатического реактора с зернистым катализатором?
3. Какова методика определения основных (габаритных) размеров реактора со слоем твердого катализатора?
4. Из каких конструктивных элементов состоит реактор со слоем твердого катализатора?
5. Из каких соображений выбирается форма корпуса и днищ, опорных элементов реактора?

Лабораторное занятие №12,13. Изучение принципов конструктивного оформления печей, котлов, утилизаторов теплоты.

Целью занятия является ознакомление с принципами конструктивного оформления теплового оборудования неорганических производств. В качестве объектов изучения рекомендуется рассмотреть наиболее представительные виды теплотехнического оборудования химических предприятий (печи, энергокотлы) и утилизаторы вторичных энергоресурсов (рекуператоры, котлы-утилизаторы, газовые турбины).

При изучении материала в качестве источников информации рекомендуется использовать чертежи оборудования. Каждый студент знакомится с одним (двумя) видами оборудования и составляет краткое описание оборудования, в том числе:

- конструкции оборудования и составных частей;

- достоинств и недостатков отдельных решений;

- принципов использования по

назначению. Далее следует рассмотреть:

- принципы безопасной эксплуатации;

- принципы материального оформления, проектирования и выбора оборудования по каталогу

Лабораторное занятие №14. Определение основных размеров котла-утилизатора теплоты нитрозных газов

Цель: освоение методики укрупненного расчета основных размеров котла-утилизатора теплоты нитрозных газов.

Целью заданий является изучение принципов проектирования одного из видов теплотехнического оборудования.

Тепловое оборудование химических предприятий выпускается в соответствии с нормативно-техническими документами (ГОСТ, каталог и др.), учитывая сложность его конструкции. Поэтому при проектировании такого

оборудования стремятся, определив основные размеры, подобрать типовой аппарат. Основным характерным размером тепловых аппаратов является площадь поверхности теплопередачи. Поэтому для ее нахождения используют основное уравнение теплопередачи и уравнение теплового баланса аппарата.

Пример 13.1. Определить основные размеры котла-утилизатора, устанавливаемого после конвертора природного газа по следующим исходным данным: котел предназначен для охлаждения конвертированного газа с 970 °С до 371 °С и получения насыщенного водяного пара под давлением $P = 10,346$ МПа при $t = 314$ °С; количество сухого газа, выходящего из конвертора, составляет $G = 220748$ кг/ч, отношение пар : газ равно $n = 0,58$.

Решение

Основной характеристикой котла-утилизатора как теплового оборудования является его поверхность теплопередачи, которая определяет габаритные размеры. Проведем расчет необходимой поверхности теплопередачи.

Учитывая производственный опыт, примем к установке два параллельно работающих котла-утилизатора кожухотрубчатого типа.

Уравнение теплового баланса с учетом 1% потерь тепла в окружающую среду представим в следующем виде:

$$0,99 \cdot (Q_1 - Q_2) = g \cdot (H_3 - h_4),$$

где Q_1 и Q_2 – теплота потока парогазовой смеси на входе и выходе из котла, кДж/ч; g – количество образующегося пара, кг/ч; H_3 – энтальпия получаемого водяного пара (по справочным данным составляет 2716,8 кДж/кг); h_4 – энтальпия питательной воды (по справочным данным составляет 1253,58 кДж/кг).

Количество тепла Q_1 найдем по формуле:

$$Q_1 = (G + G \cdot n) \cdot C_p \cdot t_{вх},$$

где $C_p = 1,5332$ кДж/(кг·К) – изобарная средняя теплоемкость парогазовой смеси от 0 до 970 °С (справочные данные).

Тогда

$$Q_1 = (220748 + 220748 \cdot 0,58) \cdot 1,5332 \cdot 970 = 51871 \cdot 10^4 \text{ кДж/ч.}$$

Количество тепла Q_2 найдем по формуле:

$$Q_2 = (G \cdot c_{\Gamma} + G \cdot n \cdot c_{\Pi}) \cdot t_{\text{вых}},$$

где $c_{\Gamma} = 1,3482$ и $c_{\Pi} = 1,5608$ – изобарная средняя теплоемкость газа и пара от 0 до 370 °С, кДж/(кг·К) (справочные данные); $t_{\text{вых}}$ – температура на выходе, °С.

Тогда

$$Q_2 = (220748 \cdot 1,3482 + 220748 \cdot 0,58 \cdot 1,5608) \cdot 371 = 23824 \cdot 10^4 \text{ кДж/ч.}$$

Количество передаваемого тепла с учетом 1% потерь в окружающую среду равно:

$$Q = 0,99 \cdot (Q_1 - Q_2),$$

или

$$Q = 0,99 \cdot (51871 \cdot 10^4 - 23824 \cdot 10^4) = 27767 \cdot 10^4 \text{ кДж/ч} = 77129 \text{ кВт.}$$

Количество пара, снимаемого с двух котлов-утилизаторов, равно:

$$g = Q / (H_3 - h_4),$$

или

$$g = 27767 \cdot 10^4 / (2716,8 - 1253,5) = 189756 \text{ кг/ч.}$$

Температурная схема движения теплоносителей в котле-утилизаторе имеет вид:

$$\begin{array}{ccc} 314 \text{ }^{\circ}\text{C} & \leftarrow & 314 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \underline{970 \text{ }^{\circ}\text{C}} & \rightarrow & \underline{371 \text{ }^{\circ}\text{C}} \\ \Delta t_6 = 656 \text{ }^{\circ}\text{C} & & \Delta t_m = 57 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{array}$$

Так как $\Delta t_6 / \Delta t_m = 11,5 > 2$, то средняя разность температур будет определяться по формуле:

$$\Delta t_{\text{cp}} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / [\ln (\Delta t_6 / \Delta t_m)] = (656 - 57) / [\ln(656/57)] = 245 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Требуемая площадь поверхности теплообмена составит:

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{\text{cp}}),$$

где K – коэффициент теплопередачи, принятый на основании производственного опыта равным 490 Вт/(м²·К).

Тогда получим:

$$F = 77129 \cdot 10^3 / (490 \cdot 245) = 642 \text{ м}^2.$$

Таким образом, с некоторым запасом принимаем два одинаковых кожухотрубчатых котла-утилизатора горизонтального типа с диаметром кожуха 1500 мм, трубками 25×2 мм и длиной 4 м. Площадь теплообмена котла-утилизатора равна $F = 330 \text{ м}^2$.

Найденные основные размеры утилизатора позволяют выполнить его материальное оформление и прочностной расчет.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Исходные данные для расчета выдает преподаватель.

Контрольные вопросы

1. Какие разновидности теплотехнического оборудования используются в химической отрасли?
2. Для каких целей служат утилизаторы теплоты?
3. Какие конструкции котлов утилизаторов известны?
4. Что является главной характеристикой теплового оборудования, определяющей его размеры?
5. Какова методика расчета теплового оборудования?

Лабораторное занятие №15. Расчет на прочность колонного аппарата

Цель: изучение методик расчета колонных аппаратов на прочность с применением ЭВМ.

Организационная форма занятия – индивидуальные занятия с применением ПЭВМ.

Целью заданий является практический расчет на прочность колонного аппарата с применением ЭВМ.

Расчет на прочность является одним из завершающих этапов создания технического проекта массообменной колонны. При расчете вертикальных аппаратов на прочность решают следующие задачи (см. также материал занятия № 2):

- определяют толщины стенок корпуса, днищ, крышек, штуцеров;
- определяют размер максимального одиночного отверстия на корпусе, не подлежащего укреплению;
- рассчитывают укрепления всех отверстий большего диаметра;
- рассчитывают фланцевые соединения;
- проводят расчет на действие ветровых и сейсмических сил, собственного веса колонны с трубопроводами, теплоизоляцией, площадками и др.

При расчете на ветровые нагрузки аппарат рассматривают в трех состояниях:

- при рабочих условиях;
- при испытании;
- после монтажа.

Расчет включает:

- выбор размеров опорной поверхности фундаментного кольца и проверку фундамента на напряжения сжатия;
- определение толщины фундаментного кольца и других элементов опоры;

- расчет аппарата на устойчивость против опрокидывания;
- расчет прочности сварного шва, соединяющего опору с колонной;
- проверку устойчивости формы опоры;
- проверку устойчивости формы корпуса в нижней части.

Создаваемые модели прочностных расчетов в основном следуют [9-11] и требованиям группы стандартов «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчетов на прочность». Как показал опыт, хорошие результаты дает применение интегрированной системы MathCAD [6].

Такие программы позволяют использовать в расчетах необходимые справочные данные в виде графиков или таблиц (после преобразования их в массивы-матрицы) для автоматического выбора требуемых значений или создания интерполяционных функций. Результаты ряда вычислений могут быть представлены в графической форме, что повышает их наглядность. В отличие от других математических систем MathCAD обладает свойствами текстового редактора и позволяет оформлять результаты расчетов как проектные документы.

Фрагменты программы прочностного расчета массообменной колонны (на примере абсорбера) в системе MathCAD [6] в части блока исходных данных, определения допускаемых напряжений материала и расчета толщины стенки корпуса приведены ниже.

Исходные данные:

Диаметр аппарата внутренний: $D:=2400$ мм

Рабочая температура в аппарате: $T:=40$ С°

Давление в аппарате: $P:=3.6$ МПа

Материал аппарата: сталь 12ХМ

Предел текучести материала: $\sigma_T:=240$ МПа

Предел временной прочности материала: $\sigma_B:=450$ МПа

Предел длительной прочности материала: $\sigma_D:=410$ МПа

Коэффициент прочности сварного шва: $\phi:=.9$

Высота аппарата: $x:=45000$ мм

Номер района на карте районирования по скоростным напорам ветра:

$No:=1$ Объем аппарата: $V:=204$ м³

Аэродинамический коэффициент аппарата: $c:=.7$

Модуль продольной упругости стенки аппарата: $E:=200$ МПа

Коэффициент упругого неравномерного сжатия грунта: $C_\phi:=100$ МН/м³

Сейсмичность района в баллах: $z:=7$

Плотность абсорбента: $\rho:=965$ кг/м³

Диаметр аппарата с теплоизоляцией: $D_{из} := D \cdot 1.01$

Число фундаментных болтов: $n\phi := 6$

Скорость коррозии: $V_k := 0.1$ мм в год

Срок службы: $K := 10$ лет

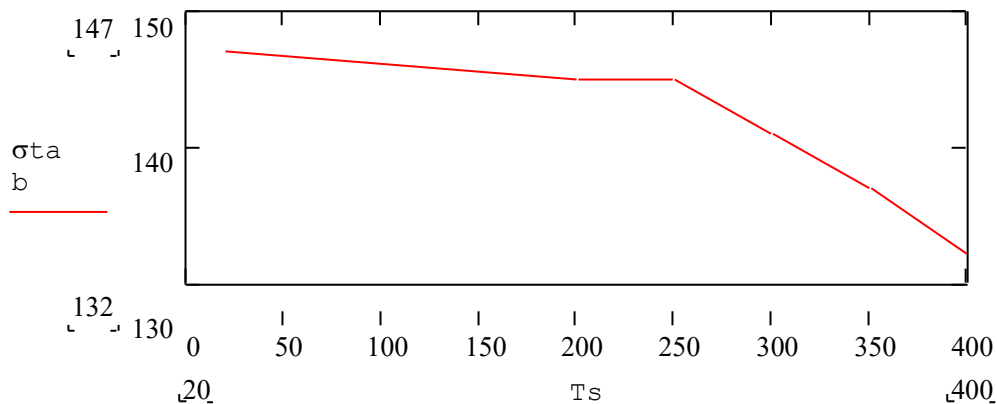


Рисунок 4.1 - Зависимость нормативных допустимых напряжений от температуры для стали 12ХМ

Толщина стенки аппарата по кольцевым напряжениям:

При рабочих условиях

$$S_1 := \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_{доп} \cdot \phi - P_r}$$

$$S_1 = 37.206 \text{ мм}$$

При условиях гидроиспытания

При условиях гидроиспытания

$$S_2 := \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot \sigma_i \cdot \phi - P_i}$$

$$S_2 = 34.14 \text{ мм}$$

Определение наибольшей толщины

Определение наибольшей толщины

$$S_{ор} := \begin{cases} S_1 & \text{if } S_1 > S_2 \\ S_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S := S_{ор} + C$$

Округление до ближайшего большего целого числа

$$S := \text{ceil}(S)$$

$$S = 39 \text{ мм}$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. В качестве исходных данных используются результаты оптимального проектирования ректификационной колонны (лабораторное занятие № 2).

Для использования имеющейся программы кафедры *Вертикальный аппарат* ее следует загрузить в ЭВМ (необходимо иметь навыки работы с программами в системе MathCAD). Результаты расчета толщины стенки корпуса и днищ необходимо скопировать и перенести в *Word*. Полученные результаты необходимо сравнить с расчетами, проведенными на занятиях № 6,7.

Конструирование, материальное оформление и прочностные расчеты позволяют разработать *чертеж общего вида* массообменной колонны для оформления заказа на изготовление.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей проводят прочностной расчет колонных сосудов и аппаратов?
2. Какие виды нагрузок учитывают для колонного оборудования?
3. Для каких состояний вертикальных аппаратов проводят расчеты?
4. Сочетание каких нагрузок для вертикальных колонн наименее благоприятное?
5. Для каких целей используют результаты прочностного расчета колонного оборудования?

Лабораторное занятие №16. Составление дефектных ведомостей для ремонта отдельных видов технологического оборудования.

Цель: Лабораторное составление дефектных ведомостей для ремонта отдельных видов технологического оборудования.

Целью заданий является составление дефектных ведомостей ремонта на основе типовой номенклатуры.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо:

1. Получить от преподавателя задание на относительно не сложное оборудование.
2. Изучить по [12] типовую номенклатуру работ текущего ремонта на конкретный объект.
3. Составить ведомость дефектов, используя форму, приведенную ниже.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей составляют ведомость дефектов оборудования?
2. Чем отличаются текущий и капитальный ремонты?
3. Что понимают под типовой номенклатурой работ текущего или капитального ремонта?
4. Кто составляет, и кто утверждает ведомость дефектов оборудования?
5. Какие дополнительные документы сопровождают дефектные ведомости на ремонт оборудования?

Предприятие (объединение)
Цех (структурное подразделение)
(энергетик)

Утверждаю:
Главный механик

“__” _____ 20__г.

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

на _____ ремонт _____ инвентарный № _____
(вид ремонта) (наименование оборудования)

Наименование агрегатов, узлов и деталей, подлежащих ремонту, перечень дефектов и мероприятий по их устранению 1	№ чертежа 2	Необходимые материалы и запчасти			Ответственный исполнитель ремонта (должность, ф.и.о.) б	Примечание 7
		наименование 3	ед. изм. 4	количество 5		

Проверил
Ст. инженер бюро ППР _____

Начальник цеха _____
Руководитель ремонта
(механик цеха) _____

Лабораторное занятие №17,18. Анализ технической документации, подготовка заявок на приобретение и ремонт оборудования

Цель: Лабораторное изучение ремонтной документации для отдельных видов технологического оборудования.

Целью заданий является знакомство с перечнем и образцами документов, составляемых при подготовке и проведении ремонтных работ для промышленного оборудования.

Перечень документов, применяемых при организации ремонтных работ, приведен в таблице 17.1.

Таблица 17.1 - Перечень ремонтных документов

№ п/п	Наименование документа
1	2
Отдел главного механика	
1	Титульный список на капитальный ремонт основных фондов
2	Акт на установление (изменение) календарного срока ремонта
3	Акт на сдачу оборудования в капитальный ремонт
4	Номенклатура оборудования, на которое распространяется метод ремонта по техническому состоянию
5	Ведомость дефектов на капитальный ремонт
6	Ремонтный журнал по учету проведения ремонта оборудования
7	Годовой график планово-предупредительного ремонта оборудования
8	Месячный план-график-отчет ремонта оборудования
9	Акт на сдачу в остановочный ремонт производств химической продукции
10	Акт на прием оборудования из капитального ремонта
11	Акт на приемку в эксплуатацию из остановочного ремонта производств
12	Проект графика остановочных ремонтов производств химической продукции
Отдел техники безопасности	
13	Наряд на производство ремонтных работ
14	Наряд-допуск на проведение работ сторонней организацией
15	Разрешение на производство огневых работ
16	Разрешение на проведение огневых работ во взрывоопасных объектах
17	Извещение о проведении огневых работ
18	Наряд-допуск на производство газоопасных работ
19	Наряд на производство работ вблизи действующих воздушных линий электропередач

Продолжение таблицы 17.1

1	2
Бухгалтерия	
20	Инвентаризационная опись
21	Инвентарная карточка учета основных средств для оборудования
22	Акт приемки работ, выполненных подрядным способом
23	Акт возврата материалов, полученных при разборке и демонтаже оборудования
24	Накладная возврата материала
25	Акт приемки работ, выполненных хозяйственным способом
26	Акт на замену запасных частей по импорту
27	Акт на расход сырья, электроэнергии
28	Акт ликвидации основных средств
Начальник смены технологических цехов	
29	Сменный журнал по учету выявленных дефектов и работ технического обслуживания
30	Журнал сдачи оборудования в ремонт и приема из ремонта.

Ремонтная документация Системы технического обслуживания и ремонтов (СТОиР) оборудования максимально унифицирована. Системой предусматриваются типовые формы документов, частично представленных ниже.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Необходимо: 1. Изучить перечень ремонтной документации. 2. Изучить ремонтные документы на объект *Вентилятор дутьевой*. 3. Составить краткий конспект по изученному материалу.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под Системой технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования?
2. С какими целями проводят текущий и капитальный ремонты оборудования?
3. Какие функции выполняют ремонтные документы?
4. В каких подразделениях предприятия составляют документацию, связанную с ремонтом оборудования?

5. Перечислите основные ремонтные документы для оборудования.

Предприятие АО «Комбинат...»

Цех № 3А

СМЕННЫЙ ЖУРНАЛ

по учету выявленных дефектов и работ ежемесячного технологического обслуживания

АО «Комбинат...», № 15

(наименование производства, схемы)

Дата и часы	Наименование оборудования и номер по схеме	Перечень проведенных работ по технологическому обслуживанию	Описание выявленных дефектов или нарушений правил технической эксплуатации оборудования	Подпись лица, ответственного за устранение дефектов и выполнение работ по техническому обслуживанию	Подпись начальника смены (мастера)
1	2	3	4	5	6
13.01.99 15-00 час.	Вентилятор Дутьевой № 15	Проверка состояния подшипников	Трещина на наружном кольце подшипника	Сидоров С.С.	Быков И.И.
19.01.99 10-00 час.	Вентилятор Дутьевой № 15	Ревизия муфт сцепления	Биение жесткой муфты более 0,02 мм по торцу и более 0,03 мм по окружности	Сидоров С.С.	Быков И.И.

Предприятие АО «Комбинат...»

Цех № 3 А

РЕМОНТНЫЙ ЖУРНАЛ

по учету проведенного ремонта оборудования

Наименование оборудования *Вентилятор дутьевой ВДН - 10*

Номер позиции по технологической схеме _____ 15

Инвентарный номер _____ 031031

Паспорт _____

Вид и дата ремонта или ТО		Фактически отработано часов после предыдущего ремонта (ТО) (числитель) и простой в ремонте (ТО) (знаменатель)	Кратное описание проведенных работ, выполненных при ремонте (ТО), или номера позиций из типовой ведомости дефектов	Фамилия и подпись руководителя ремонтного подразделения (механика или энергетика цеха, мастера централизованной ремонтной службы)	Примечание (№ ведомости дефектов, аварийного акта)
начало	конец				
1	2	3	4	5	6
ТР 21.01.99	ТР 22.01.99	1440 / 8	Замена подшипников качения, № 4	Иванов И.И.	№ 1 ДВ

Предприятие АО «Комбинат...»

Гл. механик (энергетик) Зигильман Н.Э.

Цех № 3 А

« 21 » января 1999 г.

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

На капитальный ремонт: Вентилятор дутьевой ВДН-10 инв. № 031031
(наименование оборудования)

Наименование агрегатов, узлов и деталей, подлежащих ремонту, перечень дефектов и мероприятий по их устранению	№ чертежа	Необходимые материалы и запчасти			Ответственный исполнитель ремонта	Примечание
		Наименование	Ед. изм.	К-во		
1	2	3	4	5	6	7
1. Произвести замену шестерен	3	Шестерня	шт.	8	Котов В.Н.	
2. Произвести замену креплений деталей ротора	2	Скоба, болты	шт.	12	Котов В.Н.	
3. Произвести замену торцовых и лабиринтных уплотнений	8	Торцовые и лабиринтные уплотнители	шт.	4	Котов В.Н.	
4. Произвести замену подшипников качения	7	Подшипник качения	шт.	10	Котов В.Н.	
5. Произвести замену баббитовой заливки подшипников	6	Баббитовая заливка Б-16	кг.	1	Котов В.Н.	
6. Произвести ревизию шеек ротора	9	Зачистка, проточка, шлифовка		3	Котов В.Н.	
7. Произвести ревизию валов редуктора	10	Газовая сварка вала редуктора		1	Котов В.Н.	
8. Замена трубного пучка холодильника	12	Трубки, змеевики	шт.	1	Котов В.Н.	
9. Произвести замену зубчатых пар редуктора	13	Зубчатые пары редуктора	шт.	8	Котов В.Н.	
10. Произвести замену полумуфт	15	Наплавка полумуфты	шт.	3	Котов В.Н.	

Начальник цеха Петров П.П.

Руководитель ремонтного подразделения (механик или энергетик цеха, мастер централизованного ремонтного подразделения)

Проверил:

Инженер бюро ППР

Согласовано:
 Гл. механик Зигильман
 Н.Э Гл. энергетик Цукурман С.А.
 Гл. приборист Абрамов
 В.С. Нач. ПТО Фрид С.В.

Утверждаю:
 Гл. инженер
 предприятия Семенов
В.Н.

« 22 » декабря 1998 г.

ГОДОВОЙ ГРАФИК

планово-периодического ремонта и ТО оборудования цеха № 3 А на 1999 г.

Наименование оборудования и № позиции по технологической схеме	Инвентарный номер	Дата и вид последнего ремонта ТО	Нормативы ресурса между ремонтами и ТО, ч			Нормативы простоя в ремонте и ТО, ч			График ремонтов и ТО										Годовой простой в ремонте и ТО, ч	Годовой фонд рабочего времени, ч		
			КР	ТР	ТО	КР	ТР	ТО	Я	Ф	М	А	М	И	И	А	С	О			Н	Д
									Н	Е	А	П	А	Ю	Ю	В	Е	К			О	Я
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	22	23	
Вентилятор дутьевой ВДН – 10 № 15	031031	21.12.1996	17280	1440	720	80	8	2	т		т		т		т		т			24	8568	
											т		т		т		т		т		48	
																						72

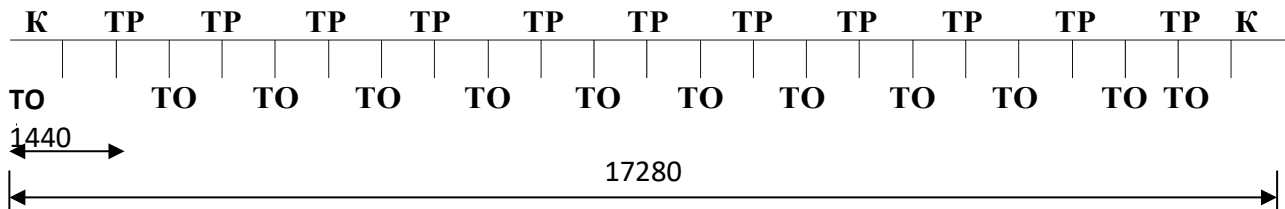
Условные обозначения:
 КР – капитальный ремонт
 ТР – текущий ремонт
 ТО – периодическое техническое обслуживание

Начальник цеха Петров П.П.
 Руководитель ремонтного подразделения (механик цеха. Начальник участка или мастер централизованной ремонтной службы)

Структура ремонтного цикла

Оборудование (тип, марка)	Периодичность ремонта, ТО (числитель) и продолжительность простоя (знаменатель)			Трудоемкость одного ТО и Р		
	ТО	ТР	К	ТО	ТР	К
Вентилятор дутьевой производительн ость 600 м ³ /ч ВДН-10	720 / 2	1440 / 8	17280 / 80	1,8	20	102

М 1 : 1000



Структура ремонтного цикла – К – 23ТО – 11ТР – К

АКТ № 3

от « 21 » января 1999 г.

на сдачу оборудования в капитальный ремонт

Вентилятор дутьевой

наименование оборудования

Настоящий акт составлен представителем АОО «Ремтехника»

наименование

МУ – 1, главный механик

ремонтного предприятия, подразделения должность

Иванов И.И. с одной стороны и представителем АО «Комбинат...»

фамилия

цех № 3 А

наименование предприятия, организации, цеха (заказчика)

начальник цеха Петров П.П. с другой, о том, что произведена сдача

должность, фамилия

в капитальный ремонт Вентилятор дутьевой ВДН – 10 № 031031

наименование и номер оборудования

паспорт № -- формуляр № --

при наличии паспорта

при наличии формуляра

наработка с начала эксплуатации или от последнего капитального ремонта

17280 техническое состояние, комплектность

машино-агрегато-часы и т.п.

и принятые меры по т/б Вентилятор дутьевой ВДН – 10

наименование оборудования

соответствуют ГОСТ 11442 – 74

наименование и номер нормативно-технической

документации

Заключение Вентилятор дутьевой ВДН – 10

наименование оборудования

в капитальный ремонт принят 21 января 1999 года

дата приемки

не принят

указать отклонения от нормативно-технической

документации

и или другие причины отказа от приема в ремонт

Представитель ремонтного предприятия Иванов И.И.

(подразделения) _____

подпись

Представитель заказчика Петров П.П.

подпись

М.П.

ремонтного
предприятия

АОО «Ремтехника»
(предприятие, организация)

Утверждаю:

Иванов И.И.

(подпись руководителя)

« 25 » января 1999 г.

Код Порядковый номер
строки документа в пачке 12

АКТ
на приемку оборудования из капитального ремонта
« 25 » января 1999 г.

Подразделение	Группа	Код аналитического учета	Инвентарный номер	Сметная стоимость капитального ремонта	Сметная стоимость реконструкции	Синтетический счет	
						дебет	кредит
1	2	3	4	5	6	7	8
Цех № 3А	2	002	031031	7,500	1,200	-	-

По заказу № 3

АО «Комбинат...»
(название объекта)

Находился в плановом (неплановом) капитальном ремонте (реконструкция, модернизация) с 1 января 1999 г. по 30 января 1999, т.е. 30 дней

Предусмотренные ведомость дефектов работы по капитальному ремонту (реконструкции, модернизации) выполнены полностью (не полностью)

(указать, что именно не выполнено)

По окончании капитального ремонта (реконструкции, модернизации) объект прошел испытание и сдан в эксплуатацию.

Изменения в характеристике объекта, вызванные реконструкцией, модернизацией _____

К акту прилагаются следующие документы:

1. Смета на ремонт _____

2. Перечень выполненных работ _____

Сдал главный механик Иванов И.И. _____

(должность, фамилия, и.о.)

(подпись)

Принял начальник цеха Петров П.П. _____

(должность, фамилия, и.о.)

(подпись)

С п р а в к а

Сметная стоимость фактически выполненного объема работ:

капитального ремонта 7 тыс. 500 руб.

реконструкции, модернизации 1 тыс. 200 руб.

Начальник планового отдела Сидоров С.С.

Фактическая стоимость

капитального ремонта 7 тыс. 500

руб.

реконструкции, модернизации 1 тыс. 200 руб.

Главный (старший) бухгалтер Цукурман И.И.

Утверждаю:
_____ Волков В.В. _____
« 20 » января 1999 г.
Согласовано:
« 20 » января 1999 г.

Р А З Р Е Ш Е Н И Е № _____
на проведение огневых работ

1. Цех, объект, отделение, участок _____ АО «Комбинат...» Цех № 3А _____

2. Место работы вентилятор дутьевой ВНД – 10, подача воздуха для технических целей
(аппарат, коммуникация и т.п.)

3. Содержание работы _____ капитальный ремонт _____

4 Дата производства работ « 21 » января 1999 г. с 10-00 час. до 12-00 час.

5. Ответственный за подготовку к огневым работам _____

_____ начальник цеха № 3А Петров П.П. _____
(должность, ф.и.о.)

6. Ответственный за проведение работ _____

_____ бригадир Смирнов С.С. _____
(должность, ф.и.о.)

7. Перечень и последовательность подготовительных мероприятий и меры безопасности при выполнении огневых работ:

Наименование мероприятий	Фамилия исполнителя, должность
а) при подготовительных работах	
- обесточить электродвигатель	Кильба Н.Н. электрик
- отсоединить воздуходувы	Рогов В.П. механик вентиляционник
- отсоединить водопровод	Сурков С.С. слесарь
б) при проведении огневых работ	
- провести продувку воздуховода	Рогов В.П. механик вентиляционник
- провести пропарку воздуховода	Рогов В.П. механик вентиляционник
в) частота отбора проб воздуха	
- один (1)	Сидорова С.С. лаборант

Начальник цеха

Петров П.П.

(подпись)

9. Состав бригады и отметка о прохождении инструктажа

№ п/п	Ф.И.О.	Профессия	Подпись инструктируемых о прохождении инструктажа	Подпись проводившего инструктаж
1	Смирнов С.С.	бригадир	Смирнов	
2	Кузькин К.К.	слесарь	Кузькин	

10. Результат анализа воздуха

Дата	Время	Место отбора проб	Концентрация	Подпись лаборанта	Примечание
21.01.1999	10-00	воздухопровод	отсутствует	Сидорова	

11. Мероприятия, предусмотренные в п.7-а выполнены _____
 _____ 20 января 1999 года, начальник цеха Петров П.П.
 (дата, подпись лица, ответственного за подготовку огневых работ)

12. Рабочее место подготовлено к проведению огневых работ _____
 _____ 20 января 1999 года, бригадир Смирнов С.С.
 (дата, подпись лица, ответственного за ведение огневых работ)

13. Разрешаю производство огневых работ _____
 _____ 20 января 1999 года в 10-00 час.
 (дата, время, подпись начальника цеха)

СОГЛАСОВАНО: Представитель пожарной охраны _____ 20 января 1999 г., Кравчук Р.В.
 (дата, подпись)

14. Разрешение продлено на « _____ » _____ 1999 г. с _____ час. до _____ час.

Ответственный за подготовку к проведению огневых работ _____ Петров П.П.
 (подпись)

Ответственный за проведение огневых работ _____ Смирнов С.С.
 (подпись)

Начальник цеха Петров П.П.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высш. шк., 2003. – 520 с.
2. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1982.– 288 с.
3. Методы и средства автоматизированного расчета химико-технологических систем. / Н.В. Кузичкин и др. – Л.: Химия, 1987. – 152 с.
4. Свидченко А.И., Проскурнин А.Л. Ректификация бинарных смесей. Методика расчетная. Учебное пособие. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. - 85 с.
5. Свидченко А.И., Свидченко Е.А., Стригин В.С. Исследование и разработка методов расчета ректификационных колонн химических производств. – Ставрополь: СКФУ, 2014.-211 с.
6. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
7. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок. – М.: Высш. шк., 1989. – 304 с.
8. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. – М.: Альфа–М, 2006.– 608 с.
9. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, 2002. – Т.1, 852 с.; т.2, 1028 с.; т.3, 968 с.
10. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. / Под ред. Михалёва М.Ф. – М: Машиностроение, 1984 – 301 с.
11. Киселёв Г.Ф., Колпачков В.И., Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий по производству минеральных удобрений. - М.: Химия, 1991. – 384 с.
12. Ящура Л. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: Справочник. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.-360 с.

Проектирование механических устройств
Методические указания для лабораторных работ

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Составитель *доц. А.И. Свидченко*

Рецензент *доц. А.М. Новоселов*

Редактор

Подписано в печать 20 г. Формат 60 x 84 1/16
Уч.-изд. л. Усл. печ. л. Тираж Заказ №
Невинномысский технологический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный
университет»

Отпечатано в типографии НТИ (филиал) СКФУ
357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине
«Проектирование механических устройств»
для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических
процессов и производств
направленность (профиль) Информационно-управляющие системы

Невинномысск 2022

Методические указания составлены в соответствии с программой по дисциплине «Проектирование механических устройств». В методических указаниях приводятся теоретическое обоснование практических работ, указаны методики их выполнения, требования к оформлению отчета, приведены вопросы для защиты работы и примеры выполнения работ.

В приложении приведены статистические таблицы, необходимые для обработки данных и варианты заданий для выполнения работ.

Настоящие указания разработаны для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры ХТМиАХП и рекомендованы к внутривузовскому изданию.

Составил доцент А.И. Свидченко

Рецензент доц. А.М. Новоселов

ВВЕДЕНИЕ

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

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

Объёмно-планировочные параметры промышленных зданий для цехов, инженерные сети и системы, транспорт, управление производством, обеспечение организацией и благоприятными условиями для труда работающих должны соответствовать требованиям осуществления технологических процессов изготовления машин.

Необходимость совершенствования методики проектирования цехов, ускорение разработки всего комплекса проектной документации определяются той скоротечностью, с которой эти решения должны быть реализованы, теми высокими требованиями надёжности и качества, которые к ним предъявляются. Для совершенствования и систематизации – расчётной части проектирования цехов при выполнении практических работ разработаны предлагаемые методические указания.

Практическая работа №1

Технологический анализ детали

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

Исходными данными при проектировании станочного парка машиностроительных предприятий являются:

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

Ход работы:

1. Описание назначения детали

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

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

2. Химический анализ материала детали

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

3. Технологический маршрут механической обработки детали

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

4. Технические условия на изготовление детали

Проведенный анализ детали в предыдущих пунктах сводится в таблицу. Пример оформления показан в табл. 1.1.

5. Технологические расчеты механического участка

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

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

Норма штучно-калькуляционного времени по приближённым данным

$$T_{шт.-к} = \varphi_k T_0,$$

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

Тип производства ориентировочно можно определить по таблице 1.4.

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

Рис. 1.1 Технические условия на изготовление детали фланец

Таблица 1.1

Технологические расчёты участка

№ операции	Наименование операции	Норма штучного времени, мин	Модель станка
005	Токарная автоматная	2,1	1Б24ОП-4К
010	Вертикально-протяжная	0,47	7Б66
015	Токарно-копировальная	0,56	1Н113
025	Вертикально-протяжная	0,32	7Б66
035	Токарная автоматная	0,63	1Б284-6
040	Токарная многорезцовая	0,78	1Н713
045	Агрегатная	0,71	АБ2873
050	Вертикально-сверлильная	0,74	2Н135
055	Торцшлифовальная	0,76	3Т160
060	Круглошлифовальная	1,23	3Т160
065	Полировальная	0,72	3М153
Всего		9,02	
Среднее значение		0,82	

Таблица 1.7

Приближённые формулы для определения норм
времени по размерам обрабатываемой поверхности
Основное технологическое время. То·10–3 мин

Вид обработки	Эмпирическая формула
1	2
Черновая обточка за один проход	$0,17dl$
Чистовая обточка по 4-му классу точности	$0,1dl$
Чистовая обточка по 3-му классу точности	$0,17$
Черновая подрезка торца	$0,037(D^2 - d^2)$
Черновая подрезка торца	$0,052(D^2 - d^2)$
Отрезание	$0,19D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,63(D^2 - d^2)$
Шлифование грубое по 4-му классу точности	$0,07dl$
Шлифование чистовое по 3-му классу точности	$0,1dl$
Шлифование чистовое по 2-му классу точности	$0,15dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,18dl$
Сверление отверстий	$0,52dl$
Рассверливание $d = 20 \dots 60$	$0,31dl$
Зенкерование	$0,21dl$
Развёртывание черновое	$0,43dl$
Развёртывание чистовое	$0,86dl$
Внутреннее шлифование отверстий 3-го класса точности	$1,5dl$
Внутреннее шлифование отверстий 2-го класса точности	$1,8dl$
Черновое растачивание отверстий за один проход	$0,2dl$
Черновое растачивание под развёртку	$0,3dl$
Развёртывание плавающей развёрткой по 3-му классу точности	$0,27dl$
1	2
Развёртывание плавающей развёрткой по 2-му классу точности Здесь d – диаметр; l – длина обрабатываемой поверхности; D – диаметр обрабатываемого торца; $D - d$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца	$0,52dl$
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (l – длина протяжки, мм)	$T_o = 0,4dl$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$T_o = 0,065Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$T_o = 0,034Bl$
Фрезование черновое торцевой фрезой: за проход чистовое	$T_o = 6l$ $T_o = 4l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$T_o = 7l$
Шлифование плоскостей торцом круга Здесь B – ширина обрабатываемой поверхности, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм	$T_o = 2,5l$
Фрезерование зубцов червячной фрезой ($D = 80 \dots 300$)	$T_o = 2,2Db$
Обработка зубцов червячных колёс ($D = 100 \dots 400$) Здесь D – диаметр зубчатого колеса, мм; b – длина зуба, мм	$T_o = 60,3D$
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$T_o = 9lz$
Шлицешлифование Здесь l – длина шлицевого валика, мм; z – число шлицев	$T_o = 4,6lz$
Нарезание резьбы на валу ($d = 32 \dots 120$)	$T_o = 19dl$
Нарезание метчиком отверстий ($d = 10 \dots 24$) Здесь d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм	$T_o = 0,4dl$
Штучно-калькуляционное время	$T_{шт.к} = \Phi_k T_o$

Таблица 1.8

Величина коэффициента фк

Виды станков	Производство	
	средне- и мелкосерийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	–	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	–
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	–
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

Таблица 1.4

Ориентировочные данные для предварительного определения типа производства [1]

Производство	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год		
	тяжёлых (массой более 100 кг)	средних (массой от 10 до 100 кг)	лёгких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50 000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000

6. Сформировать отчет

Практическая работа №2**Определение типа и формы организации производства**

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

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

1. Вид производства, характеризующийся применяемым методом изготовления изделия, например, литейное, сварочное, механообрабатывающее, сборочное и т.д.

2. Тип производства, определяемый по признакам широты номенклатуры, стабильности и объёма выпуска изделий – единичное (Е), серийное (С) и

массовое

(M).

3. Форма организации производства: групповая и поточная.

Ход работы:

1. Определение типа производства

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

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

$1 = K_{з.о} \leq 10$ – массовое и крупносерийное производства;

$10 < K_{з.о} \leq 20$ – среднесерийное производство;

$20 < K_{з.о} < 40$ – мелкосерийное производство.

Определение типа производства необходимо для выбора организационных форм производственного процесса.

Для однопредметных участков коэффициент закрепления можно определить как

$$K_{з.о} = T_{шт.ср} / \tau$$

где $T_{шт.ср} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{шт.i}$ – среднештучное время выполнения одной операции, мин; n – число операций обработки детали;

$\tau = 60F_d / N$ – такт выпуска деталей на участке, мин.

В зависимости от полученного значения $K_{з.о}$ принимается решение о типе производства: единичное, серийное, массовое (см. п. 3.1 пособия [1]).

2. Определение формы организации производства

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

В мелкосерийном и единичном производстве ($K_{з.о} = 21 \dots 40$ и более) формирование участков производится по технологическому принципу с расстановкой оборудования на них по сходству служебного назначения: участки токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков.

С увеличением серийности производства ($K_{з.о} = 10 \dots 20$) целесообразным становится использование общности технологического маршрута обработки различных групп деталей, формируя участки по предметному принципу: участки корпусных деталей, валов, зубчатых колёс и т.д., с расстановкой оборудования по типоразмерам в последовательности выполнения технологического маршрута обработки основного грузопотока заготовок.

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

предметными (переменно-поточные, групповые). Различие между переменнo-поточными и групповыми поточными линиями состоит в том, что первые при переходе на изготовление другой детали переналаживаются, и такт выпуска для разных деталей различный, на групповых линиях одновременно или последовательно изготавливают закреплённую группу деталей без переналадки оборудования.

Поточные линии могут быть механизированными, автоматизированными и автоматическими. В автоматизированных линиях наряду с автоматическим действующим оборудованием в состав линии включаются как автоматические позиции, так и рабочие места, обслуживаемые рабочими.

Тип линии можно выбрать, используя показатель коэффициента средней относительной трудоёмкости операции (коэффициент массовости) K_m , показывающий число станков, необходимых для выполнения данной операции (см. п. 3.4 пособия [1])

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

Обобщение практических материалов показывает, что при $K_m \geq 0,75$ целесообразна организация производства в виде однопредметной непрерывно-поточной линии; при $K_m = 0,7 \dots 0,8$ – однопредметной непрерывно-поточной (прямоточной) линии; при $K_m = 0,2 \dots 0,7$ – многономенклатурной переменнo-поточной (непрерывной или прямоточной) линии серийного производства; $K_m = 0,2$ – групповой поточной линии.

3. Сформировать отчет

Пример выполнения работы.

При годовой программе выпуска изделий $N_{г.а}=40000$ и семи комплектных фланцев для каждого, годовой объём выпуска фланцев составит

$$N_{г} = 40\ 000 \cdot 7 = 280\ 000 \text{ шт.}$$

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операции по ранее приведённой формуле [1]

$$K_{з.о} = \tau_{в}/T \text{ шт. ср.}$$

Такт выпуска при поточном производстве составляет

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

Действительный (расчётный) годовой фонд времени работы автоматических линий по данным табл. 2.1 [1, с. 34] составляет $F_{г} = 3725$ г.

Тогда такт выпуска составит

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

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

$$T_{шт. ср.} = 0,82 \text{ мин.}$$

Таким образом, значение коэффициента операции составляет

$$K_{з.о} = 0,8/0,82 = 0,98.$$

По классификации [1] при $K_{з.о}$ меньше единицы производство относится к массовому виду. Определяем форму организации производства как непрерывное штучное массовое с изготовлением деталей на автоматической поточной линии с механизированным транспортированием заготовок между рабочими позициями с тактом выпуска $t_{в} = 0,8$ мин.

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

Практическая работа №3 Расчет основного технологического оборудования

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

Ход работы:

Определение количества оборудования может проводится для поточного и непоточного производства.

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

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

$$C_{pi} = \frac{\sum_i T_{шт.кi} N_i}{60 F_d},$$

где F_d – действительный годовой фонд работы оборудования, составляющий в своём большинстве при 2-сменном режиме работы $F_d = 4060$ ч для универсальных станков, $F_d = 3975$ ч для оборудования поточных линий (табл. 3.5 [1]).

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

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

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

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

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

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

и определяют средний коэффициент их загрузки

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

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

Таблица 3.1

Коэффициент загрузки оборудования

Вид цеха	$K_{\text{з.ср}}$		
	Единичное и мелкосерийное производство	Среднесерийное производство	Крупносерийное и массовое производство
Механический	0,80...0,9	0,75...0,85	0,65...0,85

5.Формирование отчета

Расчёт числа станков при поточном серийном и массовом производствах

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

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

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

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

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

Такт выпуска для однопредметной линии

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

Для многопредметной с одинаковой станкоёмкостью

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

Для многопредметной с разной станкоёмкостью

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

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

коэффициенты $\kappa_2 = \frac{t_{\text{шт}3}}{t_{\text{шт}1}}$ учитывают разность в станкоёмкости обрабатываемых деталей по отношению к первой;

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

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

$$C_{pi} = \frac{t_{оп i}}{\tau_a},$$

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

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

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

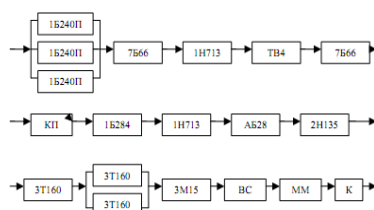


Рис. 3.1. Структурная схема поточной линии изготовления детали «Фланец»

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

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

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

Таблица 3.2

Расчёт количества основного технологического оборудования для поточной линии механической обработки детали

№ операции	Наименование операции	Норма штучного времени, мин	Количество станков		Коэффициент загрузки	Модель станка
			расчётное	принятое		
005	Токарная автоматная	2,1	2,62	3	0,87	1Б240П-4К
010	Вертикально-протяжная	0,47	0,59	1	0,59	7Б66
015	Токарно-копировальная	0,56	0,70	1	0,70	1Н113
025	Вертикально-протяжная	0,32	0,40	1	0,40	7Б66
035	Токарная автоматная	0,63	0,79	1	0,79	1Б284-6
040	Токарная многорезцовая	0,78	0,97	1	0,97	1Н713

045	Агрегатная	0,71	0,89	1	0,89	АБ2873
050	Вертикально-сверлильная	0,74	0,92	1	0,92	2Н135
055	Торцшлифовальная	0,76	0,95	1	0,95	3Т160
060	Круглошлифовальная	1,23	1,54	2	0,77	3Т160
065	Полировальная	0,72	0,9	1	0,90	3М153
Всего		9,02	11,27	14	8,75	
Среднее значение		0,82	–	–	0,8	

Как видно из приведённых в табл. 3.2 данных, коэффициент загрузки единиц оборудования в поточной линии составляет в основном $K_{з.о}=0,77\dots 0,97$. Невысокий коэффициент загрузки протяжных станков $K_{з.о}=0,4\dots 0,59$ позволяет объединить эти операции. Однако наличие только одного станка в линии снижает надёжность работы всей линии. По величине среднего коэффициента загрузки оборудования линии $K_{з.о.ср}=0,8$ проектное решение линии можно считать удовлетворительным.

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

Цель: определить количество потребного вспомогательного оборудования. Помимо основных станков в состав технологического оборудования мех- ханического цеха входит дополнительное оборудование, например, прессы для напрессовки обрабатываемых деталей на оправки, установки для удаления за- усенцев, оборудование для закалки с нагревом ТВЧ, контрольные стенды и др.

Их количество составляет 5...30% от количества основного технологического оборудования.

Ход работы:

1. Определяют общее число станков в цехе 2. $C = (1,05\dots 1,3) C_{пр}$
3. По итогам расчёта количества оборудования составляют таблицу, в которой указываются модели, габаритные размеры, мощность, балансовая стоимость, масса и количество по каждому станку.

Эти данные используют для разработки энергетической, строительной и других частей проекта.

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

Цель: определить численности работников основной производственной системы. К производственным рабочим механического цеха относят станочников, операторов и наладчиков автоматических линий, операторов-наладчиков, обслуживающих модули в ГПС, а также разметчиков,

мойщиков деталей, слеса-

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

В условиях автоматизированного производства в число производственных рабочих входят операторы, в задачу которых входят операции загрузки-разгрузки, т.е. два человека на линию в каждую смену, и наладчики, число которых определяется по нормам сложности обслуживаемого оборудования и составляет в среднем 4 – 8 единицы на одного наладчика.

Кроме станочников в состав основных производственных рабочих входят рабочие, занимающиеся слесарной обработкой деталей, разметчики, мойщики и другие, количество которых составляет 1...3% от основных профессий в крупносерийном и массовом производстве, до 5% – в серийном и мелкосерийном производстве и до 10% – в единичном производстве.

Численность основных рабочих при двухсменном режиме работы составляет в первую смену 50% в крупносерийном и массовом производстве, 55% – в среднесерийном и до 60% – в мелкосерийном и единичном производстве от общего числа рабочих.

При выполнении расчётов числа рабочих, работающих в цехе предусмотрены две методики их расчёта: по трудоёмкости производственной программы (для участков, проектируемых по точной программе) и по числу принятого оборудования (для участков, проектируемых по укрупнённой методике).

Ход работы:

1. Определение числа рабочих по трудоёмкости производственной программы

Число основных (производственных) рабочих по профессиям определяется по формуле

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

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

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

K_m – коэффициент многостаночного обслуживания.

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

2. Определение числа рабочих по числу принятого оборудования

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

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

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

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

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

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

Таблица 5.1

Ведомость расчёта производственных рабочих механического цеха

Профессия	Число единиц оборудования	Годовая трудоёмкость в станко-часах	Коэффициент многостаночного обслуживания	Число рабочих		В том числе по сменам		
				расчётное	принятое	I	II	III
Токари								
Револьверщики								
Автоматчики								
Карусельщики								
Расточники								
Фрезеровщики								
Строгальщики								
Долбёжники								
Сверловщики								
Зуборезчики								
Протяжчики								
Шлифовщики								
Хонингисты								
Пилорезчики								
Центровщики								
Итого производственных рабочих								

Примечание. Указанный перечень профессий является примерным и устанавливается в каждом отдельном случае применительно к разработанному проекту.

Практическая работа №6

Расчет численности вспомогательных рабочих

Цель: определить численности работников вспомогательной производственной системы.

К вспомогательным относятся рабочие, выполняющие техническое обслуживание производственных участков и линий: рабочие ремонтных и инструментальных служб, транспортные и подсобные рабочие, уборщики производственных помещений, рабочие складов и кладовых и др.

К категории инженерно-технических работников (ИТР) относятся лица, осуществляющие руководство цехом и его структурными подразделениями (начальник цеха, его заместители, начальники отделений, участков, лабораторий, мастера), а также инженеры-технологи, техники, экономисты, нормировщики, механики, энергетики и т.д.

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

1. Определение численности вспомогательных рабочих цехового подчинения.

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

Если рабочие-ремонтники, заточники и слесари-инструментальщики входят в состав цеха, то указанные нормы необходимо увеличить на 4...5%.

При распределении общей численности вспомогательных рабочих по сменам можно принимать, что в первую смену работают в цехах единичного производства и мелкосерийного производства 65%, среднесерийного 60%, крупносерийного и массового 55% вспомогательных рабочих.

При проектировании участков, состоящих из станков с ЧПУ для предварительного расчёта числа работающих, можно пользоваться следующими нормами численности работающих на один станок:

Операторы 0,08

Слесари-ремонтники 0,07

Электрики 0,045

Электронщики 0,1

Программисты 0,25

Служащие 0,01

Итого 1,275

Таблица 6.1

Численность вспомогательных рабочих механических и сборочных цехов (в % от числа производственных рабочих)

Цехи и линии	Производство			
	единичное и мелкосерийное	средне-серийное	крупно-серийное	массовое
Механические цехи	20...25 40...45*	20...25	20...25	20...25
Автоматические цехи	–	–	30...35	30...35
Автоматические линии	–	–	–	30...40
Сборочные цехи	20...25 40...45*	20...25	20...25	20...25

* Нормы приведены для цехов тяжёлого машиностроения с массой собираемых изделий более 50 т.

2. Определение численности ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала

В таблице 6.2 приведены нормы для расчёта численности ИТР механических цехов с учётом разработки технологических процессов и разработки управляющих программ на ЭВМ, а также проектировании специальных приспособлений работниками отдела главного технолога и отдела труда. Большие значения норм соответствуют числу основных производственных станков механического цеха до 50 или числу производственных рабочих сборочного цеха до 75, меньшие значения – числу станков более 400 и числу производственных рабочих более 700.

Таблица 6.2

Нормы для определения численности ИТР механических и сборочных цехов

Цехи	Число ИТР (% числа основных станков механического цеха или числа производственных рабочих сборочного цеха) при производстве			
	единичном и мелкосерийном	средне-серийном	крупно-серийном	массовом
Механические	24...18	22...16	21...15	20...15
Сборочные	12...9	11...8	10...8	10...7

ЦЕХОВ

Промежуточные значения для конкретных условий могут быть получены интерполяцией.

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

Таблица 6.3

Сводная ведомость состава работающих

Группа работающих	Число		Обоснование расчёта
	всего	в том числе в максимальную смену	
Производственные рабочие:			
а) станочники			
б) слесари, разметчики и прочее			
Итого производственных рабочих			
Вспомогательные рабочие			По нормативам ___ что составляет ___ от производственных рабочих
Итого рабочих			
Инженерно-технические работники			
Служащие			
Младший обслуживающий персонал			___ % от рабочих
			___ % от рабочих
			___ % от рабочих
Всего работающих			

Практическая работа №7

Разработка плана расположения оборудования основной производственной системы

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

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

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

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

При планировке оборудования показывают условными обозначениями рабочего у станка, места для заготовок, инструментальные тумбочки и т.п. В ходе планировки всё это размещают в соответствии с принятой организационной формой механической обработки на компоновочном плане участка или цеха, закрепляя их тем или иным способом.

Планировку оборудования осуществляют с использованием ЭВМ

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

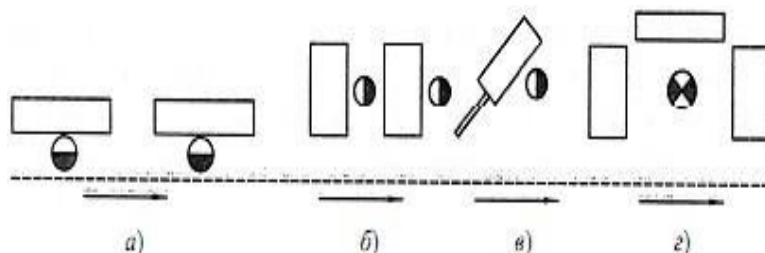


Рис. 7.1. Варианты размещения станков относительно транспортных средств:

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

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

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

Расположение станков *под углом* характерно для станков, имеющих большую длину (продольно-фрезерные и продольно-строгальные, протяжные, прутковые автоматы и полуавтоматы). При таком размещении более рационально используется площадь цеха.

Кольцевое расположение создаёт лучшие условия для многостаночного обслуживания. При размещении технологического оборудования должны быть соблюдены нормы технологического проектирования, регламентирующие ширину проходов и проездов между рядами станков, расстояния как между станками, так и от станков до стен и колонн здания.

Различные варианты расположения станков приведены на рис. 7.2.

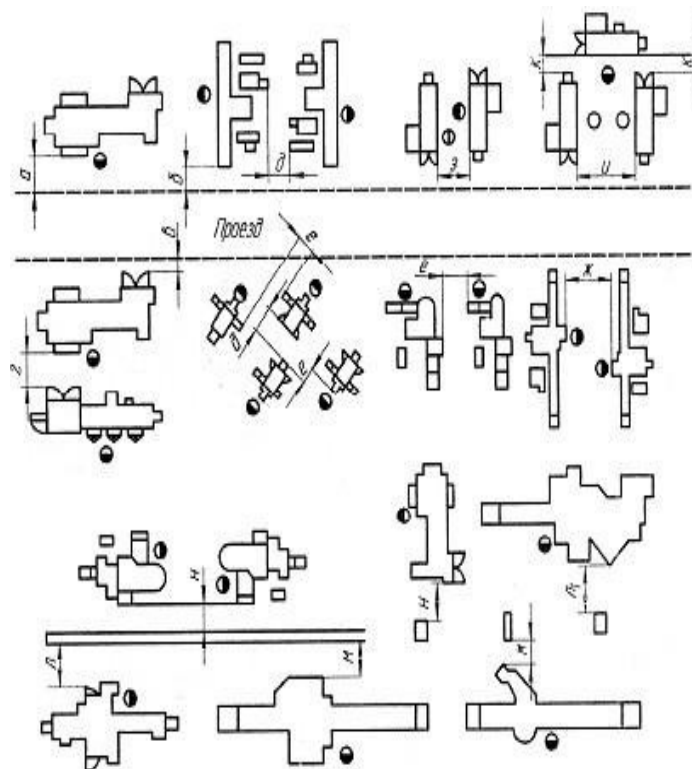


Рис. 7.2. Схемы размещения станков

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

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

На рисунке 7.3 показаны наиболее распространённые варианты планировок поточных линий.

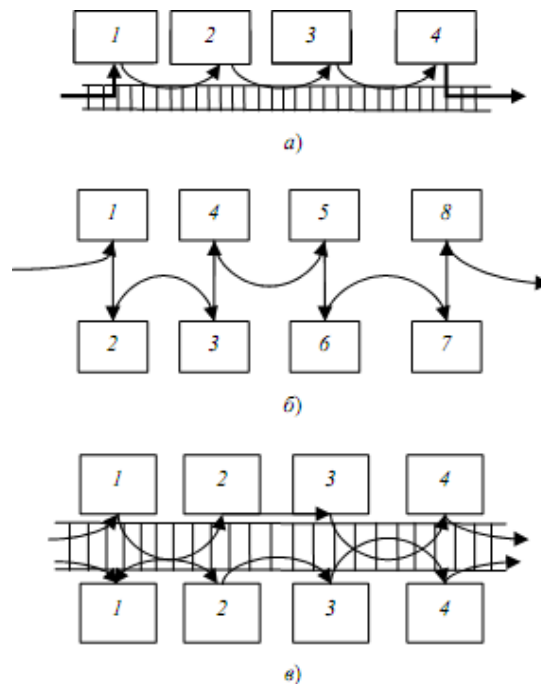


Рис. 7.3. Расположение станков в поточной линии
(цифры обозначают порядковый номер станка)

В варианте (а) на рис. 2 станки расположены в порядке последовательности операций, передача заготовок осуществляется с помощью конвейеров. При обработке тяжёлых деталей каждый станок обслуживается поворотным краном или электротельфером на монорельсе.

Во втором варианте (б) станки также размещены в порядке операций, но в два ряда. Оба ряда работают самостоятельно. Станки обслуживаются двойным рольгангом, а иногда и тройным. Средний рольганг служит для передачи деталей в обход какой-либо операции. Вместо рольгангов можно использовать пластинчатые или подвесные конвейеры. Такую планировку принимают тогда, когда для каждой операции требуется не один, а два станка. В этом случае будут две параллельные линии для обработки одинаковой детали. Подобную планировку можно использовать и при обработке различных деталей на каждом из потоков.

Третий вариант (в) принимают при значительной (более 40...50 м) длине поточной линии. Пример компоновки оборудования в поточной линии показан на рис. 7.4.

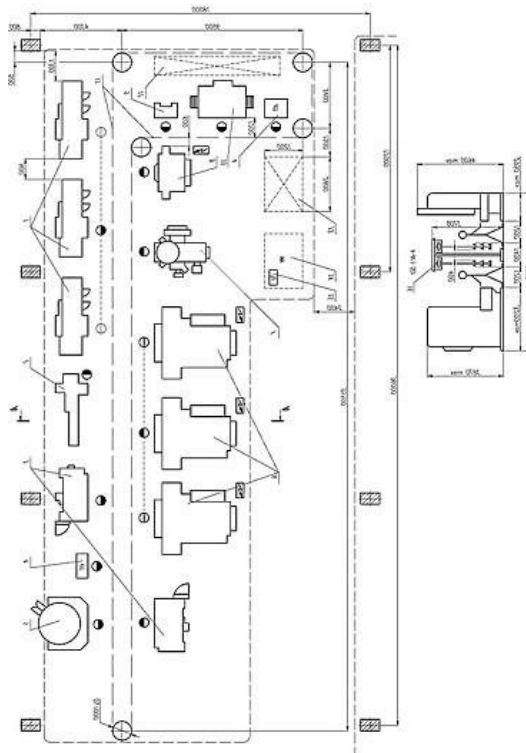


Рис. 7. 4. Планировка оборудования поточной линии

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

Таблица 7.1

Нормы расстояний станков от проезда, между ставками, а также от станков до стен и колони здания

Расстояние	Наибольший габаритный размер станка в плане, не более, мм		
	1800	4000	8000
	2	3	4
От проезда до:			
фронтальной стороны станка (а)	1600/1000		2000/1000
боковой стороны станка (б)	500		700/500
тыльной стороны станка (а)	500		500
Между станками при расположении их:			
«в затылок» (з)	1700/1400	2600/1600	2600/1800
тыльными сторонами друг к другу (д)	700	800	1000
боковыми сторонами друг к другу (е)	900		1300/1200
Фронтальными сторонами друг к другу и при обслуживании одним рабочим:			
одного 1 станка (ж)	2100/1900	2500/2300	2600
двух станков (и)	1700/1400	1700/1600	—
по кольцевой схеме (и)	2500/1400	2500/1600	—
От стен, колонн до:			
фронтальной стороны станка (л, л ₁)	1600/1300		1600/1500
боковой стороны станка (н)	1300	1300/1500	1500
тыльной стороны станка (м)	700	800	900

Примечание. Расстояние между станками *к* при размещении их по кольцевой схеме принимается не менее 700 мм. Расстояние до боковой стороны станков *н* установлено 1200/900. В знаменателе приведены нормы расстояний для цехов крупносерийного и массового производства, когда они отличаются от соответствующих норм для условий единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства. Для станков, установленных на индивидуальные фундаменты, расстояние между фундаментами должно быть не менее, м: при транспортировании дробильной стружки – 0,8, витой стружки – 1,0.

В таблице 7.2 приведены нормы расстояний между оборудованием при использовании автоматизированных транспортных средств, в частности между станком и передвижной консольной секцией приёмопередаточного стола Д от станка до оснастки или транспортного средства Е, между приёмно-передаточными столами Г и между транспортными средствами Ж.

Таблица 7.2

Нормы расстояний при применении автоматизированного транспорта

Транспорт	Д	Е	Г	Ж	Эскиз
Автоматизированная напольная транспортная система	0,4	1,07	0,9	-	
Роликовый или пластинчатый конвейер	-	0,9	-	Не менее 0,1	
Подвесной конвейер	-	0,9	-	Не менее 0,3	

Ширину К межоперационному транспорту и ширину В приёмопередаточных столов стеллажного оборудования принимают в соответствии с габаритными размерами обрабатываемых заготовок. Ширина А пешеходного прохода между тыльными сторонами станков, встроенных в автоматизированные участки, должна быть 1,6 м.

Ход работы:

Основные этапы разработки планировочного решения участка, следующие:

1. Вычертить упрощённые модели размещаемого оборудования на участке в предполагаемом масштабе (1:100; 1:50);
2. Предварительно определить производственную площадь участка, взяв за основу норматив удельной производственной площади, приходящейся на один станок;
3. Компьютерным способом разместить модели оборудования технологического и других видов оборудования на выделенной площади с соблюдением всех норм расстояний между станками, станками и колоннами (стенами), стенками и проездами, станками и средствами автоматического транспортирования, предусмотренные нормами технологического проек-

тирования планировок;

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

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

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

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

а) при единичном и серийном производстве цеховой склад материалов и заготовок вместе или смежно с заготовительным отделением размещаются в начале цеха (поперек пролётов цеха или в отдельном пролёте); при поточном производстве складские площадки для заготовок располагаются в начале каждой поточной линии;

б) вдоль склада или складских площадок поперёк пролётов цеха устраивается проезд шириной не менее 4 м и более в зависимости от применяемых средств транспорта;

в) далее располагается станочное отделение; при значительной длине технологической линии устраиваются поперечные проходы шириной не менее 4 м;

г) в конце станочного отделения поперёк всех пролётов также устраивается поперечный проезд шириной не менее 4 м в зависимости от применяемых средств транспорта;

д) далее располагается контрольное отделение или контрольные пункты (при поточном производстве);

е) параллельно контрольному отделению, поперёк пролётов, размещается промежуточный склад и смежно с ним – межоперационный, если таковой предусмотрен;

ж) заточное отделение и инструментально-раздаточный склад, как отмечалось выше, при поточном производстве располагаются в стороне от потока, где размещаются и все остальные вспомогательные отделения цеха, чтобы не стеснять движение деталей; при единичном и серийном производстве они могут занимать в цехе центральное положение по отношению к станочному участку.

В крупносерийном и массовом производстве необходима специализация отделений (участков) по агрегатам или узлам изготавливаемой машины с законченным технологическим циклом обработки и сборки данного агрегата или узла.

В серийном и мелкосерийном производствах специализировать отделения по технологическому признаку – отделение механической обработки; узловой сборки, общей сборки; применять специализацию отделений механической обработки по группам деталей, например, отделение корпусных деталей, отделений валов, отделений зубчатых колёс и т.д.;

Складские помещения в цехе (склад материалов и заготовок, промежуточный склад) отделяются от станочного отделения металлической сеткой высотой не более 2,0...2,5 м (для свободного прохода кранов), а контрольное и заточное отделения – стеклянной перегородкой.

В соответствии с указанной последовательностью расположения вспомогательных отделений цеха и планировкой оборудования устанавливается общая компоновка цеха, в результате чего определяются число пролётов, ширина цеха, его длина (в соответствии с принятым шагом колонн) и общая площадь цеха (определение ширины, длины и высоты здания цеха рассматривается).

Длина станочного комплекса участков должна находиться в пределах не более 35...50 м. Место рабочего у станка обозначается кружком (Ø 500 мм в соответствующем масштабе), половина которого затеняется, при этом светлая часть кружка должна быть обращена к станку. Ширина рабочей зоны перед станком (вместе с рабочим) должна составлять 800 мм, расстояние от фронтальной стороны станка до проезда должна быть не менее 1000 мм (табл. 3.12, 3.13 [1]).

На плане должны быть изображены штрихпунктирными линиями все проезды и проходы, штриховыми линиями туннели или ямы, предназначенные для производственных или транспортных целей.

В части строительной на плане должны быть изображены:

- 1) колонны с осями и обозначением номера каждой колонны;
- 2) очертания оснований колонн и фундаментов, изображаемые штриховыми линиями;
- 3) наружные и внутренние стены – капитальные и лёгкие, а также перегородки, включая стеклянные и сетчатые;
- 4) окна, ворота и двери наружные и внутренние;
- 5) подвалы, подземные комнаты, антресоли.

На плане должны быть даны и все необходимые размеры: ширина пролётов; шаг колонн; общая ширина цеха; общая длина пролётов и всего цеха; ширина продольных и поперечных проходов или проездов; ширина, длина и площадь каждого вспомогательного отделения; расстояния от станков до колонн и между станками и рабочими местами, габаритные размеры крупных станков. Все нанесённые на план изображения и размеры должны быть вычерчены в масштабе.

На плане должны быть сделаны надписи с номерами или названиями производственных отделений цеха, производственных участков, вспомогательных отделений, а также с названиями или номерами этажей (при многоэтажных зданиях).

В случае расположения цеха в многоэтажном здании на одном листе изображаются все этажи, один над другим так, чтобы совпадали все оси, колонны и габариты по всем этажам.

Кроме плана должен быть выполнен поперечный разрез здания в масштабе 1:50 и 1:100 с указанием высоты здания.

Изображение строительных элементов здания и технологического оборудования выполняется в масштабе чертежа в виде контурных очертаний условными графическими обозначениями в соответствии с ОСТ 23.4.261–86 (табл. 8.1).

Ход работы:

Основные этапы разработки планировочного решения участка, следующие:

1. Вычертить производственный участок для размещения технологического оборудования в выбранном масштабе
2. Вычертить магистральные и технологические проезды и проходы.
3. Определить количество пролетов в механическом участке.
4. Разместить на плане вспомогательные отделения.
5. Разместить на плане бытовые отделения.
6. Разместить на плане складские помещения
7. Вычертить планировку участка в выбранном масштабе (1:100; 1:50) на листе А1 с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного

здания, с выносом позиций установленного оборудования.

Задавшись шириной пролёта, шагом колонн, числом пролётов, находят габаритные размеры цеха. Ширину пролёта выбирают из унифицированного ряда, чаще всего 18 или 24 м, с учётом возможности размещения кратного числа рядов оборудования.

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

Таблица 8.1

Условные обозначения, применяемые на планировке

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена		Место складирования заготовок и изделий	
Окно		Пульт управления	
Сплошная перегородка		Кран мостовой	
Перегорodka из стеклоблоков		Стеллаж многоярусный однорядный	
Барьер		Кран-штабелёр автоматизированный	
Ворота распашные		Кран консольный поворотный с электроталью	
Ворота откатные		Каретка-оператор с автоматическим адресованием грузов	
Колонны железобетонные и металлические		Тележка рельсовая	
Канал для транспортирования стружки		Конвейер подвесной цепной	
Автоматическая линия и технологическое оборудование		Промышленный робот	
Место рабочего		Конвейер роликовый однорядный	
Многостаночное обслуживание одним рабочим		Подвод сжатого воздуха (цифры указывают давление в сети)	
Контрольный пункт		Точка подвода электрокабеля к оборудованию	

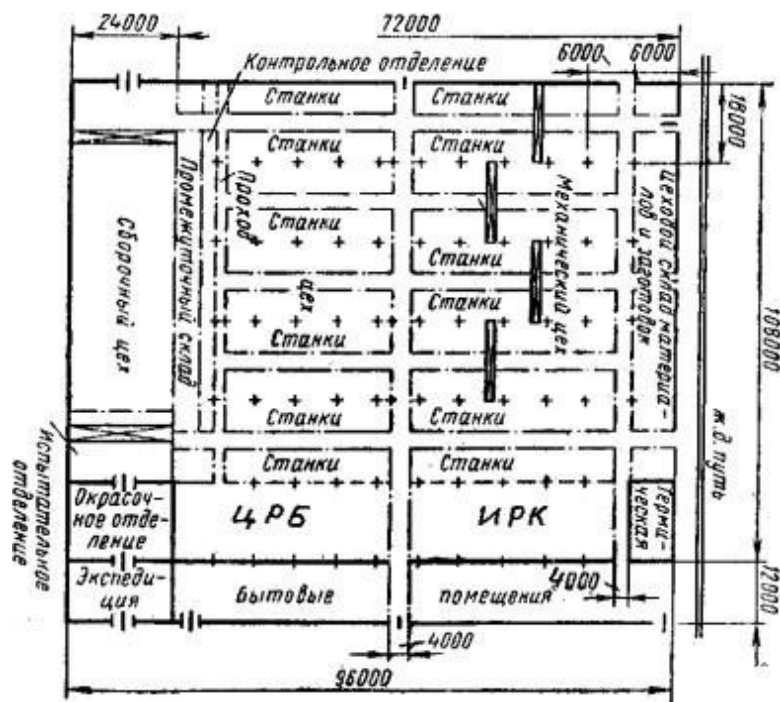


Рис. 8.1. Схема общей компоновки в одном здании механического цеха машиностроительного завода серийного производства со вспомогательными отделениями, складами и бытовыми помещениями

Практическая работа №9 Общая планировка механического цеха

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

Все станки, автоматические станочные линии и другое оборудование, а также устройства на рабочих местах, складские и контрольные площадки, грузо-подъёмные и транспортные устройства, изображённые на плане, обозначаются порядковыми номерами и вносятся в спецификацию, которая помещается на плане.

В спецификации должны быть указаны:

- 1) номер, обозначенный на плане;
- 2) наименование оборудования или устройства;
- 3) характеристика оборудования – основные размеры, грузоподъёмность, площадь и т.д.;
- 4) мощность электродвигателей оборудования.

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

Ход работы:

Основные этапы разработки планировочного решения участка, следующие:

1. Разместить модели технологического оборудования на участке
2. Компьютерным способом разместить модели оборудования технологического и других видов оборудования в выбранном масштабе (1:100; 1:50) на выделенной площади с соблюдением всех норм расстояний между станками, станками и колоннами (стенами), стенками и проездами, станками и средствами автоматического транспортирования, предусмотренные нормами технологического проектирования планировок.
3. Определить место и размеры проездов и проходов на участке с учётом выбранных транспортных средств и нанести их на план участка.
4. Предусмотреть место и размеры площадок временного межоперационного хранения заготовок, контрольно-разметочных пунктов, площадок складирования заготовок, место мастера участка и других позиций, входящих в состав производственной площади участка.
5. Обеспечить привязку оборудования размерами от колонн производственного здания, от проездов, между собой и др., обеспечивающую построение монтажной схемы размещения оборудования на производственной площади участка.
6. Вычертить планировку участка в выбранном масштабе на листе А1 с указанием всех размеров, привязок к колоннам производственного здания, с выносом позиций установленного оборудования.

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

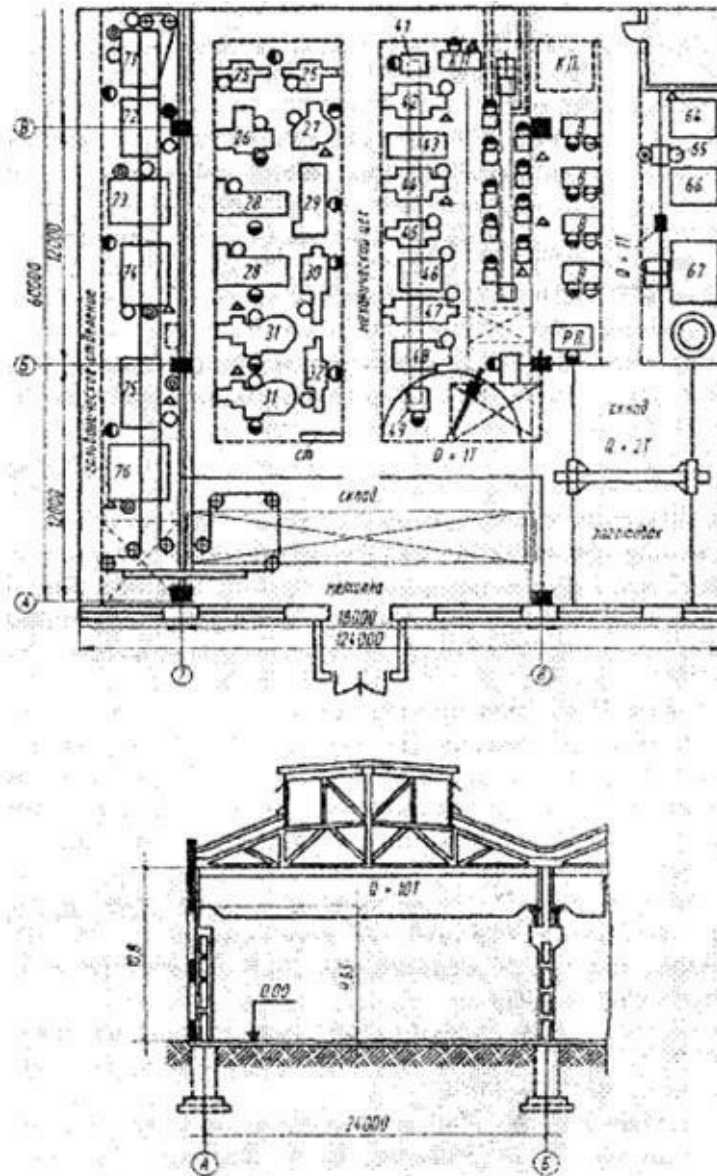


Рис. 9.1. Компановочно-планировочный план цеха с поперечным разрезом пролёта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.04 Автоматизация
технологических процессов и производств
направленность (профиль) Информационно-
управляющие системы

Составитель
Свидченко
А.И.