

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание
оборудования

Учебно-методическое указание для студентов всех форм обучения
специальностей 170600, 271300

Составил к.т.н., доцент

В.И. Петров

Утверждено на заседании

кафедры

“23” апреля 2003г.

протокол №8

Рекомендовано к печати

методической комиссией факультета

“ 8 ” июня 2003г.

протокол №92

Кемерово 2003

Введение

Дисциплина “Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание оборудования” относится к специальным дисциплинам и является одной из завершающих подготовку инженеров специальностей 170600, 271300. Целью преподавания дисциплины является изучение основ организации и проведения строительно-монтажных работ, теоретических и практических основ ремонта, диагностики и сервисного обслуживания оборудования пищевых производств.

Основные знания, приобретаемые студентами при изучении дисциплины: о передовых методах монтажа, ремонта, диагностики оборудования; о современных методах организации монтажных и ремонтных работ.

Основные умения, приобретаемые студентами при изучении дисциплины: оценивать техническое состояние оборудования с целью выявления “узких” мест и формирования мероприятий по их устранению; использовать современные способы диагностики технического состояния оборудования, организовывать и проводить профилактические и ремонтные работы.

Для студентов заочной формы обучения основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа студентов над литературой и выполнение контрольной работы. По отдельным, наиболее сложным темам программы, студентам будут прочтены обзорные лекции. Тематика контрольной работы и правила оформления приведены в разделе 10.

Учебно-методический комплекс разработан в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего и профессионального образования для специальностей 170600 и 271300.

В комплекс входят: перечень тем для самостоятельного изучения курса, перечень тем лабораторно-практических работ, лабораторный практикум.

1 Рабочая программа

1.1 Наименование тем, их содержание

№	Наименование и краткое содержание
1	2
1.	Организация проведения строительно-монтажных работ: этапы монтажных работ, монтажно-технологическая документация. Монтажепригодность оборудования
2.	Технология монтажа оборудования: методы монтажа, монтажные операции, оборудование для монтажных работ.
3.	Разметочные работы при монтаже.
4.	Проектирование и расчёт фундаментов и площадок под оборудование.
5.	Установка, выверка, крепление оборудования.
6.	Особенности монтажа основного технологического оборудования пищевых производств: монтаж общепромышленного оборудования; монтаж транспортных устройств; монтаж трубопроводов; монтаж варочных, выпарных и

	теплообменных аппаратов; монтаж сушилок и печей
7.	Теоретические основы ремонта
8.	Система технологического обслуживания и ремонта отраслевого оборудования. Ремонтная документация.
9.	Организация ремонтов: расчёт основных параметров ремонтного цикла, способы организации ремонтов, расчёт ремонтных мастерских.
10.	Виды и причины износа. Признаки износа. Износ основных элементов оборудования пищевых производств, надёжность и ремонтпригодность.
11.	Диагностика и контроль износа: диагностика износа в результате коррозии, диагностика износа в результате трения, способы уменьшения износа, шума, вибрации.
12.	Технология ремонтно-восстановительных работ основного технологического оборудования: очистка, разборка, дефектация, комплектование, контроль, сборка, обкатка и приём оборудования после ремонта; уравнивание колеблющихся масс. свойства и выбор смазочных материалов.
13.	Технологические методы и способы восстановления и ремонта деталей: способы восстановления (слесарно-механическая обработка, пластическое деформирование, нанесение полимерных материалов, сварка и наплавка, металлизация, гальванические и химические покрытия, термическая и химико-термическая обработка)
14.	Эксплуатационно-техническая оценка надёжности. Ди-

агностические признаки состояния оборудования.

1:2 Лабораторные занятия, их содержание

№ n/n	Наименование работы	Характер и цель занятий
1	2	3
1.	Сетевое планирование монтажных и ремонтных работ	Приобретение навыков составления графиков монтажа реального технологического оборудования
2.	Монтажная разметка	Приобретение практических навыков разметки при проведении монтажных работ
3.	Проектирование фундаментов и фундаментных площадок	Приобретение навыков проектирования опорных площадок под оборудование
4.	Проектирование крепления оборудования	Приобретение навыков по установке и расчёту крепёжных элементов оборудования
5.	Проектирование ремонтных мастерских	Приобретение навыков расчёта станочного парка, числа станочников, площадей ремонтных мастерских пищевых предприятий
6.	Определение ремонтных размеров валов	Приобретение навыков расчёта ремонтных размеров сопряжений типа вал-втулка
7.	Исследование износа основных элементов оборудования пище-	Приобретение навыков определения типа и характера износа, методов восстановления

	вых отраслей	
8.	Дефектовка деталей	Приобретение навыков дефектовки деталей
9.	Статическая и динамическая балансировка	Приобретение навыков балансировки роторов
10.	Разработка альбомов быстроознашивающихся деталей оборудования пищевых производств	Приобретение навыков составления ремонтной документации

Лабораторная работа №1

Сетевое планирование монтажных и ремонтных работ

1.1 Основные правила и техника составления сетевых графиков

Для правильного решения вопросов, возникающих по организации и управлению монтажных и ремонтных операций, применяют методы сетевого планирования. С этой целью строят сетевые графики, представляющие графическую модель производственного процесса, на которой отображают технологическую последовательность выполнения всех монтажных и специальных работ.

Сетевое планирование обеспечивает руководителей и исполнителей на всех участках работы информацией, которая необходима им для принятия решений по планированию, организации и управлению.

При выполнении работ несколькими организациями сетевое планирование даёт возможность увязать деятельность исполнителей во времени и пространстве, заблаговременно предусматривать меры для устранения возможных несогласованных действий.

Планирование и контроль выполнения работ по сетевому графику для несложных объектов можно вести вручную. Сетевой график для крупных объектов может состоять из сотен и даже тысяч работ. Хотя расчёт временных параметров графиков не представляет сложности и для графиков большого размера, наиболее целесообразно выполнять расчёт на электронно-вычислительных машинах. А расчёт с учётом ограничений по ресурсам, стоимости, объёмам и т.п. может выполняться только на ЭВМ.

Сетевые графики подразделяются на два основных класса: детерминированные, т.е. не учитывающие влияния случайных факторов в процессе функционирования системы, и вероятностные (стохастические), учитывающие влияние случайных факторов. В каждом классе, в свою очередь, выделяются модели с учётом времени, стоимости и ресурсов.

Структура сетевого графика, определяющая взаимозависимость работ и событий, называется его топологией. Основными элементами сетевого графика являются работы и события. Их взаимосвязь и определяет структуру сетевого графика.

Каждая работа в сетевом графике измеряется продолжительностью, т.е. временем, необходимым для её выполнения. Продолжительность работы выражается в единицах времени (дни, недели, декады т.д.) и проставляется под стрелкой. Работа кодируется кодами

(номера) двух ограничивающих их событий. Например, работа, изображённая на рисунке 1.1, кодируется 2 – 5, где 2-код начального события, 5-код конечного события.

Последовательные работы и события в сетевом графике формируют пути (цепочки), которые ведут от исходного события сети к завершающему. Продолжительность пути определяется как сумма продолжительностей составляющих его работ.

Путь (или пути) наибольшей длины между исходным и завершающим событиями называется критическим. Его продолжительность определяет срок выполнения программы. Работы и события, лежащие на критическом пути, называются критическими и на сети чётко выделяются жирной линией или другим способом.

Обычно на критическом пути лежит не больше 10...15% всех работ, которые требуют особого внимания и постоянного контроля.

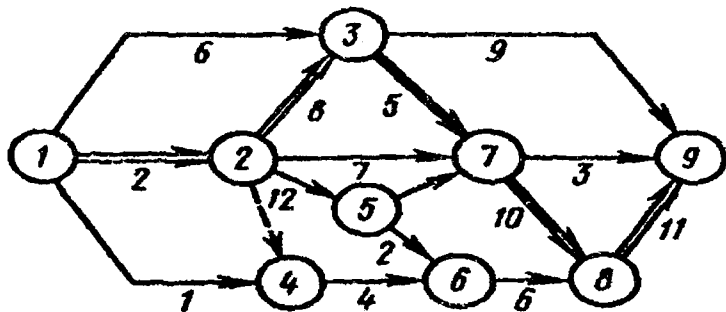


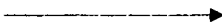
Рисунок 1.1 – Сетевой график

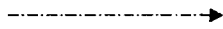
Цифры в кружках -- номера событий (первое – исходное; девятое – завершающее событие); цифры под стрелками – продолжительность работ; жирные стрелки – критический путь; штриховая – фиктивная работа.

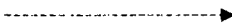
При использовании сетевого планирования создаётся непрерывный поток необходимой информации о ходе механомонтажных и ремонтных работ, позволяющий в любой период времени оперативно управлять монтажом или ремонтом.

Элементами сетевого графика являются работы и события.

Различают три вида работ:

1) действительная работа – это протекающий во времени процесс, требующий затрат труда, материалов. Обозначают сплошной стрелкой 

2) ожидание – работа, не требующая затрат труда и ресурсов, но требующая затрат времени (застывание бетона, высыхание краски и т.п.). обозначают штрих-пунктирной стрелкой 

3) фиктивная работа – логическая связь между двумя или несколькими видами работ, показывающая, что начало одной работы зависит от окончания другой. Обозначение - штриховой стрелкой 

Действительная работа измеряется продолжительностью или трудоёмкостью (которая ставится на стрелках или в таблице).

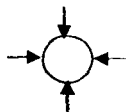
Событие – результат, получаемый после выполнения работ, стрелки которых сходятся к данному событию (обозначается кружком). Для всех предшествующих работ событие является законченным, свершённым, а для всех последующих – начальным пунктом их



выполнения.

События бывают частными (результат одной работы)

комплексными (результат нескольких работ).



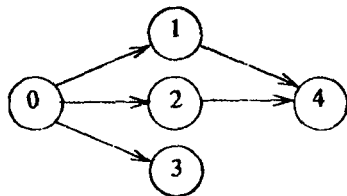
Кроме того, различают исходные события ($\textcircled{0}$), т.е. момент начала выполнения работ, завершающее событие – стрелки не выходят из события.



Правила построения сетевых графиков:

1) направление стрелок слева — на право, нумерация событий возрастает по мере удаления, если требуется выполнить несколько работ, то эти работы принято обозначать параллельными линиями;

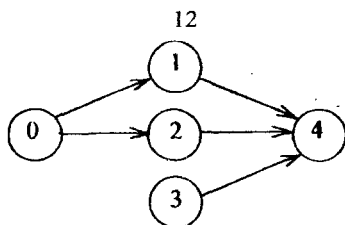
2) сеть не должна иметь тупиков, т.е. событий из которых не выходит ни одной работы, кроме конечной (рисунок 1,2);



Не правильно

Рисунок 1.2

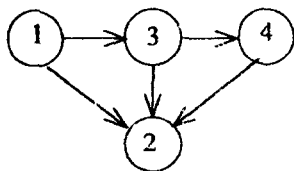
3) сеть не должна иметь событий, в которые не входит ни одной работы (рисунок 1.3);



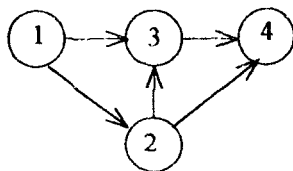
Не правильно

Рисунок 1.3

4) в сети не должно быть замкнутых контуров (рисунок 1.4);



Не правильно



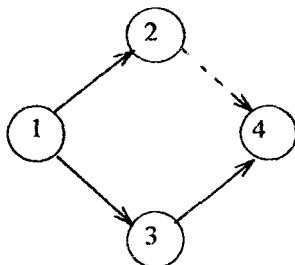
Правильно

Рисунок 1.4

5) при наличии в сети параллельных работ нельзя допустить обозначения их одинаковыми цифрами; необходимо вводить дополнительные фиктивные работы (рисунок 1,5);



Не правильно

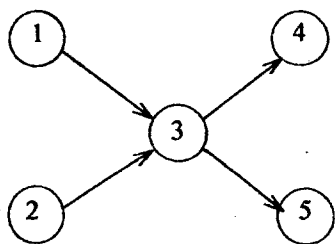


Правильно

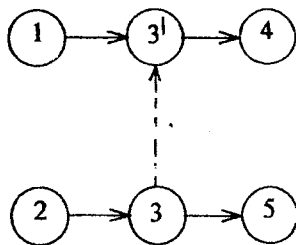
Рисунок 1.5

б) недопустимо пересечение стрелок.

7) в сети должны правильно изображаться дифференцированно зависимые работы (это работы, когда для выполнения одной из них необходимо получить результаты двух и более работ, а для другой работы достаточно иметь результат только одной из этих работ (рисунок 1,6.) вводится дополнительное событие 3^1 и фиктивная работа);



Не правильно



Правильно

Рисунок 1.6

8) недопустима беспорядочная нумерация событий.

Последовательность составления сети:

Группа СГУ совместно с механиком на основе дефектной ведомости определяют общую технологическую последовательность ремонта.

Датой начала работ считается календарный срок, соответствующий начальному событию сетевого графика, а датой окончания — календарный срок, соответствующий конечному событию.

Продолжительность работы может быть минимальной и номинальной. В первом случае продолжительность характеризуется максимально возможным применением машин и механизмов по всему

фронту работ, использованием их в две-три смены с привлечением предельного, технологически допустимого, числа рабочих. Во втором случае работу ведут в одну смену (на некоторых участках — в две), а количественный и квалифицированный состав рабочих на том или ином объекте определяется возможностями монтажного участка. Продолжительность работ (в днях или часах) называется временной оценкой.

Некоторые работы имеют определенный резерв времени, т.е. какое-то количество дополнительных дней, в течении которых можно еще выполнять данную работу без задержки остальных работ. При этом различают два понятия резерва времени — полный и свободный. *Полный резерв* времени для работы — это время, в пределах которого можно увеличивать продолжительность работы без изменения общего срока монтажа (при этом допускается смещение срока начала некоторых событий). *Свободный резерв* времени для работы — это время, в пределах которого можно увеличивать продолжительность работы без изменения раннего начала последующих работ. Работы, лежащие на критическом пути, не имеют запаса времени.

Если продолжительность работы можно определить по действующим справочно-нормативным документам, то оценка времени называется детерминистической. Когда данные о продолжительности монтажа отсутствуют (для новых машин, импортных машин), оценка времени называется вероятностной.

Параметры сетевого графика могут заноситься в таблицу (см. таблицу 1.1) или же указываются на самом графике (см. Рисунок 1.7 б).

Расчёт сетевого графика

Таблица 1.1

Объект _____

Дата начала работ _____

Продолжительность монтажных работ _____

№ начального события предшествующих работ	Наименование работы	Шифр работ	Продолжительность работ		Резерв времени
			Минимальная	Максимальная	
1	2	3	4	5	6
0	Разметка	0-1			
1	Рытье	1-2			
	Котлована				
1	Изготовление	1-3			
	Опалубки				

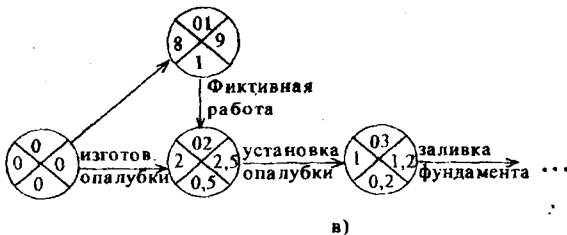
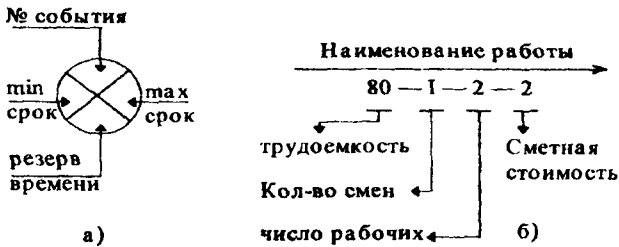


Рисунок 1.7 Сетевой график

а — оформление события; б — простановка параметров на графике; в — сетевой график с обязательным приложением таблицы работ.

Для удобства расчёта сетевого графика разрабатывается карточка определителей работ (таблица 1.2), после заполнения которой приступают к расчёту графика.

Таблица 1.2

Карточка определителей работ

шифр работ	наименование работ	предшествующая работа	Объём работ		Затраты времени		стоимость работ, тыс. руб.	Исполнители	Основные механизмы				Осн. материалы, полуфабрикаты			
			единица измерения	количество	трудоемкость	маш-см			Наимен. № бриг.	количество рабочих	количество смен	наименование	количество	наименование	ед. измерения	количество
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Достоинства сетевого графика, позволяет определить — какие работы являются наиболее важными, какая взаимосвязь между отдельными работами, каковы возможности сокращения срока работ и за счет чего этого можно добиться.

1.2 Выполнение, оформление работы

- 1) Ознакомится с теоретическим материалом, изложенным в пункте 1.1
- 2) В соответствии с заданием, которое выдается каждому студенту индивидуально необходимо составить таблицу по форме 1.1 монтажных операций на монтаж пищевого оборудования, затем сетевой график монтажа. Продолжительность монтажных операций, резервы времени принять на основе вероятной (ожидаемой) длительности операций.

Для студентов заочной формы обучения варианты задания взять из приложения 1. Номер варианта принять по последней цифре шифра зачетки.

- 3) По результатам работы каждый студент оформляет отчет. В отчете должны быть: таблица монтажных операций (по типу табл. 1.1), сетевой график монтажа (при большом объеме графика его необходимо вычерчивать на формате А3)

Контрольные вопросы

1. Классы сетевых графиков?
2. Что называют технологией сетевого графика?
3. Как кодируется работа в сетевом графике?
4. Что называют фиктивной работой?
5. Какой путь называют критическим?

6. Какая работа называется действительной?
7. Какая работа называется ожиданием?
8. Как задают код (номер) событий?
9. Какие события называются комплексными?
10. Какие события называются частными?
11. В какой последовательности нумеруются события в сетевом графике?
12. Сколько начальных и конечных событий может быть в графике?
13. Как на графике называются параллельные работы?
14. Как на графике изображаются дифференцированно зависимые работы?
15. Чем характеризуются на графике минимальная продолжительность работ?
16. Что такое полный резерв времени операций?
17. Что такое свободный резерв операций?
18. Какая оценка времени на монтажные операции называется детерминистической?
19. Какая оценка времени на монтажные операции называется вероятностной?

Лабораторная работа №2

Монтажная разметка

2.1 Цель работы

Знакомство с последовательностью ведения плоскостных и пространственных разметочных работ. Приобретение практических на-

выков проведения разметочных работ при монтаже технологического оборудования пищевых отраслей.

2.2 Общие теоретические положения

Разметочные работы для правильной ориентации технологического оборудования, конструкций и трубопроводов относительно главных осей здания (колонн, балок, стен) выполняют по рабочим чертежам технологической (холодильной) части проекта. Рациональное и достоверное выполнение разметочных работ необходимо для правильной установки оборудования в проектное положение, нормального сопряжения оборудования с приводами, коммуникационными линиями, соблюдение высотных отметок и технологических уклонов трубопроводов, предусмотренных рабочими чертежами.

В качестве технических средств для выполнения разметочных работ используют стальные рулетки, складные метры, отвесы, угольники, шнуры с закреплёнными мелками, струны. К специальным устройствам относят геодезические (для геометрического нивелирования – нивелиры и теодолиты) и лазерные (лазерный визир) приборы, гидростатические уровни, универсальные приспособления для разметки осевых линий.

Основными разметочными операциями являются:

- 1) нанесение главной монтажной оси помещения, рабочих монтажных осей;
- 2) параллельный перенос осей;
- 3) перенос осей по вертикали;
- 4) перенос осей по горизонтали.

Главными монтажными осями помещения являются две произ-

вольные взаимно перпендикулярные оси, положение которых зафиксировано относительно строительных конструкций.

Рабочими (контрольными) осями называются оси, провешенные в помещении и совпадающие по направлению с главными осями технологических линий, основного оборудования.

Основными монтажными осями оборудования называют две взаимно перпендикулярные оси, проходящие через характерные точки основных узлов машин и аппаратов (оси валов, станин, опорных рам, электродвигателей и др.). По главным осям, совпадающим с геометрическими осями здания, ориентируют монтажные оси, вынесенные на высоту около 2 м над перекрытием. Положение рабочей оси фиксируют при помощи струны. При этом один её конец крепят к скобе (хомуту), временно прикреплённой к стене (колонне) здания, а к другому концу, переброшенному через ролик, подвешивают груз. Для натяжения стальной струны подбирают массу груза, которая зависит от диаметра и составляет $2/3$ разрывной нагрузки; при диаметре струны 0,3; 0,4; 0,5 мм массу груза принимают 7; 12,5; 19,5 кг. В качестве струн применяют также капроновые нити.

При установке нескольких струн параллельность их определяют промером рулеткой расстояния между ними или отвесами, опущенными с этих струн, а перпендикулярность – с помощью угольника.

Привязочные координаты оборудования указывают на плане здания с расставленными на нём машинами и аппаратами. Для действующих заводов их выполняют на месте силами ИТР и работников службы главного механика предприятия.

Оборудование в плане привязывают следующими основными

способами:

- 1) от оси стены и колонны до осей фундамента машины, если он предусмотрен для её установки;
- 2) от стены и колонны до станины или рамы машины, если фундамент не требуется;
- 3) от стены и колонны до главных монтажных осей машины или аппарата (рис. 2.1);
- 4) от стены и колонны (или двух капитальных стен) до условной точки, к которой привязывают отдельные фундаменты под элементы оборудования: опоры (ножки) резервуара, стойки каркаса башни распылительной сушилки и др.;
- 5) между главными монтажными осями двух или нескольких единиц оборудования, связанных в линию (например, линия розлива молока в бутылки) или имеющих кинематическую связь.

Для параллельного переноса монтажной оси контактируют со стеной струной двух отвесов; через точки касания отвесов с перекрытием отбивают проекцию оси; далее, используя угольник, откладывают две перпендикулярные линии заданного размера, отбивают проекцию новой монтажной оси, которую при помощи отвесов поднимают на необходимую высоту, а затем закрепляют струну. Оси на этажи здания переносят при помощи отвесов, которые для предотвращения колебаний частично погружают в вязкую жидкость (масло, нефть, мазут).

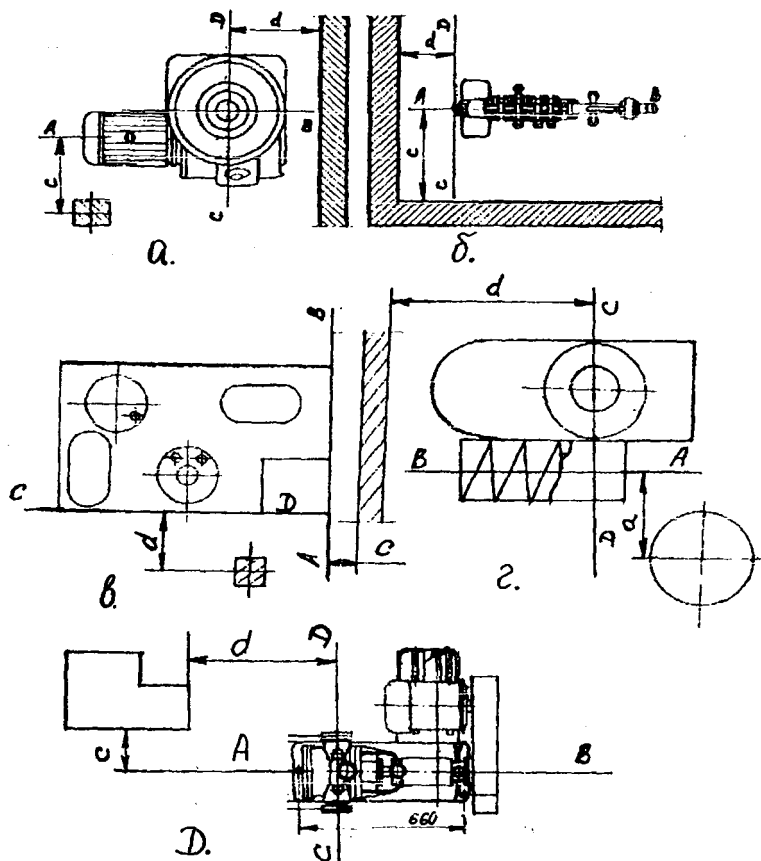


Рисунок 2.1 – Главные монтажные оси (AB и CD) оборудования и привязка к строительным конструкциям

- а – сепараторы – к капитальной стене и колонне; б – пластинчатый теплообменный аппарат – к двум капитальным стенам; в – установка ЭГА (для дистилляции) – к капитальной стене и колонне; г – пресс для винограда ВИБ – к оборудованию и капитальной стене; д – насос ЭЛМ-1А – к оборудованию.

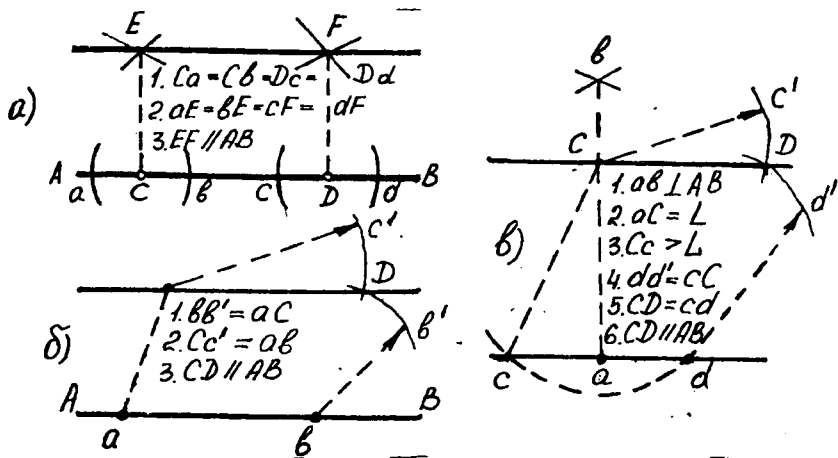


Рисунок 2.2 – Построение на перекрытии монтажной оси, ориентированной относительно линии АВ:

а – находящейся на произвольном расстоянии $CE=DF$; б – проходящей через точку С; в – находящейся на расстоянии L .

Монтажные оси переносят через стены, когда линия монтируется в двух смежных помещениях (рис. 2.3). На полу одного из них размечают ось. На стенах, у концов оси, на одинаковом расстоянии от пола намечают точки, по которым на смежной стене пробивают отверстие, на противоположной – крепят скобу. Над размеченной на полу монтажной осью горизонтально натягивают струну, которую пропускают через отверстие в смежное помещение. В нём при помощи отвесов размечают на перекрытии линию, которая является продолжением проекции оси.

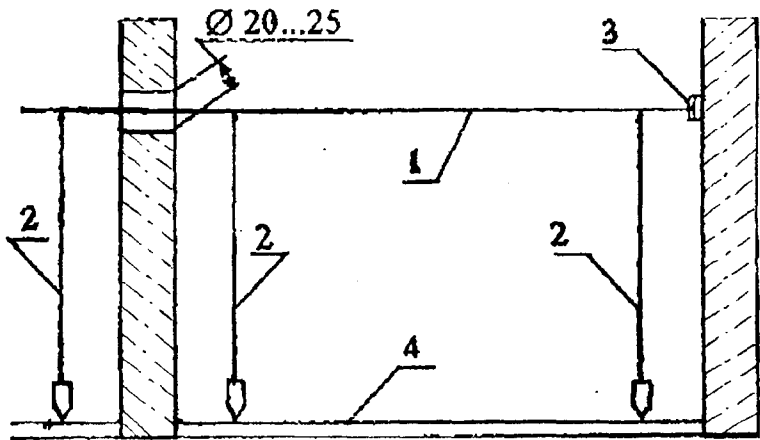


Рисунок 2.3 – Перенос монтажной оси в смежное помещение.

1 – струна; 2 – отвесы; 3 – монтажная скоба; 4 – проекция монтажной оси на перекрытие.

Перенос главной оси по этажам производится при помощи отвесов (рис. 2.4), для этого отвесы опускают через отверстия $\text{Ø } 20\text{...}25$ мм, сделанные в перекрытиях. Нити отвесов подводят к концам проволоки, фиксируют главную ось таким образом, чтобы нить и проволока только слегка касались одна другой. Отвесы приводят в спокойное состояние и по их нитям натягивают стальную проволоку, которую закрепляют (проверив её горизонтальность) на поперечных стенах.

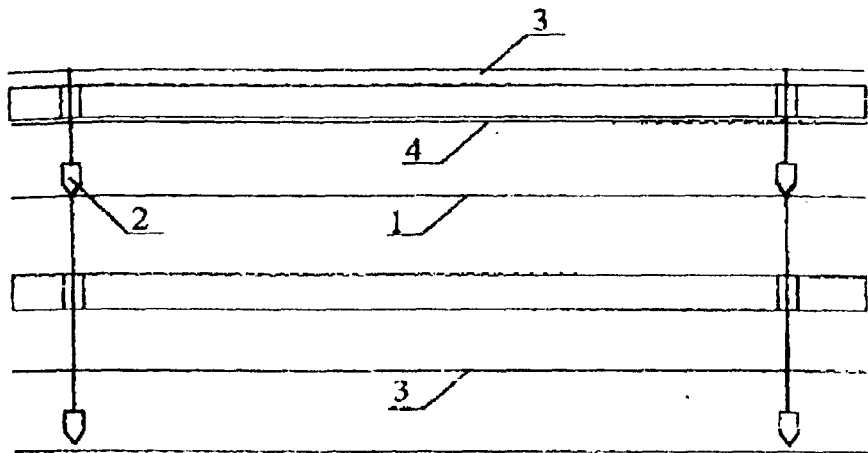


Рисунок 2.4 – Перенос главной оси по этажам

1-главная монтажная ось; 2-отвесы; 3-перенесённые оси;
4-проекция главной оси на перекрытии.

Для обеспечения более точного взаимного расположения нескольких единиц оборудования, например компрессора 1 (рис. 2.5) и отдельно стоящего электродвигателя 4, их главные монтажные оси переносят на натуру путём натяжения струн, т.е. контрольных реальных монтажных осей. В данном случае провешивают три оси-струны: АВ – ось вала компрессора, CD – ось вала электродвигателя и EF – ось, проходящая через фронтальные плоскости шкивов. Оси АВ и CD должны быть параллельными между собой и перпендикулярными оси EF.

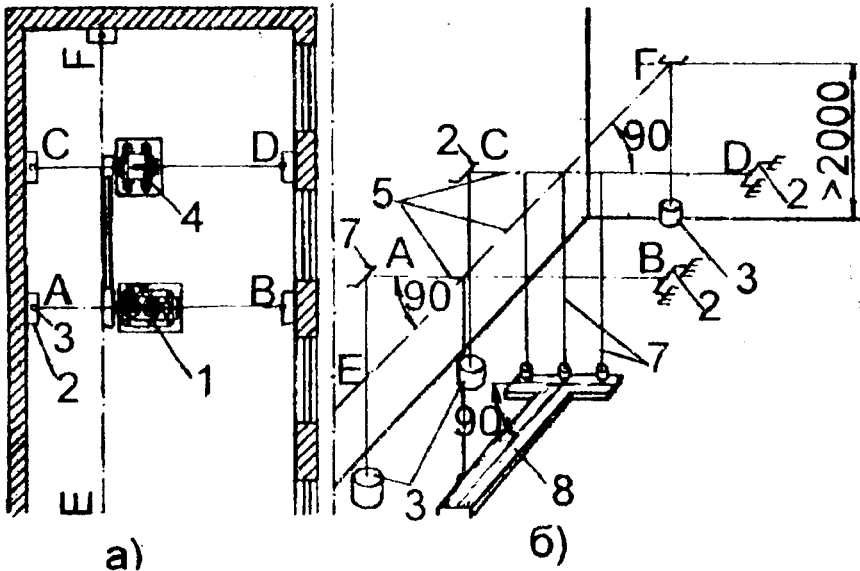


Рисунок 2.5 – Разметка главных монтажных осей вертикального компрессора и электродвигателя

а - в плане; б - провешивание контрольных монтажных осей (струн) на натуре; 1-компрессор; 2-скоба; 3-груз; 4-электродвигатель; 5-струны; 6-Т-образный шаблон; 7-отвесы.

Для крепления струн в стены заделывают строительные скобы 2, а к колоннам крепят хомуты. В некоторых случаях на строительных конструкциях (например, колоннах) вместо скоб устанавливают кронштейны, на которых закрепляют приспособления, позволяющие регулировать положение струн. Точность при разбивке контрольных монтажных осей составляет 5 мм на 10 м длины оси. Натянутые струны должны лежать в одной горизонтальной плоскости.

Параллельность струн определяют промером рулеткой расстояния между ними или между отвесами, опущенными с этих струн. Перпендикулярность струн выверяют с помощью угольника или Т-образного шаблона 6 с нанесёнными на нём двумя взаимно перпендикулярными линиями и отвесов 7, опущенных со струн 5 на эти линии. После выверки струн монтажные оси переносят на пол с помощью отбивки шнуром, натёртым мелом.

Нанесение высотных отметок

Нанесение высотных отметок при монтаже оборудования, устанавливаемого на фундаменте, а также трубопроводов помимо плоскостной — в плане, производят пространственную (объёмную) разметку, при которой выносят на натуру высотные отметки. Исходной точкой для отсчёта служит нулевая отметка здания, которая обозначается высотным репером. Репер (рис. 2.6) — это особый знак, представляющий собой стержень, болт или заклёпку 1, к которой приварен анкер 2, наглухо заделанный в один из фундаментов. Верхняя скруглённая поверхность репера служит началом отсчёта, т.е. нулевой отметкой, для всех высотных отметок: вверх — положительных, со знаком (+), вниз — отрицательных (-). Репер обычно устанавливают на первом этаже здания, высотные отметки наносят с помощью гидростатического уровня. При этом трубку 1 (рис. 6, в) устанавливают около репера, совместив мениск жидкости в трубке с его вершиной, а вторую трубку 2 размещают рядом с местом, куда необходимо перенести отметку, и производят отсчёт. В данном случае положительную величину h откладывают вверх от визирной линии АБ, соединяющей

мениски жидкости в трубках 1 и 2.

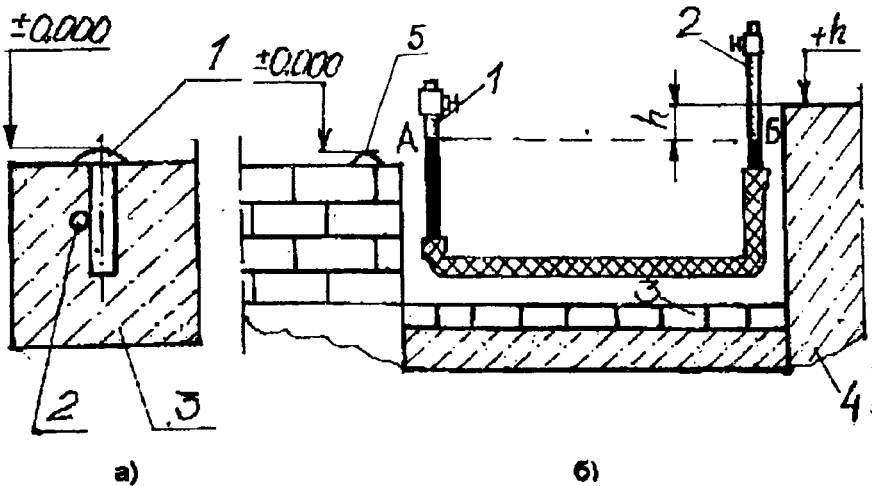


Рисунок 2.6 – Репер, заделанный в фундамент, и его использование при нанесении высотных отметок на натуре.

а – разрез: 1-защёлка; 2-анкер; 3-фундамент; б – нанесение высотной отметки с помощью гидростатического уровня: 1,2-трубки уровня; 3-чистый пол; 4-проверяемый фундамент; 5-репер.

2.3 Оборудование

В комплект оборудования для монтажной разметки входят: струны, отвесы, монтажные скобы, монтажный угольник, строительные уровни, рулетки, визирная линейка (для замера высотных отметок), стойки для подвеса рабочих монтажных осей.

2.4 Порядок выполнения работы

Каждой бригаде студентов выдаётся задание на разметку (нахо-

ждение координат оборудования относительно главной монтажной оси аудитории).

2.4.1 Провесить главную монтажную ось аудитории.

2.4.2 Задаться основными монтажными осями рассматриваемого оборудования.

2.4.3 Найти проекцию главной монтажной оси на полу аудитории.

2.4.4 Найти координаты главной монтажной оси.

2.4.5 Построить основные монтажные оси оборудования и найти их координаты.

2.4.6 Найти высотные отметки оборудования.

2.4.7 Выполнить план аудитории и монтажный чертёж оборудования.

2.5 Оформление работы

2.5.1 Отчёт оформляется каждым студентом.

2.5.2 В отчёте должна быть изложена цель работы, выполнены эскизы построения основных монтажных осей оборудования (по рис. 2.2).

2.5.3 Выполнить план аудитории с привязкой оборудования.

2.5.4 Выполнить установочный чертёж оборудования с простановкой высотных отметок.

2.6 Защита работы

При защите необходимо представить заверенный преподавателем отчёт и показать знания по практической монтажной разметке, привязке оборудования в горизонтальной и вертикальной плоскостях, выполненный установочный (монтажный) чертёж оборудования.

Контрольные вопросы

1. Что называется репером?
2. Какими способами на плане цеха привязывается оборудование при

монтаже?

3. Какая ось называется главной монтажной осью?

4. Назовите основные разметочные операции при монтаже.

5. Для чего предназначена визирная линейка?

6. Какие оси называются рабочими монтажными осями?

7. Для каких операций разметки применяют гидростатические уровни?

8. Какие оси называются монтажными осями оборудования?

9. Чем определяется масса груза для натяжки монтажных осей?

10. Чем определяется параллельность осей?

11. Как устраняют вибрации отвесов при разметочных операциях?

Лабораторная работа № 3

Проектирование фундаментов и площадок

3.1 Цель работы

Изучение конструкции и особенностей расчета и проектирования опор (фундаментов и фундаментных площадок) технологического оборудования с использованием натуральных образцов и чертежей общего вида.

3.2 Рабочие чертежи фундаментов

В инструкции завода изготовителя по монтажу и эксплуатации оборудования, монтируемого на фундаменте, обычно приводится рабочий чертеж фундамента.

Фундаменты под машины могут быть простыми (например, под сепаратор), сложными, индивидуальными и групповыми. На чертеже приводится план, продольное и поперечное сечение фундамента с обо-

значением размеров: длины, ширины, и высоты наземной части, расстояния между осями фундаментных или анкерных болтов, если они имеются, общей длины болтов и их закладной части, а также размеров колодцев под болты. Кроме того, на чертеже фундамента при необходимости указывают главные монтажные оси машины, к которым привязывают оси фундаментных болтов, а также высотные отметки. При проектировании фундамента не указывают глубину его заложения, которую устанавливают после исследования образцов грунта и определения его свойств.

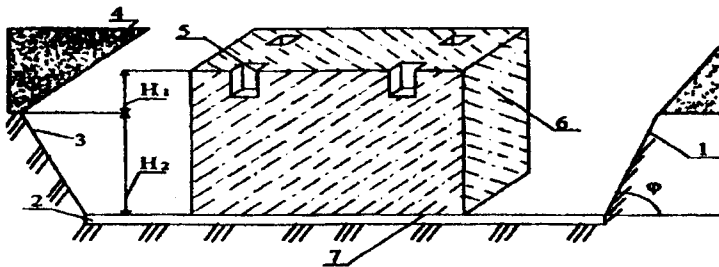


Рисунок 3.1 Бетонный фундамент

1 — основание; 2 — песчаная подушка; 3 — котлован; 4 — чистый пол покрытый плиткой; 5 — колодец под фундаментный болт; 6 — рабочая поверхность (обрез); 7 — подошва; ϕ — угол естественного откоса котлована.

Высота наземной части фундамента H_1 (рисунок 3.1) зависит от требований технологического процесса, удобства эксплуатации оборудования, например от расположения рожка для выхода высокожирных сливок из сепаратора по отношению к ванне для их нормализации, а также от правил безопасности.

Расстояние от поверхности грунта до подошвы H_2 называется глубиной заложения фундамента. Величина ее зависит от свойств грунта основания, уровня грунтовых вод, а для фундаментов, возводимых в не отапливаемых помещениях, кроме того, от глубины промерзания грунта. В отапливаемых помещениях глубина заложения фундаментов, как правило, назначается в пределах 500...700 мм. Однако для динамичных машин необходимо чтобы фундамент имел массу, превышающую массу машины в 2,5...10 раз, поэтому в этих случаях глубину заложения фундамента увеличивают по сравнению с указанной выше, например, для аммиачных компрессоров — до 2000...2500 мм. Фундамент должен быть удобен для монтажа, эксплуатации и технического обслуживания монтируемой машины, достаточно прочным, долговечным, простым для возведения. На рисунках 3.2 и 3.3 приведены основные типы фундаментов под оборудование. Фундаментные плиты применяют при больших массах и большой опорной поверхности оборудования. Могут также использоваться для установки нескольких единиц оборудования, для которых большое значение имеет взаимная ориентация. Бетонный заглубленный фундамент (см. рисунок 3.2 в, г, ж.) используется, если при работе оборудования возникает большой опрокидывающий момент или же необходимо установить машину или ее часть ниже уровня пола (например, для загрузки или выгрузки). Стеновые, столбчатые фундаменты, фундаменты типа "стена в грунте", коробчатые (см. рисунок 3.3 к, л, м), применяют, если опорные поверхности оборудования представлены стойками, рамами из профильного проката. При этом масса машины должна быть не большой (это, как правило, печи, расстойные шкафы, охлаждаю-

щие камеры и т.п.).

При необходимости высокой установки оборудования (например для донной разгрузки) применяют высокие фундаменты (см. рисунок 3.2 д, е и рисунок 3.3 и, к). При высокой динамичности работы оборудование устанавливают на фундаменты, опорная поверхность которых находится на амортизаторах (см. рисунок 3.3 н). Чем больше масса машины и динамическая нагрузка при ее работе, тем больше должна быть опорная поверхность фундамента (см. рисунок 3.2в, ж). При несимметричной нагрузке применяют фундаменты с увеличенной подошвой (рис. 3.2, в).

3.3 Сооружение площадок

При монтаже оборудования на перекрытии бетонную площадку (рисунок 7.5) сооружают в следующем порядке:

- 1) если пол выстлан плиткой 3, то ее удаляют.
- 2) на бетонном слое 5 перекрытия зубилом, молотком или ломом делают насечку.
- 3) изготавливают опалубку. Высота опалубки для площадки определяется высотой ее верхней части над уровнем пола и длиной фундаментных болтов.
- 4) при необходимости для болтов пробивают перекрытие (рисунок 3.4,б).
- 5) опалубку устанавливают на проектную отметку, выверяют по

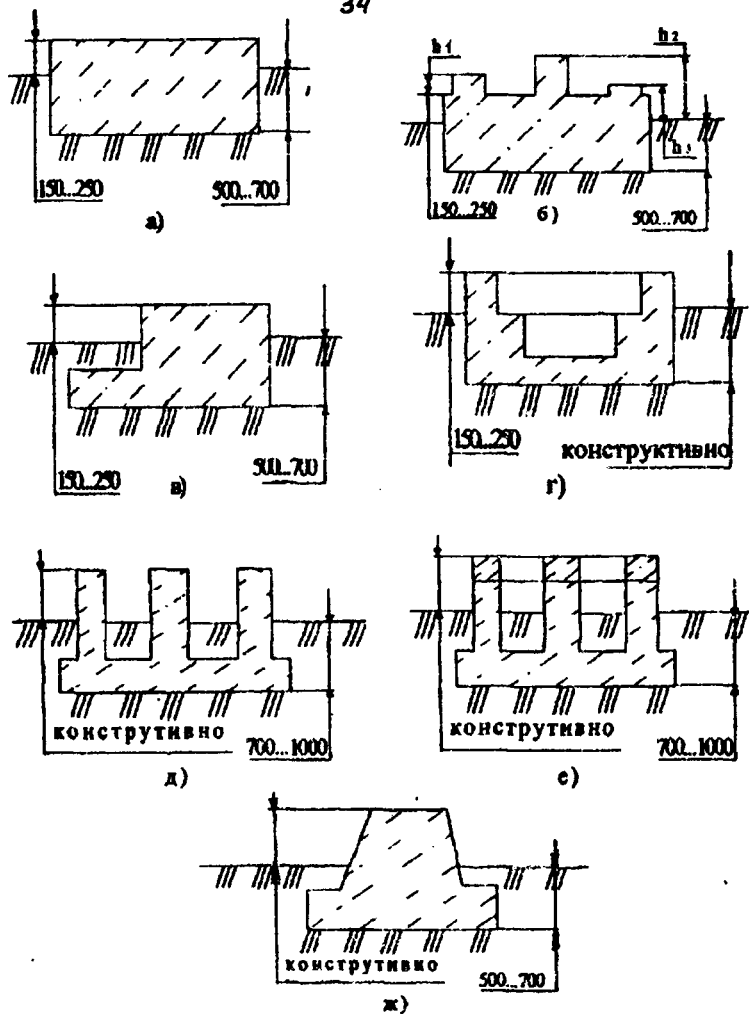


Рисунок 3.2 Основные типы фундаментов :

а, б — плиточный; в — плиточный с асимметричной нагрузкой; г —
 блочный заглубленный; д — стеновой; е — рамный высокий; ж —
 блочный высокий.

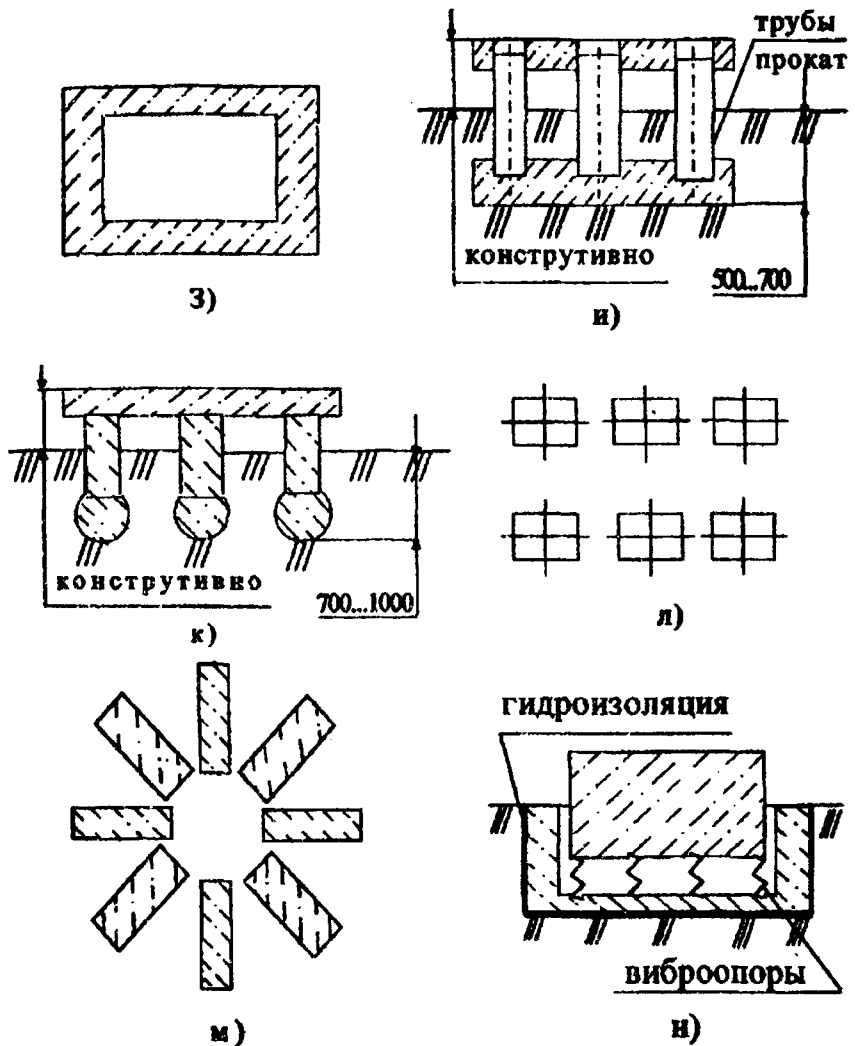


Рисунок 3.3 Основные типы фундаментов :

3 — коробчатый; 4 — плитно-стеновой; 5 — на буронабивных сваях; 6 — столбчатый; 7 — стена в грунте; 8 — блочный виброизоляционный заглубленный.

уровню, закрепляют шаблон с фундаментными болтами, смачивают перекрытие и опалубку водой.

6) Заполняют бетоном или цементным раствором. Затвердевший бетон площадки должен быть жестко связан с перекрытием.

7) После установки оборудования поверхность площадки покрывают непрерывным слоем гидроизоляции 4 и облицовывают плиткой 2. Если болты 7 пропускают сквозь перекрытие, то машину рекомендуют поднять на небольшую площадку высотой 50 мм для защиты ее от воды и моющих растворов. При пересечении болтами слоя гидроизоляции в местах прохода болтов ее следует тщательно заделать.

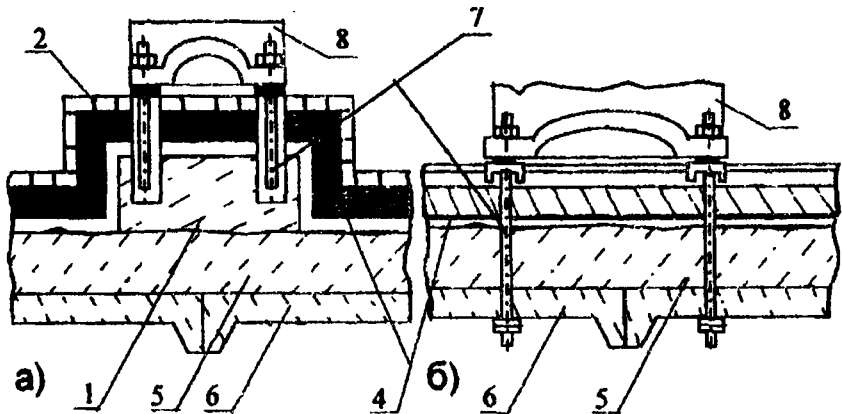


Рисунок 3.4 Конструкции площадок на перекрытии

а — бетонная площадка на перекрытии; б — крепление оборудования болтами, пропущенными через перекрытия.

1 — площадка; 2 — облицовочная плитка; 3 — метлахская плитка покрытия пола; 4 — слой гидроизоляции; 5 — слой бетона; 6 — сборная железобетонная плита; 7 — болты; 8 — рама металлическая.

Установка оборудования на строительных конструкциях

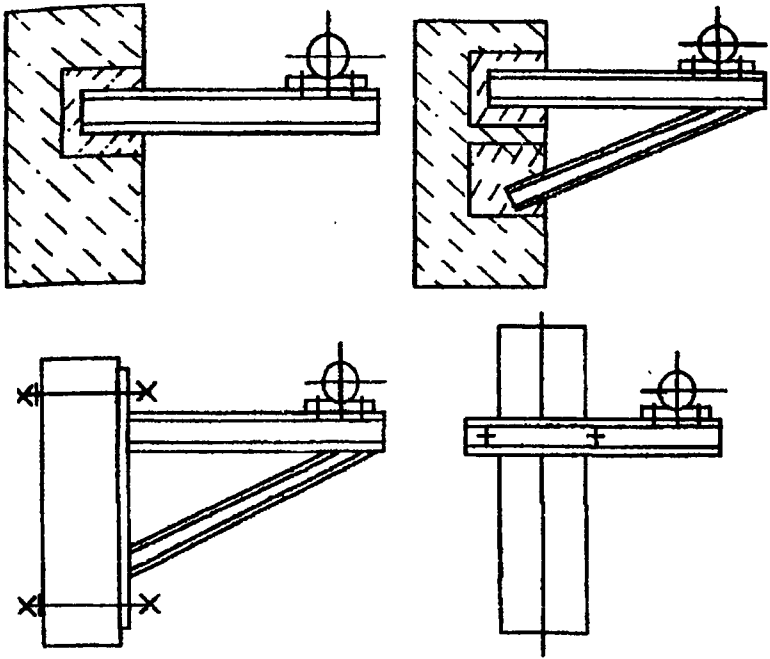


Рисунок 3.5 Крепление оборудования к стенам и колоннам

Недопустимо использовать строительные конструкции в качестве опор:

- 1) нагрузка от оборудования (статическая + динамическая) превышает допустимую расчетную;
- 2) при большой динамичности работы машины;
- 3) если строительная конструкция со временем может дать осадку;
- 4) если оборудование совместно со строительной конструкцией образует систему, собственная частота колебаний которой близка к частоте возмущающей силы $w/w_1 = 0,7...1,3$.

3.4 Расчет фундаментов и фундаментных площадок

√ 3.4.1 Статический расчет фундамента

При расчете определяют фактическое давление подошвы фундамента на основание и сравнивают его с нормативным (допускаемым) давлением. При расчете приближенно учитывают степень динамичности машины, вводя коэффициент уменьшения динамичности α , величина которого зависит от характера работы машины. Чем выше степень динамичности, тем меньше коэффициент α . Значения этого коэффициента для машин и аппаратов различных типов приведены в таблице

3.1

Таблица 3.1

Оборудование	Коэффициент α
1. Маслоизготовители периодического и непрерывного действия	0,3...0,4
2. Сепараторы всех видов, гомогенизаторы, компрессоры, металлорежущие станки	0,5...0,6
3. Пластинчатые и трубчатые теплообменные аппараты, вакуум-аппараты, сыродельные и творожные ванны, охладители творога, вальцовые и распылительные сушилки, бутылкомоечные машины, разливно-укупорочные автоматы и др.	0,7...0,9
4. Резервуары всех типов, паровые котлы	1

При статическом расчете фундамента необходимо проверить два основных условия.

Фундамент не должен давать значительной осадки (особенно неравномерной), что достигается, если фактическое давление на грунт P , Па

основания системы "машина + фундамент" будет меньше нормативного,

$$P = \frac{(G_M + G_\phi)}{(\alpha F)} \leq [R_H] ,$$

где G_M — вес машины в рабочем состоянии (например при заполнении продуктом), Н;

G_ϕ — вес фундамента, Н;

α — коэффициент уменьшения динамичности; F — площадь подошвы фундамента или площадь основания, m^2 ;

$[R_H]$ — нормативное (допускаемое) давление на грунт, Па.

При расчете сначала определяют площадь подошвы фундамента F, m^2 по габаритам рамы (станины) машины или исходя из расстояния между осями фундаментных болтов a и b (рисунок 3.6) добавляя припуск Δ на каждую сторону по $0,1 \dots 0,2$ м, т.е.

$$F = (a + 2\Delta)(b + 2\Delta)$$

Затем рассчитывают общую высоту фундамента $H, м$

$$H = H_1 + H_2$$

где H_1 — высота наземной части фундамента, м;

H_2 — глубина заложения фундамента, м.

Находят объем фундамента V, M^3

$$V = F * H ,$$

Вес фундамента $G_\phi, Н$ определим по формуле

$$G_\phi = V\gamma ,$$

где γ — удельный вес материала, для бетона $\gamma = 12000 \dots 25000$ Н/м³.

Вес машины G_M , Н определяют, исходя из ее массы M_M которую находят по паспортным или справочным данным

$$G_M = M_M * 9,81$$

Пример

Произвести статический расчет фундамента под сепаратор А1-ОЦМ-10 массой $M_M=470$ кг ($G_M=4,7$ кН), если расстояние между осями фундаментных болтов (рисунок 3.6,б) $a=370$ мм, $b=356$ мм. Принимаем высоту наземной части фундамента $H_1=100$ мм, глубину заложения $H_2=500$ мм, нормативное давление на грунт 2-ой категории $[R_H]=200$ кПа, коэффициент уменьшения $\alpha=0,5$, удельный вес бетона $\gamma=20$ к.Н/м³.

Приняв припуск $\Delta = 100$ мм = 0,1 м на каждую сторону, площадь подошвы фундамента составит:

$$F = (0,37 + 0,2)(0,36 + 0,2) = 0,32 \text{ м}^2$$

общая высота фундамента:

$$H = H_1 + H_2 = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ м}$$

объем фундамента:

$$V = F * H = 0,32 * 0,6 = 0,2 \text{ м}^3$$

вес фундамента:

$$G_\phi = V * \gamma = 0,2 * 20 = 4 \text{ кН}$$

фактическое давление на грунт основания составит:

$$P = \frac{(G_M + G_\phi)}{(\alpha F)} \leq [R_H] = \frac{(4,7 + 4)}{(0,5 * 0,32)} = 54,4 \leq 200 \text{ , кПа}$$

Следовательно, фундамент с принятыми размерами спроектирован правильно.

Если по результатам расчета фактическое давление на грунт намного меньше нормативного, т.е. $P \ll [R_H]$ то, если позволяет конструкция машины, уменьшают площадь подошвы фундамента или используют фундамента типа "стена в грунте", столбчатый (см. рисунок 3.2 и 3.3)

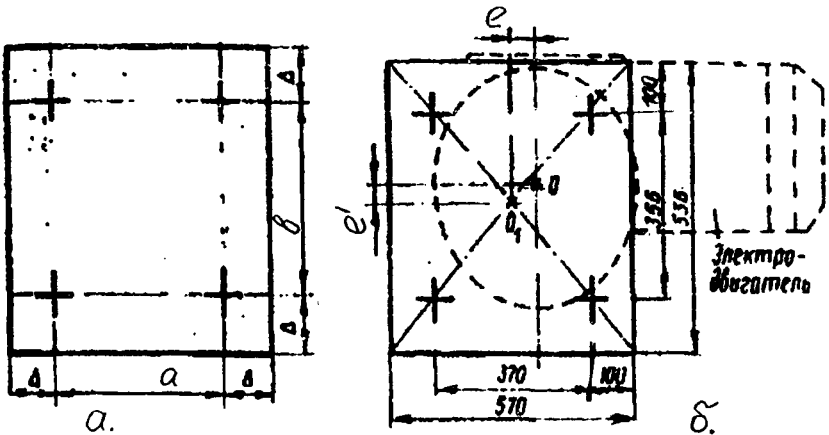


Рисунок 3.6 Площадь подошвы фундамента

а — общий вид; б — под сепаратора А1-ОЦМ-10; О — проекция центра тяжести сепаратора; О1 — проекция центра тяжести подошвы фундамента; е — эксцентриситет вдоль продольной оси сепаратора; е' — эксцентриситет вдоль поперечной оси сепаратора (величины е и е' — условно показаны не в масштабе).

При P больше $[R_H]$ увеличивают площадь подошвы фундамента за счет увеличения припуска, или производят упрочнение грунта основания, или используют фундамента с увеличенной подошвой (см рисунок 3.2 и 3.3).

При проектировании фундамента необходимо также учитывать взаимное расположение центра тяжести машины и площади подошвы фундамента, которые должны находится по возможности на одной

вертикали. Расчетное значение эксцентриситета e , т.е. отклонения вертикальной оси, проходящей через центр тяжести машины O (см. рисунок 3.6) от центра тяжести площади подошвы фундамента O_1 не должно превышать 5% от размера той стороны подошвы фундамента, в направлении которой смещается центр тяжести машины. В данном примере (см. рисунок 3.6,б) за счет массы электродвигателя сепаратора его центр тяжести (O) сместится в плане вправо и вверх (эксцентриситеты e и e').

При большом эксцентриситете из-за неравномерного распределения массы машины по площади фундамента и его основания возможны неравномерная осадка грунта, перекося фундамента и авария.



Пример

Определить наименьшую величину эксцентриситетов e и e' сепаратора А1-ОЦМ-10 (см рисунок 3.6,б), смонтированного на фундаменте со сторонами $a=570$ мм и $b=556$ мм.

Из пропорций находим предельные эксцентриситеты :

$$e=5a/100=5*570/100=28,5 \text{ мм};$$

$$e'=5b/100=5*556/100=27,8 \text{ мм}.$$

Кроме того, следует учитывать, что устойчивость системы "машина + фундамент" будет тем выше, чем меньше расстояние от подошвы фундамента до центра тяжести машины.

3.4.2 Статический расчет площадки

В данном случае производят проверочный расчет удельной нагрузки на перекрытие P_1 , Па

$$P_1 = \frac{(G_M + G_{пл})}{(\alpha F)} \leq [R_n] \quad ,$$

где G_M — вес машины в рабочем состоянии (например, при заполнении продуктом), Н;

$G_{пл}$ — вес площадки, Н;

α — коэффициент уменьшения динамичности, по таблице 3.1;

F — площадь подошвы площадки, m^2 ;

$[Rn]'$ — нормативное (допускаемое) давление на перекрытие, Па (для перекрытий зданий пищевой промышленности принимается равной 15000...30000 Па).

Порядок расчета такой же, что и при статическом расчете фундамента. Если расчетная удельная нагрузка на перекрытие будет больше нормативной, то производят пересчет, увеличивая площадь подошвы площадки, или оборудование устанавливают на разгрузочные балки (швеллер, двутавр, рельсы), опирающиеся на основные балки перекрытия, колонны или капитальные стены.

Пример

Произвести статический расчет площадки под сепаратор А1-ОЦМ-10, используя данные из предыдущего примера; нормативную нагрузку на перекрытие $[Rn]'$ принять равной 25 кПа.

Объем площадки

$$V = FH = 0,32 * 0,1 = 0,032 \text{ м}^3$$

вес площадки

$$G_{пл} = V_{пл} * \gamma = 0,032 * 20 = 0,64 \text{ кН}$$

фактическое давление на перекрытие составит

$$P_1 = \frac{(G_M + G_{пл})}{(\alpha F)} \leq [Rn]' = \frac{(4,7 + 0,6)}{(0,5 * 0,32)} = 33,1 > 25$$

Производим расчет, увеличив припуск Δ до 0,15 м на сторону. Тогда площадь подошвы площадки станет равной:

$$F' = (a+2\Delta)(b+2\Delta) = (0,37+2*0,15)(0,36+2*0,15) = 0,44 \text{ м}^2$$

новый объем площадки

$$V_{пл}' = F' \cdot H = 0,44 * 0,1 = 0,044 \text{ м}^3$$

новый вес площадки

$$G_{пл}' = V_{пл}' * \gamma = 0,044 * 20 = 0,88 \text{ кН}$$

новое фактическое давление на перекрытие составит

$$P_1 = \frac{(G_M + G_{пл}')}{(\alpha F')} \leq [R_n] = \frac{(4,7 + 0,88)}{(0,5 * 0,44)} = 25 = 25$$

что в пределах допустимой нормативной нагрузки

3.4.3 Расчет удельной нагрузки на основание

Данный расчет делают в том случае, если машину или аппарат устанавливают не на фундамент или площадку, а непосредственно на пол, расположенный на грунте или перекрытии. При этом ход расчета аналогичен описанному выше статическому расчету фундамента или площадки, но $G_{ф} = 0$ или $G_{пл} = 0$, а площадь F принимается как сумма площадей опор (ножек) f , на которые устанавливается оборудование, т.е.

$$F = \sum f$$

Пример

Определить удельную нагрузку на основание от резервуара для хранения молока Г6-ОМГ-25 вместимостью 25 м³, массой 3470 кг ($Q_M = 34,7$ кН), устанавливаемого на полу 1-го этажа здания на 8 опорах (ножках) диаметром 150 мм каждая. Принять $\alpha = 1$, $[R_n] = 250$ кПа,

плотность молока $\rho_{\text{пр}} = 1003 \text{ кг/м}^3$.

Масса продукта (молока) в резервуаре

$$M_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} * \rho_{\text{пр}} ,$$

где $V_{\text{пр}}$ — объем продукта или вместимость резервуара, м^3 ;

$\rho_{\text{пр}}$ — плотность продукта, кг/м^3 .

$$M_{\text{пр}} = 25 * 1003 = 25075 \text{ Н} ; G_{\text{пр}} = 250,75 \text{ кН}$$

общий вес резервуара в рабочем (заполненном) состоянии

$$G_0 = G_M + G_{\text{пр}} = 34,7 + 250,75 = 285,45 \text{ кН}$$

площадь одной опоры (ножки)

$$f = (\pi d^2) / 4 ,$$

где d — диаметр опоры, м.

$$F = (3,14 * 0,15^2) / 4 = 0,02 \text{ м}^2$$

общая площадь 8 опор

$$F = 0,02 * 8 = 0,16 \text{ м}^2$$

удельная нагрузка на основание

$$P' = \frac{G_0}{(\alpha F)} \leq [R_H] = \frac{229,2}{1 * 0,16} = 1826,3 > 250$$

Такая нагрузка значительно превышает нормативное давление на перекрытие, поэтому проектируем установить резервуар на две продольные балки из швеллера №18 с массой одного метра 16,3 кг, длиной по 4 метра каждая. Общая масса двух балок составит

$$M_B = 2mL = 2 * 16,3 * 4 = 130,4 \text{ кг}$$

общий вес балок

$$G_B = M_B * 9,81 = 1304 \text{ Н} = 1,304 \text{ кН}$$

площадь опоры двух балок

$$F_b = 2La = 2 \cdot 4 \cdot 0,18 = 1,44 \text{ м}^2$$

новая удельная нагрузка

$$P' = \frac{G_o}{(\alpha F_b)} \leq [R_H] = \frac{229,2 + 1,304}{(1 \cdot 0,18)} = 203,6 < 250$$

√ 3.4.4 Динамический расчет фундамента и площадок

Если работа оборудования приводит к возникновению дополнительных динамических нагрузок на фундаменты или площадки, то необходимо выполнить расчет, который позволяет определить амплитудно-частотные воздействия на основания машин, проверить могут ли возникнуть резонансные явления.

Фактическое давление на грунт P_d при наличии динамической составляющей определяется по формуле:

$$P_d = \frac{G_M + G_f + P_z}{\alpha F} \leq [R_H] \quad ,$$

где G_M , G_f — вес машины и фундамента, соответственно, Н;

P_z — вертикальная составляющая неуравновешенных сил инерции;

α — динамический коэффициент (см таблицу 3,2);

F — площадь подошвы фундамента, м^2 ;

$[R_H]$ — нормативное (допускаемое) давление на грунт или перекрытие; для песчаных грунтов $[R_H] = 150 \dots 250$ кПа; для глинистых $[R_H] = 100$ кПа.

Вертикальная составляющая неуравновешенных сил инерции P_z определяется по формуле

$$P_z = m \cdot w^2 \cdot e \quad ,$$

где m — масса массивной вращающейся части машины (как правило,

рабочего органа), кг;

w — угловая скорость вращения этой части машины, рад/с;

e — эксцентриситет приложения силы P_z , м.

Таблица 3.2

Оборудование	Коэффициент α
1) Маслоизготовители периодического и непрерывного действия	0,3...0,4
2) Сепараторы всех видов, гомогенизаторы, компрессоры, металлорежущие станки	0,5...0,6
3) Пластинчатые и трубчатые теплообменные аппараты, вакуум-аппараты, сыродельные и творожные ванны, охладители творога, вальцовые и распылительные сушилки, бутылкомоечные машины, разливно-укупорочные автоматы и др.	0,7...0,9
4) Резервуары всех типов, паровые котлы	1

Если величину P_z определить трудно или в случае проектных расчетов можно принимать $P_z = G_m$.

Амплитуда вынужденных вертикальных колебаний A_z , м определяются по формуле

$$A_z = K \frac{P_z}{G_0 (N_z^2 - n^2)} \leq [A_z] = 0,0002 \dots 0,0003 \text{ м},$$

где G_0 — вес фундамента и машины, Н;

K — коэффициент; $K = 90 \text{ м/мин}^2$

N_z — частота вертикальных колебаний, мин^{-1} ;

n — частота вращения массивной детали, вызывающей динамику (как правило рабочего органа), об/мин ;

[Az] — допускаемая амплитуда вертикальных колебаний, м.

Частота вертикальных колебаний N_z , мин^{-1} определяется по формуле

$$N_z = K_1 \sqrt{\frac{C_z F}{G_0}} \quad ,$$

где K_1 — коэффициент, $K_1 = 9,55 \text{ мин}^{-1}$;

C_z — коэффициент упругости грунта, Н/м^2 . Для площадей основания фундамента свыше 10 м^2 C_z

принимается от $3 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (для слабых грунтов) до $10 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (для скальных). Если площадь основания фундамента меньше 10 м^2 коэффициент C_z , Н/м^2 определяется по формуле :

$$C_z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{F}} \quad ,$$

Амплитуда перемещений в горизонтальной плоскости (колебания сдвига) A_x , м определяется по формуле :

$$A_x = K \frac{P_x}{G_0 \left((N_x)^2 - (n^2) \right)} \leq [A_x] = 0,0002 \dots 0,0003 \text{ м}$$

где N_x — частота собственных горизонтальных (сдвиговых) колебаний, мин^{-1} ;

[A_x] — допускаемая амплитуда горизонтальных колебаний, м;

P_x — горизонтальная составляющая неуравновешенных сил инерции, при проектных расчетах можно принять $P_x = P_z$;

$$N_x = K_1 \sqrt{\frac{C_x F}{G_0}} \quad ,$$

где C_x — коэффициент упругости грунта при сдвиговых смещениях, Н/м^2 .

$$C_x = 0,5 C_z$$

При проверке на резонанс находят отношение вынужденных и собственных колебаний системы "фундамент — машина".

$$0,7 \geq \frac{n}{N_z} \geq 1,3$$

$$0,7 \geq \frac{n}{N_x} \geq 1,3$$

Если расчет показал, что система может работать в зоне резонанса, то необходимо изменить конструкцию фундамента или предусмотреть виброопоры при установки машины на фундамент.

3.5 Оборудование

Лабораторная работа выполняется на оборудовании кафедры МАПП, установленного в а.2207, 2127, 2102, 2110. В качестве дополнительных вариантов преподавателем могут предлагаться чертежи общих видов технологического оборудования (см. приложение №2)

3.6 Порядок выполнения работы

Каждой бригаде студентов выдаётся задание на проектирование фундаментных площадок под оборудование, установленное в лабораториях кафедры.

6.1 Замерить основание оборудования и выполнить эскизы опорных поверхностей оборудования с простановкой размеров.

6.2 Учитывая рекомендации, изложенные в разделах 3.2-3.4 выбрать схему фундаментной площадки.

6.3 Выполнить эскиз фундамента или площадки с простановкой всех необходимых размеров.

6.4 Нанести на эскиз фундамента расположение центра тяжести фундамента и машины.

- 6.5 Используя рекомендации раздела 3.4.1 проверить фундамент на устойчивость.
- 6.6 Выполнить статический и динамический расчет фундамента.
- 6.7 При проектировании фундаментов по рабочим чертежам необходимо ознакомиться с особенностями работы машины и, используя рекомендации разделов 3.2-3.4 данного пособия, выбрать схему фундамента.
- 6.8 Дальнейший порядок работы (см. 6.3-6.4).

3.7 Оформление работы

- 7.1 Отчет выполняется каждым студентом.
- 7.2 В отчете должна быть изложена цель работы, эскиз фундамента с простановкой всех необходимых размеров, необходимые расчёты.

4. Лабораторная работа №4

Проектирование крепления оборудования

4.1 Цель работы

Изучение конструкций фундаментных болтов; исследование на натуральных образцах технологического оборудования параметров, влияющих на схемы расположения, прочностные и динамические характеристики фундаментных болтов.

4.2 Классификация фундаментных болтов

Конструктивные болты служат для фиксации оборудования на фундаментах и для предотвращения случайных смещений. Такие болты предусматриваются для оборудования, устойчивость которого против опрокидывания, сдвига обеспечивается собственной массой.

Расчетные болты воспринимают нагрузки, которые возникают при работе технологического оборудования.

Болты, в зависимости от способа их установки, подразделяют на следующие основные виды:

- 1) глухие;
- 2) закладные;
- 3) съемные.

Предпочтительно применять болты диаметром 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42 мм, с длиной болтов $L=(20...40)d$. Оси болтов привязывают к основным осям оборудования.

Глухие заливные болты, используемые преимущественно для крепления пегких и средних машин, изготавливают диаметром до 42 мм. Их заделывают наглухо в процессе бетонирования фундамента (рисунк4.1,а), поэтому устанавливают до бетонирования с высокой точностью: болты диаметром до 24 мм устанавливают по шаблонам, диаметром 24 и выше — по специальным стальным кондукторам, фиксирующим положение болтов как в плане, так и по высоте. Кондукторы состоят из стоек, горизонтальных элементов (отрезков швеллеров или стальных листов с рассверленными в них отверстиями) и связей. Болты подвешивают к кондукторам при помощи гаек и шайб, выверяют по чертежам, фиксируют и вторично выверяют положение болтов. Чертежи кондукторов входят в состав рабочих чертежей фундаментов. Их разрабатывает проектная организация, ведущая проектирование цеха.

Закладные болты располагают в специально оставленные в теле фундаментов колодцы. Затем колодцы заливают бетоном марки не ниже

150. Возможно также сверление отверстий в готовом фундаменте. Съемные фундаментные болты, применяемые для крепления тяжелого оборудования, устанавливаются в процессе монтажа оборудования в специально предусмотренные для них колодцы и закрепляются в анкерных плитах. Колодцы после закрепления болтов закрывают крышками. Эти болты (см. рисунок 4.1,б) имеют преимущества по сравнению с заливными:

- 1) их можно смешать при установке машины, т.е. ориентировать относительно отверстия в станине машины;
- 2) можно также опускать при перемещении.

По конструкции используют болты (см. рисунок 4.1):

- с отгибом;
- "ершик";
- с конической нижней частью;
- с анкерной плитой;
- с распорными втулками и конусами.

Болты с отгибом, как наиболее простые, применяют в случаях, когда фундаменты имеют большую высоту (0,5...0,7 м). Их длина (глубина заделки) не менее $25d$ для силовых болтов, $H_{\min}=15d$ для конструктивных болтов.

Болты с анкерными плитами применяются, когда высота фундамента (площадки) определяется только глубиной заделки болтов. Для этих болтов $H_{\min}=15d$ для силовых болтов и $H_{\min}=10d$ для конструктивных болтов.

Болты с конической частью имеют меньшую глубину заделки, $H_{\min}=10d$ для силовых болтов и $H_{\min}=5d$ для конструктивных болтов.

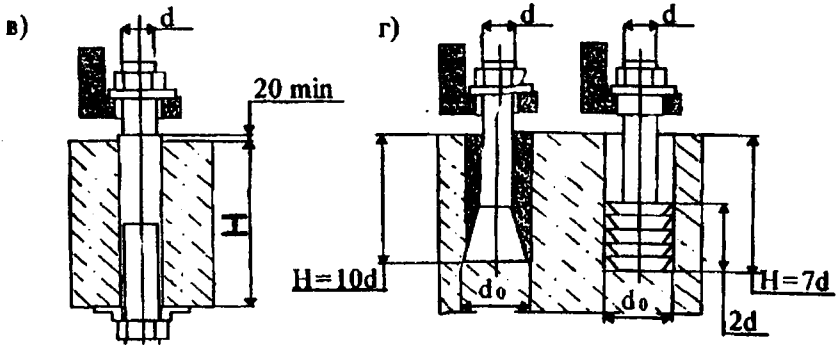
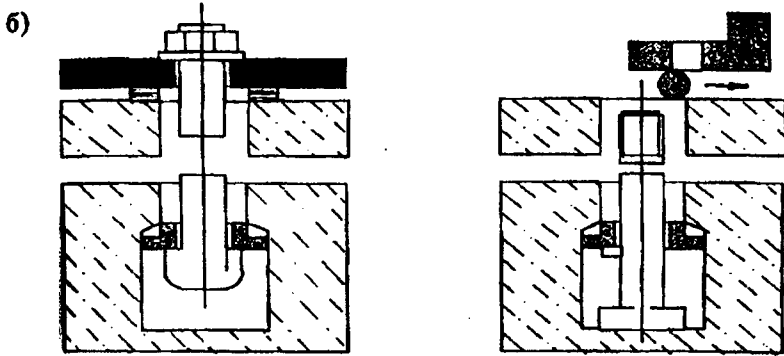
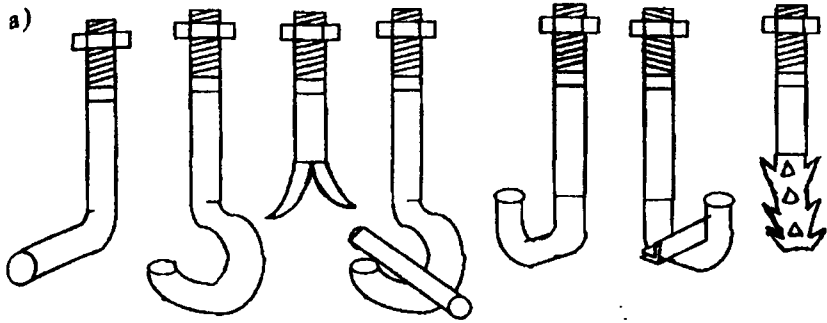


Рисунок 4.1 Фундаментные болты:

а — заливные; б — съемный; в — болт с изолирующей трубой и амортизирующим элементом; г — болты конические (с цементной зачеканкой, с распорными цангами)

4.3 Расчет болтов

Болты выполняют из сталей группы А (ст.0 — ст.7) с $[\sigma_P]=140$ МПа, сталей 09Г2С с $[\sigma_P]=170$ МПа, 10Г2С1 — $[\sigma_P]=190$ МПа (последние марки сталей применяют при креплении машин с большими динамическими нагрузками).

Площадь сечения болтов S рассчитывают по формуле

$$S = \frac{P_3 + XP}{Z[\sigma_P]}, \quad (4.1)$$

где P_3 — усилие затяжки, Н;

X — коэффициент нагрузки (табличный, см. табл. 4.1 зависит от вида стыка: 1) оборудование установлено на прокладки; 2) опирание оборудования на бетонную подливку; 3) опирание оборудования непосредственно на бетонную площадку); P — расчетная динамическая нагрузка, Н:

вертикальная и горизонтальная составляющие динамической нагрузки равны

$$P = P_z = P_x = q\omega^2 e,$$

где q — вес главного узла, совершающего вращение (как правило рабочий орган), Н;

ω — частота возмущающей силы, $\omega = \pi \cdot n/30$ — частота вращения главного узла, мин^{-1});

e — эксцентриситет главного вращающегося узла (радиус неуравновешенного кривошипа; радиус эксцентрика; половина хода ползуна, совершающего возвратно-поступательное движение; экс-

центриситет ротора и т.п.), м;

Z — количество болтов.

Для болтов, устанавливаемых без контроля затяжки площадь сечения можно принять

$$S = \frac{XP}{0,9Z[\sigma_P]} \quad (4.2)$$

Усилие затяжки P_3 , Н рассчитывается по формуле

$$P_3 = K_{CT} P (1 - X) \quad , \quad (4.3)$$

где K_{CT} — коэффициент стабильности затяжки (табличный, см. табл. 4.1 зависит от вида стыка и конструкции болта).

Площадь сечения болта для восприятия сдвигающей нагрузки S_C , м² находится по формуле

$$S_C = \frac{P'_3}{[\sigma_P] Z} \quad , \quad (4.4)$$

где P'_3 — суммарное сдвигающее усилие.

$$P'_3 = K_{CT} \frac{P_X - G_M f}{Z f} \quad , \quad (4.5)$$

где G_M — вес оборудования, Н;

P_X — расчетная сдвигающая нагрузка, действующая в плоскости стыка (см. 4.1), Н;

f — коэффициент трения в стыке, $f=0,3$ при бесподкладочном способе установки оборудования, $f=0,2$ при других способах установки.

При динамических нагрузках площадь сечения болта S_g проверяют на выносливость по формуле

Способ установки болтов	Наименование болтов	Тип болтов	Эскиз болтов	Установочные параметры						Расчётные параметры		
				Глубина заделки Н не менее	Расстояние между осями болтов С не менее	Расстояние от оси крайних болтов до грани фундамента не менее	Коэффициенты X			Коэффициенты стабильности затяжки K_{CT}		
							Вид стыка фундамент-оборудование					
							1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Непосредственно в массив фундамента	С отгибом	1,2		25d	6d	4d	0,55d	0,4	0,5	$\frac{1,5}{3}$	$\frac{1,3}{1,5}$	$\frac{1,4}{1,2}$
	С анкерной плитой	3,4		15d	10d	6d	0,55	0,45	0	$\frac{1,5}{1,9}$	$\frac{1,3}{1,7}$	$\frac{1,4}{1,8}$
	Составные	5		15d	10d	6d	0,5	0,3	0,65	$\frac{1,5}{2,1}$	$\frac{1,3}{1,9}$	$\frac{1,4}{2}$

$$S_g = \frac{P_3 + XP}{Z[\sigma_D]} \quad , \quad (4.6)$$

где $[\sigma_D]$ — предел допускаемой прочности болта при динамических нагрузках, Па.

Предел допускаемой прочности болта при динамических нагрузках $[\sigma_D]$, Па определяется по формуле

$$[\sigma_D] = \frac{0,278[\sigma_P]\alpha}{\mu} \quad , \quad (4.7)$$

где α — коэффициент, учитывающий число циклов нагружения, при 10^6 циклах $\alpha=1,25$;

μ — коэффициент, учитывающий масштабный фактор, для болтов М16 $\mu=1,1$, М20...М24 $\mu=1,2$; при М=30, 36 $\mu=1,4$; при М<16 $\mu=1$.

Глубина заделки болтов в фундаменты Н для шпилек из стали с расчетным сопротивлением растяжению $[\sigma_P]=140$ МПа и марки бетона фундамента 150 с расчетным сопротивлением растяжению

$[\sigma_P]_Б=0,63$ МПа приведена в табл. 4.1

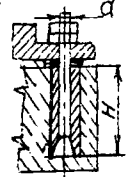
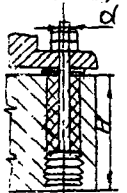
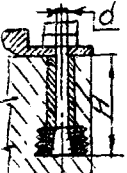
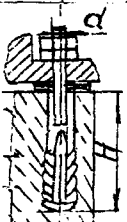
При других расчетных сопротивлениях стали шпилек болтов или марках бетонов фундаментов глубина заделки H_0 для глухих и съемных болтов, устанавливаемых в массив фундаментов (типы 1-8), определяются по формуле (4.8) но не более $8d$, а для болтов, устанавливаемых на готовых фундаментах в просверленные скважины (типы 9-12) и в колодцах (типа 14) — по формуле (4.9)

$$H_0 \geq H \frac{0,63}{140} \cdot \frac{[\sigma_P]}{[\sigma_P]_Б} \quad (4.8)$$

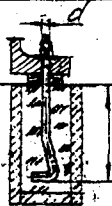
Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В массив фундамента с изолирующей трубкой	Без амортизирующих элементов	6		15 d	10 d	6 d	0,4	0,3	0,38	$\frac{1,5}{1,6}$	$\frac{1,4}{1,5}$	$\frac{1,45}{1,36}$
		7		30 d	10 d	6 d	0,3	0,2	0,25	$\frac{1,35}{1,45}$	$\frac{1,25}{1,35}$	$\frac{1,3}{1,4}$
	С амортизирующими элементами	8		20 d	10 d	6 d	0,3	0,2	0,25	$\frac{1,3}{1,4}$	$\frac{1,2}{1,3}$	$\frac{1,25}{1,35}$
	Прямые на эпоксидном клею	9		10 d	5 d	5 d	0,65	0,6	0,6	$\frac{2,0}{2,5}$	$\frac{2,0}{2,5}$	$\frac{2,0}{2,5}$

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В готовые фундаменты:	Конические с цементной зачеканкой	10		10 d	10 d	10 d	0,65	0,6	0,6	$\frac{2,1}{2,6}$	$\frac{2,1}{2,6}$	$\frac{2,1}{2,6}$
	Конические с распорными цангами	11		3 d	10 d	10 d	0,7	0,65	0,65	$\frac{2,2}{3}$	$\frac{2,2}{3}$	$\frac{2,2}{3}$
	Конические с распорной втулкой	12		7 d	10 d	10 d	0,7	0,65	0,65	$\frac{2,2}{3}$	$\frac{2,2}{3}$	$\frac{2,2}{3}$
	Конические с распорным конусом	13		6 d	8 d	8 d	0,7	0,6	0,6	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В колодцах	С отгибом	14		25 d	6 d	4 d	0,55	0,45	0,3	$\frac{1,3}{2,1}$	$\frac{1,3}{1,9}$	$\frac{1,4}{2}$

примечание:

Для конструктивных болтов с отгибами - типы 1,2 и 14 глубину заделки в бетон следует принимать равной $15d$; для болтов с анкерными плитами (типы 3-5) - $10d$, а для болтов, устанавливаемых в готовые фундаменты (типы 11 и 12) - $5d$.

. В числителе приведены значения $k_{ст}$ при статических нагрузках, в знаменателе - при динамических.

. В тех случаях, когда способ установки оборудования на фундаментах (вид стыка) не оговаривается, отъём величины коэффициента нагрузки X и стабильности затяжки $k_{ст}$ для каждого типа болта принимаются по максимальному значению.

. Вид стыка фундамент - машина (столбцы 8-13): 1 - на металлические пластины ; 2 - опирание оборудования на бетонную подливку ; 3 - опирание оборудования непосредственно на фундамент.

$$H_0 \geq H \frac{[\sigma_P]}{140} \quad , \quad (4.9)$$

где: H – глубина заделки болтов в бетон, м, принимается по табл. 4.1;

$[\sigma_P]_Б$ – расчетное сопротивление растяжению бетона фундамента, МПа;

$[\sigma_P]$ – расчетное сопротивление растяжению металла болтов принятой марки стали, МПа;

140 – расчетное сопротивление растяжению металла болта из стали марки ВСтЗсп5(ГОСТ 380-71), МПа;

0,63 – расчетное сопротивление растяжению бетона марки 150, МПа;

Наименьшие допускаемые расстояния между осями болтов C и от оси крайних рядов болтов до граней фундамента приведены в табл.4.1

Расчетные площади поперечных сечений болтов в зависимости от их диаметра приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Площадь поперечных сечений фундаментальных болтов

Диаметр резьбы болтов	Расчетная площадь поперечного сечения болты по резьбе, $\text{м}^2 \cdot 10^{-4}$	Диаметр болтов,	Расчетная площадь сечения болтов по резьбе, $\text{м}^2 \cdot 10^{-4}$
M10	0,523	M56	18,74
M12	0,769	M04	25,12
M16	1,44	M72x6	32,23
M20	2,25	M80x6	40,87
M24	3,24	M90x6	53,68

Продолжение таблицы 4.2

М30	5,19	М100х6	67,32
М36	7,59	М110х6	82,67
М42	10,34	М125х6	108,56
М48	13,80	140х6	138,01

Пример:

Определить диаметр фундаментных болтов с отгибом (тип 1) и глубину их заделки в бетон фундамента при следующих исходных данных:

Сталь шпилек болтов Ст.3 ГОСТ 380-89 ($[\sigma_p] = 140$ МПа); марка бетона фундаментного М150; вид стыка 1. Принимаем количество болтов $Z=10$

1) По табл. 4.1 для данного болта и способа опирания оборудования находят

$$X=0,55; K_{CT}=2; H=25d$$

2) Необходимое усилие предварительной затяжки фундаментных болтов определяется по формуле (4.3)

$$P_3 = K_{CT} * P(1-X) = 2 * 40000(1-0,55) = 36000, \text{ Н}$$

3) Необходимую площадь сечения болтов по прочности определяют по формуле (4.1)

$$S = \frac{P_3 + XP}{Z[\sigma_p]} = \frac{36000 + 0,55 * 40000}{10 * 140 * 10^6} = 4,14 * 10^{-4}, \text{ м}^2$$

4) По табл. 4.2 принимается болт с резьбой диаметром М30,

$$S = 5,19 * 10^{-4}, \text{ м}^2$$

5) Проверяется сечение болта на выносливость. Расчетное сопротивление болта определяется по формуле (4.7)

$$[\sigma_D] = \frac{0,278[\sigma_P]\alpha}{\mu} = \frac{0,278 \cdot 140 \cdot 10^6 \cdot 1,25}{1,4} = 34,75 \cdot 10^6, \text{ Па}$$

Необходимая площадь сечения болта по формуле (4.6)

$$S_g = \frac{P_3 + XP}{Z[\sigma_D]} = \frac{36000 + 0,55 \cdot 40000}{10 \cdot 34,75 \cdot 10^6} = 1,67 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2$$

т.к. $S_g < S$ оставляем болты М30.

Глубина заделки болта в бетон (см. табл. 4.1)

$$H = 25d = 25 \cdot 30 = 750, \text{ мм.}$$

4.4 Оборудование

Лабораторная работа выполняется на технологическом оборудовании, установленном в лабораториях 2207, 2110, 2102, 2127 кафедры МАПП. Для проведения измерений используются комплекты измерительных приспособлений, выдаваемых преподавателем каждой бригаде студентов.

Студенты заочной формы обучения, данные для расчета принимают из табл. 4.3. Выбираются данные первых десяти вариантов; номер варианта – последняя цифра шифра зачетки. Тип оборудования и размер опорной поверхности принять по приложению 2 (в соответствии с рекомендациями, изложенным в работе №3).

4.5 Порядок выполнения работы

Каждой бригаде студентов дневной формы обучения выдается задание на проектирование опор оборудования.

4.5.1 Ознакомится с конструкцией оборудования, для которого проектируется крепление.

4.5.2 В соответствии с паспортными данными установить массу оборудования, схему и количество отверстий под фундаментные болты.

4.5.3 Стрелочные индикаторы закрепить на корпусе оборудования в соответствии с указаниями преподавателя.

Таблица 4.3

Варианты выполнения работы

№ варианта	Расчетная динамическая нагрузка $P \times 10^3, \text{H}$	Сталь шпилек болтов	Марка бетона	Способ опирания оборудования (табл. 4.1)	Тип болта (см. табл. 4.1)	Количество болтов, Z
1	2	Ст.3	150	1	3	4
2	10	Ст.3	200	2	10	10
3	8	30ХГСА	200	3	11	6
4	1	09Г2С	150	1	1	4
5	14	09Г2С	150	2	3	16
6	7	09Г2С	250	3	5	6
7	6	Ст.3	250	1	12	4
8	5	30ХГСА	150	2	13	4
9	3	09Г2С	200	3	14	5
10	20	30ХГСА	200	1	6	12

Продолжение таблицы 4.3

11	13	10Г2С	150	2	7	6
12	17	Ст.3	250	3	8	12
13	11	09Г2С	150	1	1	8
14	4	10Г2С	150	2	3	6
15	5	Ст.3	200	3	5	6
16	6	Ст.3	200	1	2	8
17	7	09Г2С	200	2	12	8
18	8	10Г2С	250	3	13	6
19	9	10Г2С	150	1	14	10
20	10	30ХГСА	150	2	3	10
21	1	Ст.3	150	3	10	5
22	2	Ст.3	200	1	11	4
23	3	09Г2С	200	2	6	3
24	4	10Г2С	250	3	7	8
25	5	30ХГСА	200	1	8	6

Примечания:

1) Принять допускаемую прочность на растяжение для сталей $[\sigma_p]$:

Ст.3 – 140 МПа; 09Г2С – 170 МПа; 10Г2С – 190 МПа; 30ХГСА – 250 МПа.

2) Принять предел прочности бетона $[\sigma_p]_Б$: марки 150 – 0,63 МПа; марки 200 – 0,8 МПа; марки 250 – 0,95 МПа.

- 4.5.4 Медленно проворачивая вручную рабочий орган машины найти эксцентриситет (дисбаланс) вала рабочего органа.
- 4.5.5 Выполнить эскиз схемы крепления оборудования с простановкой необходимых размеров.
- 4.5.6 Включив пускатель, замерить частоту вращения рабочего органа машины.
- 4.5.7 По табл. 4.1 выбрать конструкцию фундаментных болтов, используя рекомендации раздела 4.2 данного пособия.
- 4.5.8 В соответствии с методикой, изложенной в разделе 4.3, проверить болты на статическую и динамическую прочность, определить глубину залегания болтов Н.

4.6 Оформление работы

- 4.6.1 Отчет выполняется каждым студентом.
- 4.6.2 В отчете должны быть: эскиз опорной поверхности машины с подстановкой необходимых размеров, снятых с натурального образца оборудования, эскиз фундаментного болта, расчет болта на статическую и динамическую прочность.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ

5.1 Общие положения

Организация ремонтной службы имеет важное значение для предприятия, так как от качества и своевременности ремонта оборудования зависит оперативность работы предприятия.

Объектом ремонта является все оборудование, которым располагает предприятие, как основное производственное, так и вспомогательное. На небольших предприятиях ремонт всего оборудования

выполняется одной ремонтной мастерской и вся ремонтная служба сосредоточена в отделе главного механика.

Если в составе завода не предусмотрена отдельная электроремонтная мастерская, то в ремонтной мастерской предусматривается электротехническое ремонтное отделение. Ремонтная мастерская выполняет работы по ремонту трубопроводов (вентиляционных, водопроводных, газовых и т.д.) и приборов к ним, а также механические и слесарные работы ремонту производственных печей. Помимо ремонта механического оборудования ремонтная мастерская выполняет работы по ремонту санитарно-технических устройств, а ремонт здания выполняется хозяйственной и строительной частью, однако не редко, подчиненной службе механика.

Ремонт оборудования производится по планово-предупредительной системе. Эта система заключается в том, что ремонт производится в заранее установленные сроки после определенного количества часов работы каждой единицы оборудования. При такой системе ремонта оборудование не изнашивается до такой степени, что не может выполнять работы. Своевременное устранение дефектов уменьшает износ частей оборудования, ускоряет выполнение ремонта, удешевляет его стоимость и удлиняет общий срок службы оборудования. При планировании работы производственных цехов необходимо учитывать время нахождения того или иного оборудования в ремонте.

Планово-предупредительная система ремонта включает в себя периодически выполняемые виды работ, а именно: техническое обслуживание (ТО), текущий (Т), средний (С), капитальный (К) ремонты.

5.2. Метод расчёта мастерских по данным ремонтных сложностей

Исходным параметром для проектирования ремонтной мастерской является ведомость оборудования, обслуживаемых ремонтами с указанием его технической характеристики (тип, основные размеры, мощность, ремонтная стоимость и т.д.). На основании этих данных составляется программа работ мастерской, выраженная трудоемкостью ремонтных работ.

Трудоемкость ремонтных работ, т.е. количество часов станочной, слесарной и прочих работ, необходимое для производства ремонта, зависит от вида и характера ремонтных работ, вида ремонтного оборудования, его размеров и сложности конструкций. Трудоем-

кость того или иного вида ремонта по каждому объекту устанавливается при проектировании ремонтных мастерских на основании практических данных. Она может быть выражена:

- 1) непосредственно в часах, определяющих затрату времени на станочные и слесарные работы при выполнении какого-либо вида ремонта по каждому объекту; применяется при точном проектировании;
- 2) числом условных единиц, принятых в зависимости от ремонтной сложности объекта; при этом за условную единицу принимается установленная трудоемкость в часах для каждого вида ремонтной работы какого-либо механизма, принятого за эталон; эта условная единица называется единицей ремонтной сложности или ремонтной единицей.

Сопоставляя сложность ремонта того или иного оборудования со сложностью ремонта механизма, принятого за эталон, устанавливается для каждого объекта число единиц ремонтной сложности, которое обозначает соответствующий номер категории ремонтной сложности данного объекта.

Зная трудоемкость единицы ремонтной сложности для данного вида ремонта и номер категории ремонтной важности какого-либо наименования оборудования, можно определить общую затрату времени (общую трудоемкость) на выполнение данного вида ремонта оборудования этого типа за весь ремонтный цикл по следующей формуле:

$$T = h * E_p \quad , \quad (5.1)$$

где h - трудоемкость ремонтной сложности, ч;

E_p - число единиц ремонтной сложности (категория ремонтной сложности) для данного типа проектируемого оборудования.

Полученное таким образом время на выполнение данного вида ремонта одной единицы оборудования определенного типа будет затрачиваться в продолжении всего ремонтного цикла, длительность которого исчисляется в несколько лет. Чтобы установить, какая часть из этого общего времени будет затрачиваться ежегодно, надо это время умножить на коэффициент цикличности.

Коэффициент цикличности ($K_{ц}$ - отношение количества ремонтов данного вида $\Pi_{ц}$, выполняемых за цикл, к продолжительности ремонтного цикла $T_{ц}$)

$$K_{ц} = \frac{\Pi_{ц}}{T_{ц}} \quad (5.2)$$

(Если, например, длительность ремонтного цикла 5 лет, то для капитального ремонта коэффициент цикличности

$$K_{цк} = \frac{1}{5} = 0,2;$$

(если текущих ремонтов 6 за цикл, то коэффициент цикличности для текущих ремонтов $K_{цг} = \frac{6}{5} = 1,2$)

Умножая время, затрачиваемое на выполнение данного вида ремонта единицы оборудования определенного типа в течение всего ремонтного цикла, на коэффициент цикличности для данного типа оборудования, получим ежегодную затрату времени $T_{г}$ на данный вид ремонта одной единицы оборудования определенного типа, которую можно выразить следующей формулой:

$$T_{г} = T * K_{ц} = h * E_{р} * K_{ц} \quad (5.3)$$

Установив годовые затраты времени (трудоемкость) единицы оборудования и зная количество обслуживаемого ремонтom оборудования данного вида можно подсчитать годовые затраты времени на ремонт всего оборудования данного вида T_{N}

$$T_{N} = T_{г} * N = h * E_{р} * K_{ц} * N \quad (5.4)$$

где $T_{Г}$ - ежегодная затрата времени на ремонт единицы оборудования данного вида, ч;

N - количество единиц оборудования данного вида, обслуживаемого ремонтом.

Объем ремонтных работ в год для всего количества оборудования данного вида, может быть выражен числом единиц ремонтной сложности Q_E по следующей формуле;

$$Q_E = E_P * K_{Ц} \quad (5.5)$$

Применяя формулу (5.4), можно определить затраты времени (в часах) на станочную работу для ремонта оборудования данного вида $T_{М ст.}$, для чего в указанные формулы надо вместо $T_{Г}$ и h подставить соответствующие значения этих величин для станочной работы.

Тогда формула (5.4) для станочной работы примет вид:

$$T_{N_{СТ}} = T_{СТ} * N = h_{СТ} * E_P * K_{ц} * N, \quad \text{ч}, \quad (5.6)$$

где $T_{СТ}$ - ежегодные затраты времени на станочную работу для ремонта единицы оборудования данного вида, ч;

$h_{СТ}$ - станкоемкость (число часов) станочной работы единицы ремонтной сложности.

Для упрощения расчетов часто применяют для всех единиц оборудования данного цеха среднюю одинаковую категорию сложности; также принимают средний коэффициент цикличности. Тогда по формуле (5.6) подсчитывают годовые затраты времени на станочную работу для ремонта всего количества оборудования каждого вида.

Обозначив годовые затраты времени соответственно $T_{N_{СТ}}$; $T_{N_2 СТ}$ и просуммировав эти величины, получим суммарные годовые затраты времени на станочную работу $T_{N_{\Sigma СТ}}$ для ремонта всего количества оборудования всех видов т.е.

$$T_{N\Sigma CT} = \sum_1^n T_{CT} * N = \sum_1^n h_{CT} * E_P * K_{Ц} * N = \sum_1^n h_{CT} * Q_E, \quad (5.7)$$

где n - число видов оборудования;

Q_E - по формуле (5.5)

Помимо станочных работ по ремонту (с изготовлением запасных и сменных частей), ремонтная мастерская выполняет дополнительные работы по модернизации оборудования, технике безопасности, изготовлению нестандартного оборудования и др.

При расчете необходимого количества станков для ремонтной мастерской необходимо учесть выполнение этих дополнительных работ. Для этого суммарную ежегодную затрату времени для ремонта всего оборудования увеличивают на соответствующий процент в зависимости от объема и условий работы, например на 10-20% и более до 50%.

Количество станков S определяют по формуле:

$$S = \frac{T_{N\Sigma CT}}{F_{\delta} * m * \eta}, \quad (5.8)$$

где $T_{N\Sigma CT}$ - суммарное время на станочную работу в год для ремонта всего количества оборудования предприятия, ч;

F_{δ} - действительный (расчетный) годовой фонд времени работы станка, ч;

m - количество смен работы ремонтной мастерской;

$F_{\delta}m = 2030$ ч (при односменной работе);

$F_{\delta}m = 4015$ ч (при двухсменной работе);

η - коэффициент загрузки станков ремонтной мастерской средняя величина которого может быть принята равной в пределах 0,75-0,80.

Полученное общее количество станков распределяется по типам (примерное процентное соотношение в табл. 5.1), предпочтение отдается оборудованию универсального характера.

Среднее процентное соотношение станков в ремонтной мастерской.

Наименование станков	%
Токарные	35-45
Расточные	4-5
Фрезерные	5-6
Шлифовочные	2-3
Сверлильные	5-7
Другие	42
Всего	100

Расчет количества станочников производится по формуле:

$$R_{CT} = \frac{T_{N\Sigma CT}}{F_{\partial P} S_P} \quad (5.9)$$

Количество слесарей подсчитывается по формуле:

$$R_{CЛ} = \frac{T_{N\Sigma CЛ}}{F_{\partial P}} \quad , \quad (5.10)$$

где $T_{N\Sigma CT}$, $T_{N\Sigma CЛ}$ - суммарная годовая затрата времени на слесарно-сборочные работы для ремонта всего количества оборудования всех видов, определяемая по формулам:

$$T_{N\Sigma CT} = T_{CT} * N = h_{\text{чел.ч}} * E_P * K_{Ц} * N \quad (11)$$

$$T_{N\Sigma CЛ} = \sum_{i=1}^n T_{CЛ} * N = \sum_{i=1}^n h_{\text{чел.ч}} * E_P * K_{Ц} * N = \sum_{i=1}^n h_{\text{чел.ч}} * Q_E \quad (12)$$

$F_{\partial P}$ - действительный годовой фонд времени рабочего (1860ч - для станочников, имеющих основной отпуск, продолжительностью 15 дней);

S_P - коэффициент многостаночного обслуживания и

совмещения профессий (1,05 + 1,1);

$T_{сл}$ - ежегодная затрата времени на слесарно-сборочные работы для ремонта;

$n_{чел}$ - трудоемкость слесарно-сборочной работы единицы ремонтной сложности, ч;

n - число видов оборудования;

N - число единиц оборудования данного вида, обслуживаемого ремонтом;

Q_E - по формуле (5.5)

Площадь отделений, входящих в состав ремонтной мастерской можно определить по удельной площади, т.е. площади, приходящейся на один станок (для станочного отделения), или площади, приходящейся на одного производственного рабочего (для слесарно-сборочного отделения), а также по процентным соотношениям площадей отделений цеха. Площадь цеха, приходящаяся на один станок и на одного производственного рабочего в средней составляет 25-30 м².

Примерное процентное соотношение размеров площадей отделения ремонтной мастерской к площади, занятой станками (табл. 5.2).

Примерное процентное соотношение размеров площадей ремонтной мастерской к площади занятой станками.

Таблица 5.2

Название отделений и помещений ремонтной мастерской	% к площади занятой станками
Слесарное	65-70
Кузнечно-котельное	2-5
Электромонтажное	10-12
Сварочное	5-7
Столярное	5-7
Инструментальное	5-6
Склады	6-7
Места мастеров	1-2

5. Выполнение и оформление работы

1. Выполнить расчёт ремонтной мастерской. Исходные данные для расчёта принять по таблице 5.3, 5.4. Для каждого варианта принять 10 единиц оборудования, например 3 вариант – оборудование с позиции 30 по позицию 39.

Таблица 5.3

Варианты выполнения работы

Наименование оборудования	Краткая характеристика	Количество	Время ремонтного цикла	Категория ремонтной сложности
1	2	3	4	5
1. Установка «Москва-4» для механической съёмки шкур с крупнорогатого скота	Производительность до 150 голов/час	1	2	15
2. Волчок МП-82	Решётка 82 мм, рабочий шнек 70 мм	3	4	2
3. Волчок МП-2-220	Решётка 220 мм, рабочий шнек 180 мм	2	4	6
4. Куттер ФК-2-Н	Ёмкость 80 л	4	4	4
5. Автомат для производства пельменей К6-ФАК-50	Производительность 5000 шт	5	3	4

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
6. Пресс ДПК-2А для отжима влаги из каныги	Производительность 1400 кг/ч	4	6	5
7. Жироловка М-10	Пропускная способность до 10 м ³ /ч	3	8	2
8. Машина ФОЧ для чистки чеснока	Производительность 70 кг/ч	2	3	3
9. Камера пароварочная для варки колбасных изделий	Ёмкость 480-800 кг	1	9	6
10. К-8ФАК-200 для производства мясных котлет с укладкой в тару	Производительность 2000 шт/ч	5	3	17
11. ДОК для обработки свиных кишок	Производительность 400 комплектов в	4	4	15
12. Агрегат для обработки свиных голов	Производительность 5000 шт/час	1	2	21
13. Куттер-мешалка	Ёмкость 350 л	5	3	6
14. Пила электрическая «Москвичка»	Производительность 80 туш / ч	2	1	1
15. Измельчитель ФИЛ	=3000 кг/ч	3	3	4

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
16. Флягопропариватель ПВ-5	60-90 фляг	2	0,9	7
17. Флягомоечная машина тоннельного типа ОФТ	200 фляг	1	5,2	5
18. Флягомоечная машина карусельного типа ФММ-360М	360 фляг	4	5,6	5
19. Резервуары РМВЦ	6-20 тыс. л	5	0,6	10
20. Баки БМ	250-2000 л	3	0,4	10
21. Ванна ВДП-600	600 л	1	1,3	8
22. Ванна ВДП-1000	1000 л	4	2,2	8
23. Универсальный танк ТУМ-1200	1200 л	2	0,9	10
24. Пастеризационно-охладительная установка ОП2-У5	5000 л/ч	5	5,4	10
25. Тоже ОПУ-10М	10000 л/ч	3	3,5	4
26. Тоже ОП1-У1	1000 л/ч	2	3,4	4
27. Охладитель пластинчатый ОУ-М	5000 л/ч	4	1,0	5
28. Тоже О1-У10	10000 л/ч	1	1,2	5

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
29. Оросительный охладитель ОДД-1000	1000 л/ч	5	1,3	9
30. Оросительный охладитель ОДД-2000	2000 л/ч	3	1,7	9
31. Трубчатый пастеризатор ПТ-2	3000 л/ч	5	2,2	6
32. Трубчатая пастеризационная установка ПТУ-5М	5000 л/ч	1	2,8	6
33. Тоже ПТУ-10М	10000 л/ч	3	3,0	6
34. Трубчатый подогреватель ТП	5000 л/ч	2	1,5	6
35. Пастеризатор с вытеснительным барабаном ОПД	1800 л/ч	4	1,3	3
36. Сепаратор 3-х назначений ОСМ	10000 л/ч	1	1,3	2
37. Сепаратор-молокоочиститель ОМА-3М	5000 л/ч	5	2,3	3
38. Тоже ОМБ-3	10000 л/ч	3	2,2	2
39. Сепаратор МЦБ-5	5000 л/ч	2	1,6	2

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
40. Сепаратор для вы- сокожирных сливок ОСД-500	500 кг/ч	4	2,2	2
41. Стерилизатор тру- бопроводов и арматуры	400 л	4	0,5	8
42. Насосы для молока	—	1	0,9	9
43. Насосы для воды	—	3	0,4	9
44. Установка для без- разборной мойки П-548	300 л	5	1,3	9
45. Реактор для мою- щих резервуаров	—		2,0	9
46. Сливкосозрева- тельная ванна ВСГМ-0,8	800 л	5	3,90	10
47. Тоже В СГМ-2,0	2000 л	1	4,4	10
48. Заквасочник АКЗ-4	126 л	4	1,3	4
49. Тоже АПЗ-300	300 л	3	0,9	9
50. Тоже АПЗ-600	600 л	2	1,0	9
51. Маслоизготовители периодического дейст- вия ММ-1000	1000 л	4	4,8	5

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
52. Тоже ММ-2000	2000 л	1	8,7	5
53. Тоже ММ-3000	3000 л	3	12,6	5
54. Маслообразователь	500-600 кг/ч	5	2,2	5
55. Ванна для высоко- жирных сливок ВН-300	300 л	2	2,7	9
56. Сырная ванна СВ-1000	1000 л	3	2,6	9
57. Тоже СВ-2000	2000 л	1	5,2	9
58. Пресс пневматиче- ский Е8-0П2	10-20	5	5,2	7
59. Пресс гидравличе- ский 8-ярусный П-580	—	4	5,7	6
60. Сыромесочная ма- шина В2-0М-2С	600 брусков в час	2	9,6	6
61. Волчок МП-1-160	—	1	4,0	4
62. Котёл-плавитель сыра ОПС	350 кг/ч	3	3,9	7
63. Охладитель творога МЦО-600	360 кг/ч	5	0,8	2

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
64. Вальцовка для творога ОТП-1200А	1200 кг/ч	2	2,3	3
65. Месильная машина для творога	—	4	2,0	7
66. Автомат для расфасовки творога ОФЗ	—	2	12,5	5
67. Автомат для расфасовки творож. сырков АРС	42-48 ш/м	4	10,5	5
68. Автомат для расфасовки плавленого сыра ОЗА-100	42-48 ш/мин	1	10,7	5
69. Установка для смыва парафина	—	3	9,6	5
70. Сыропротирочная машина ОВА	650 кг/ч	5	2,6	7
71. Тележка, подвесная	10 мест	4	0,8	4
72. Парафинер ПС-300	300 головок	1	4,0	6
73. Флягорвазливочная машина МРМФ-15	15 т/ч	3	4,6	7
74. Линия для разлива молока в бутылки	2000 бут/ч	5	26,2	6
75. Тоже ОЛ-6	6000 бут/ч	2	31,7	4

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
76. Тоже ОЛ-12	12000 бут/ч	3	59,3	4
77. Автомат для разлива молока в пакеты АП-1М	3600 пак/ч	5	32,6	4
78. Транспортёр цепной для фляг ЦП-2	—	1	2,2	7
79. Подъёмник	—	4	1,3	2
80. Центрифуга для мо- лочного сахара ОЦС	100-120 кг/ч	2	1,3	9
81. Фильтрпресс	—	5	7,0	4
82. Вакуум-аппарат «Лурги»	—	1	5,2	5
83. Тоже «Виганд»	500 кг/ч	3	5,0	5
84. Тоже	1500 кг/ч	2	10,0	5
85. Тоже	2000 кг/ч	4	11,0	5
86. Вакуум кристалли- затор	2000 кг/ч	1	9,0	7
87. Ванна для охлаж- дения и кристаллизации сушённого молока 453	700 л	2	0,9	10

1	2	3	4	5
88. Сироповарочный котёл	1500 л	3	4,6	9
89. Банкомоечная машина	60 бан/мин	4	7,0	2
90. Эtiquетировочная машина	—	5	2,3	2
91. Расфасовочная машина КНА	60 бан/мин	5	4,6	2
92. Закаточная машина	—	4	11,0	3
93. Двухбарабанная сушилка для молока	500 кг/ч	3	8,7	4
94. Сушительно-дробильный агрегат СДА-250	250 кг/ч	2	5,2	7
95. Мельница Д-250	250 кг/ч	1	5,2	7
96. Сушилка распылитель ЦАМ/300	300 кг/ч	2	13,3	5
97. Тоже «Краузе»	420 кг исп. влаги в час	3	27,5	4
98. Гомогенизатор ОГБ-5М	5000 л/ч	5	3,5	2
99. Фризер периодического действия ОФН-М	200 кг/ч	4	5,2	3
100. Тоже ОФА-М	200 кг/ч	1	2,4	3

Таблица 5.4

№ п	Продолжительность ремонтного цикла мес.			Структура ремонтного цикла	Количество ремонтов и осмотров в ремонтном цикле		
	1 см	2см	3см		С	Т	О
1	2	3	4	5	6	7	8
1	12	6	4	К-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-С-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-К	1	2	16
2	24	12	8	К-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-С-0-0-0-0-Т-0-0-0-0	1	2	16
3	36	18	12	К-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-С-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-К	1	2	20
4	48	24	16	К-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-С-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-К	1	2	20
5	60	30	20	К-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-0-С-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-К	1 1	2 2	24 24
6	72	36	24	К-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-С-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-К	1	4	24
7	84	42	28	К-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-С-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-К	1	4	24
8	96	48	32	К-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-С-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-К	1	4	24

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8
9	120	60	40	К-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-С-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-0-0-К	1	4	30
10.	144	72	48	К-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-Т-0-0-0-0-0-0-0-0-К	—	5	30

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕМОУТНЫХ РАЗМЕРОВ ВАЛОВ

6.1 Общие положения

При ремонте механической обработкой снимается изношенный поверхностный слой одной из сопряженных деталей. Такая деталь после ремонта имеет новый ремонтный размер. Другая деталь заменяется или же восстанавливается наращиванием под размер первой обработанной детали. Так как механической обработкой номинальные размеры изменяются, при таком способе ремонта новые детали с номинальными размерами в качестве сопряженных использовать нельзя.

Размеры, изменяемые при ремонте деталей по сравнению с номинальными, называются ремонтными. В практике применяются два вида ремонтных размеров: стандартные, заранее установленные (категорийные), и не регламентированные (пригоночные).

Применение категорийных ремонтных размеров предполагает наличие готовых деталей с такими размерами, что это позволяет осуществлять ремонт методом взаимозаменяемости, при котором значительно меньше продолжительность ремонта. При использовании пригоночных размеров, заранее изготовить детали окончательных размеров нельзя. Детали можно изготовить в полуобработанном виде, как

полуфабрикат, с оставлением припуска на окончательную подгонку по месту.

Исходными предпосылками для расчетов категоричных ремонтных размеров служат механические и экономические соображения, условия прочности обрабатываемой детали, целесообразность ее восстановления, соблюдение определенных зазоров в сочленении и др.

Вопрос о том, какую из сопряженных деталей необходимо заменить и какую восстановить следует решать в каждом конкретном случае особо, но обычно более дорогую деталь целесообразно восстанавливать, а более дешевую - заменять. Ремонт оставленной детали заключается в снятии части металла, чтобы после механической обработки получить правильную геометрическую форму без следов износа на рабочей поверхности. Следует учитывать, что не удаленные с поверхности детали риски, царапины и микроскопические трещины могут явиться очагами усталостного разрушения детали.

Рассмотрим вал, который после установленного межремонтного срока имеет односторонний износ (рис. 6.1)

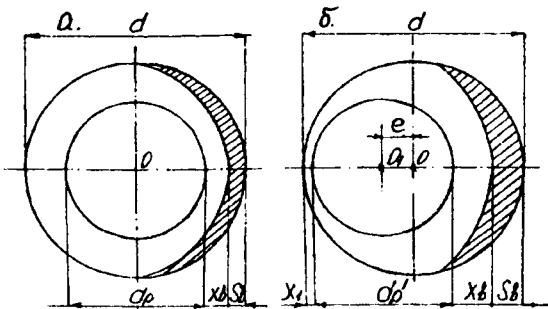


Рисунок 6.1 Вал, имеющий односторонний износ: S_a - износ; X_a - припуск на обработку; e - эксцентриситет.

Чтобы изношенный вал был правильной геометрической формы, его необходимо обработать с припуском X_a . При сохранении первоначального положения центра сечения вала (рис. 6.1, б) наибольший ремонтный диаметр.

$$d_p = d - 2(s_a + x_a)$$

Если же центр вала смещается на величину e , причем

$x_1 < x_g$ (рис. 6.1, б), то ремонтный диаметр d_p

$$d'_p = d - (s_g + x_g + x_1)$$

Рассматривая эти выражения, можно видеть, что первый случай обработки менее желателен, т.к. при нем снимаемый слой металла больше. Однако в ряде случаев центр вала необходимо строго сохранить без смещения и ремонтный размер приходится определять по формуле d_p .

При двустороннем износе вала центр также приходилось соблюдать. Для одной и той же сопряженной пары восстановление изношенных деталей механической обработкой можно производить неоднократно. Чтобы определить число ремонтов n , необходимо знать наименьший диаметр детали d_m , который определяют, учитывая ее прочность, глубину цементированного или закаленного поверхностного слоя, размеры сопряжений детали и другие факторы, из следующей зависимости можно определить число ремонтов вала:

$$d - d_m = 2(s_g + x_g)n,$$

где n - число ремонтов вала.

Откуда число ремонтов вала:
без смещения его центров

$$n_1 = \frac{d - d_m}{2(s_g + x_g)},$$

при смещении центра вала

$$n_2 = \frac{d - d_m}{s_g + x_g + x_1},$$

Величины $2(s_e + x_e)$ или $(s_e + x_e + x_1)$ принято называть ремонтными интервалами и обозначать соответственно для вала Z_e и для отверстия Z_a .

Зная ремонтные интервалы, можно разработать систему категорических ремонтных размеров для каждой конкретно заданной машины.

Практика показывает, что после каждого межремонтного срока износ деталей получается примерно одинаковым, т. е.

$$S_1 \approx S_2 \approx S_i$$

Приняв эту зависимость, можно получить для вала следующий ряд ремонтных размеров.

$$\begin{aligned} d_{p_1} &= d - 2(S_e + X_e) = d - Z_e \\ d_{p_2} &= d_{p_1} - 2(S_e + X_e) = d - 2Z_e \\ d_{p_n} &= d_{p_{n-1}} - 2(S_e + X_e) = d - nZ_e \end{aligned}$$

По аналогии для отверстий (рис. 6.2) получается следующий ряд ремонтных размеров.

$$\begin{aligned} D_{p_1} &= D + 2(S_a + X_a) = D + Z_a \\ D_{p_2} &= D_{p_1} + 2(S_a + X_a) = D + 2Z_a \\ D_{p_n} &= D_{p_{n-1}} + 2(S_a + X_a) = D + nZ_a \end{aligned}$$

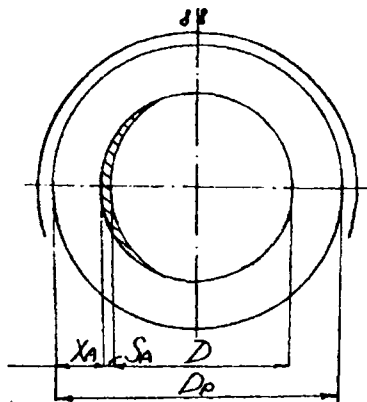


Рисунок 6.2. Отверстие с односторонним износом: S_a - износ; X_a - припуск на обработку.

6.2 Выполнение и оформление работы

1. Определить наименьший ремонтный диаметр вала при неизменном расположении центра сечения вала и при смещенном на величину e (варианты выполнения работы - табл. 6.1)

Таблица 6.1

№ варианта	Первоначальный диаметр вала, d , мм	Первоначальный диаметр отверстия, D , мм	№ варианта	Первоначальный диаметр вала, d , мм	Первоначальный диаметр отверстия, D , мм
1	62,5	10,5	16	45,5	100
2	86,0	116	17	21,7	42,4
3	12,4	24	18	34,6	78
4	62,0	100	19	24,8	44
5	43,2	110	20	71,8	150
6	76,5	150	21	82	140

Продолжение таблицы 6.1

7	60,4	180	22	112	200
8	59,7	120	23	118	200
9	18,4	40	24	36	20
10	38,6	78,6	25	44	80,2
11	56	116	26	65	120,6
12	48	122,5	27	60	160
13	67	154	28	90	215
14	76	145	29	28	52,4
15	92	200	30	88	160

2. Определить число ремонтов вала и получить ряд ремонтных размеров.

3. Определить наибольший ремонтный диаметр отверстия при неизменном и смещённом центре сечения отверстия.

4. Определить число ремонтов отверстия и получить ряд ремонтных размеров.

5. Во всех случаях необходимо дать схематичный чертеж детали.

Состав отчёта излагается в порядке, указанном в задании (пп. 1-5).

Контрольные вопросы

1. Какие размеры называются ремонтными?
2. Какие ремонтные размеры называются стандартными (категорийными)?
3. Какие ремонтные размеры называются пригоночными?
4. Какие параметры необходимо знать, чтобы определить число ремонтов?
5. Раскажите последовательность выполнения работы?
6. Какие размеры называются номинальными?
7. Что является исходными данными для расчета категорийных размеров?
8. Какой вид износа вала является предпочтительным с точки зрения объёма снимаемого металла при обработке ремонтного размера?
9. Напишите выражение для расчета ремонтного размера при одностороннем износе вала?

7 Лабораторная работа № 7

СТАТИСТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА
ВРАЩАЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ МАШИНЫ

Целью работы является закрепление теоретических знаний студентов по теме «Балансировка вращающихся частей машин и аппаратов» дисциплины «Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание оборудования пищевых производств» и выработка у них практических навыков по статической балансировке роторов на балансировочных приспособлениях типа «Ножи», «Призмы».

7.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статической балансировкой называют процесс устранения статической неуравновешенности вращающихся частей машин и аппаратов: зубчатых колес, роторов и т.д. Статическая неуравновешенность характеризуется тем, что ось вращения тела располагается параллельно его главной центральной оси инерции (см. рис. 7.1). При этом центр массы тела (ц.м.), совпадающий с центром тяжести (ц.т.), не лежит на оси вращения, а смещен относительно нее на некоторое расстояние e .

При вращении статически неуравновешенного тела возникают неуравновешенные центробежные силы (далее именуемые центробежными), которые через опорные элементы (подшипники) воспринимаются и уравниваются внешней системой. Центробежная сила ($F_{ц}$), возникающая в следствие статической неуравновешенности ротора, приложена в точке расположения центра массы, действует по нормали к окружности, описываемой центром массы (следовательно вращается совместно с ротором), и имеет величину, равную

$$F_{ц} = m_p e \omega^2 (2\pi n)^2, \quad (7.1)$$

- где m_p – масса ротора, кг;
 e – смещение центра массы ротора относительно оси вращения, м;
 ω – угловая скорость вращения ротора, рад/с;
 n – частота вращения ротора, с⁻¹;

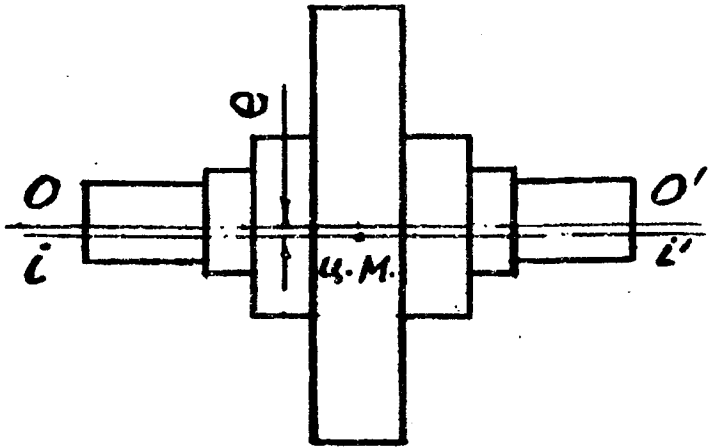


Рисунок 7.1. Статическая неуравновешенность ротора: $O-O_1$ – ось вращения ротора; $i - i_1$ – главная ось инерции ротора; e – смещение центра массы ротора относительно его оси вращения.

Легко подсчитать, что на ротор массой $m_p = 10$ кг, вращающийся с частотой $n = 50 \text{ с}^{-1}$ и имеющего смещение $e = 0,1$ мм, будет действовать центробежная сила величиной $F_{ц} = 99$, Н или 9,9 кгс. Из данного примера видно, какой большой величины может достигать центробежная сила даже при столь незначительном смещении центра массы ротора относительно оси вращения. Особенно большие центробежные силы наблюдаются у роторов, вращающихся с высокой скоростью ($n > 50 \text{ с}^{-1}$), т.к. величина $F_{ц}$ пропорциональна квадрату скорости вращения. Количественной оценкой статической неуравновешенности ротора принято считать либо величину смещения центра массы ротора относительно оси вращения, либо статический момент ротора ($M_{ст}$), либо коэффициент статической неуравновешенности ротора ($K_{ст}$). последний параметр показывает, во сколько раз центробежная сила, вызванная статической неуравновешенностью, превышает вес ротора и определяется по соотношению:

$$K_{ст} = F_{ц} / G_p = m_p e w^2 / (m_p g) = e w^2 / g, \quad (7.2)$$

где G_p – вес ротора;
 g – ускорение свободного падения.

Из соотношения (7.2) следует, что коэффициент статической неуравновешенности ротора можно рассматривать как отношение центробежного ускорения центра массы ротора ($a_{ц} = e w^2$) к ускорению свободного падения.

Статический момент ротора представляет собой произведение величины смещения центра массы ротора относительно оси вращения на вес ротора

$$M_{ст} = eG = e m_p g, \quad (7.3)$$

Статический момент заставляет статически неуравновешенный ротор принимать такое положение в пространстве (при наличии поля тяжести и отсутствия трения в опорах), при котором его потенциальная энергия будет минимальна. В обычных условиях это соответствует тому, что из всех возможных положений центр массы ротора займет точку, наименее удаленную от центра Земли. Статический момент позволяет обнаружить статическую неуравновешенность ротора даже без его вращения. Поэтому данный вид неуравновешенности и называется статическим.

На практике статистическая неуравновешенность вращающихся элементов оборудования может быть вызвана различными причинами: неточностью изготовления ротора (биение вала, несоосность рабочего органа и вала и т.д.); наличие пустот или инородных включений в теле ротора; неравномерном износом частей ротора (шеек вала, рабочих органов) и др. Центробежные силы от неуравновешенных масс являются одной из основных причин вибрации оборудования и могут оказывать существенное влияние на его надежность и качество функционирования. С целью устранения отрицательного воздействия центробежных сил на оборудование их вращающиеся детали и сборочные единицы подвергают балансировке, статической или динамической.

Статической балансировке подвергаются преимущественно роторы дискообразной формы небыстроходных машин. Условия применения статической балансировки предполагают выполнение трех соотношений

$$\left. \begin{aligned} L / D &\leq 1 \\ n &\leq 166.7 \text{ c}^{-1} \\ (1 - 0.45 \lg n) / (L / D) &\geq 1 \end{aligned} \right\} \quad (7.4)$$

Вследствие того, что статическая балансировка не позволяет выявлять динамическую и смешанную неуравновешенности, ее не применяют для ответственных и быстроходным машин.

Сущность процесса статической балансировки заключается в том, что к лёгкой стороне ротора, диаметрально противоположно смещенному центру массы, прикрепляется уравнивающий груз такой величины, при котором статическая неуравновешенность ротора либо устраняется полностью, либо снижается до предельно допустимой величины. Уравнивающий груз изменяет положение центра массы ротора и позволяет уменьшить его смещение от оси вращения до сколько угодно малой величины.

Условие достаточности статического уравнивания в аналитическом виде может быть представлено любым из следующих соотношений:

$$|e| \leq e^* \quad (7.5)$$

$$|M_{\text{ст}}| \leq M^*_{\text{ст}} \quad (7.6)$$

$$|K_{\text{ст}}| \leq K^*_{\text{ст}} \quad (7.7)$$

В данных соотношениях e^* , $M^*_{\text{ст}}$, $K^*_{\text{ст}}$ – предельно-допустимые величины, соответственно, смещения центра массы роторов относительно оси вращения, статического момента ротора, коэффициента статической неуравновешенности ротора. Статический момент ротора после установки уравнивающего груза должен соответствовать соотношению (7.6)

$$|M_{\text{ст}} - gm_y R_y| \leq M^*_{\text{ст}}, \quad (7.8)$$

где m_y и R_y – масса уравнивающего груза и расстояние от центра массы уравнивающего груза до оси вращения ротора.

Решая неравенство (7.8) относительно m_y , получим

Полгая $M_{ст}^* = 0$, получим значение массы уравнивающего груза, когда статический момент ротора устраняется полностью

$$m_y = (M_{ст} / gR_y) = (G_p e / gR_y) = (m_p e / R_y), \quad (7.10)$$

Выражение (7.10) позволяет определить массу уравнивающего груза (при заданных m_p и R_y), если известно смещение центра массы ротора относительно оси вращения. В реальных условиях величина e является неизвестной и определяется экспериментальным путем по величине максимального статического момента ротора.

Существуют различные способы и устройства для осуществления статической балансировки вращающихся тел. Наибольшее практическое применение получили устройства с линейными опорами и горизонтальным расположением оси балансируемого ротора. Устройства этого вида просты в изготовлении и обеспечивают наилучшее качество балансировки.

Длина (L) линейных опор назначается такой, чтобы ротор при перекачивании мог сделать 1,5-2 оборота в обе стороны от центра опор:

$$L = (3-4)\pi d, \quad (7.11)$$

где d - диаметр шейки вала ротора.

7.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БАЛАНСИРОВКИ

На практике процесс статической балансировки роторов при помощи устройств с линейными опорами выполняют в пять стадий:

- 1) грубая балансировка;
- 2) точная балансировка;
- 3) выбор расположения и величины рабочих уравнивающих грузов;
- 4) установка и крепление рабочих уравнивающих грузов;
- 5) контроль качества балансировки;

Грубая балансировка выполняется с целью устранения явной неуравновешенности ротора без учета сил сопротивления, препятствующих его обкатыванию на опорах. Грубая

балансировка производится следующим образом. Ротор помещают на устройство так, чтобы его ось вращения располагалась горизонтально и перпендикулярно линейным опорам. Желательно, чтобы ротор был надет на собственный рабочий вал. В случае невозможности выполнения этого требования ротор крепится на специально изготовленную оправку. Если вал ротора имеет разные диаметры опорных шеек, то на меньшую из них вытачивают выравнивающую втулку. В исходном состоянии ротор располагают в средней части устройства и предоставляют ему возможность свободно перекачиваться по линейным опорам. Под действием статического момента ротор будет совершать колебательные перекачивающие движения до тех пор, пока не займет положение, близкое к равновесию. В том случае если ротор, помещенный на балансировочное устройство, не перекачивается по линейным опорам, его необходимо повернуть (в любую сторону) на 90° или сообщить легкий толчок для преодоления сил трения покоя

Если бы отсутствовали силы сопротивления, препятствующие перекачиванию ротора на опорах, его смещенный центр тяжести расположился бы в самой нижней точке траектории движения, т.е. в нижней части вертикали, пересекающейся с осью вращения. В реальных условиях центр тяжести ротора будет находиться вблизи точки равновесия. Для установления положения смещенного центра тяжести на торцевой поверхности ротора, после того как он займет положение равновесия, наносится меловая метка I (см.рис-7.2.) которая должна совпадать с вертикальной линией, опущенной из центра вращения. Затем ротор поворачивается в любую сторону на 90° (при этом метка I займет горизонтальное положение слева или справа от оси вращения) и предоставляют ему возможность свободного перекачивания на опорах. Новое положение равновесия отмечают меткой 2.

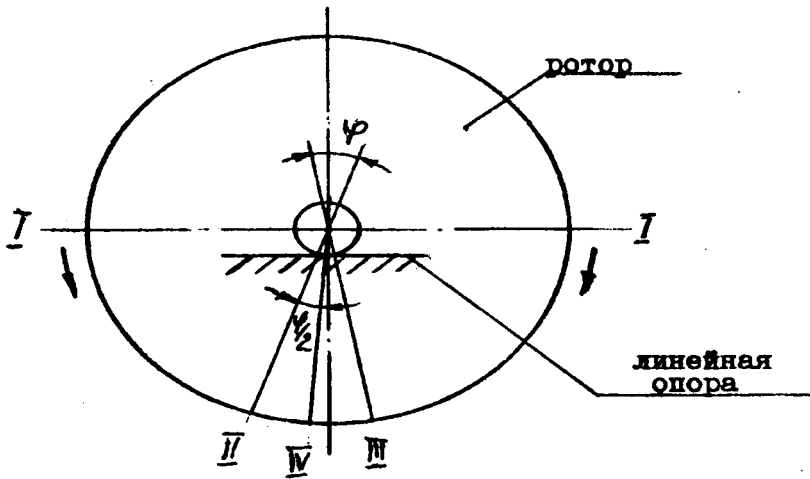


Рисунок 7.2 Определение направления смещения центра тяжести.

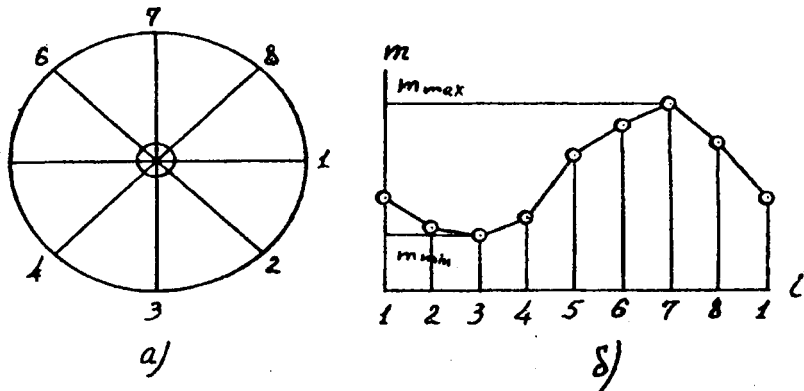


Рисунок 7.3 Определение скрытой неуравновешенности ротора
 а – разбивка ротора на сектора; б – диаграмма разбалансировки ротора.

Операцию повторяют еще раз, при этом ротор располагают на опорах таким образом, чтобы исходная метка I находилась в горизонтальной плоскости с другой стороны от оси вращения. После затухания колебательных движений ротора положение равновесия отмечают меткой 3. Далее полагают, что смещенный центр тяжести лежит на линии, являющейся биссектрисой угла, заключенного между метками 2 и 3. Эту линию обозначают меткой 4. Сторона ротора, обозначенная меткой 4 (где расположен смещенный центр тяжести), называется тяжелой.

Противоположная от оси вращения сторона ротора называется легкой. Затем приступают к устранению явной статической неуравновешенности ротора. Для этого ротор ориентируют на балансировочном устройстве таким образом, чтобы метка 4 находилась в горизонтальной плоскости. К легкой стороне ротора в удобном месте (как правило, на боковой поверхности) прикрепляют уравнивающий груз такой величины, при котором на ротор перестает действовать статический момент. При этом он должен находиться в состоянии равновесия при любом его положении на опорах. Величина уравнивающего груза подбирается опытным путем.

Признаком правильности подбора величины уравнивающего груза является отсутствие движения ротора в любую сторону при расположении метки 4 в горизонтальной плоскости как справа, так и слева от оси вращений. Для уравнивания удобно пользоваться либо небольшими магнитами массой 1-3 г (если ротор изготовлен из магнитопроводного материала), либо пластилином, прилепляемым мелкими порциями к выбранному месту на поверхности роторам.

Выполняя грубую балансировку, следует придерживаться следующих правил:

плоскость коррекции (плоскость, перпендикулярная оси вращения, в которой располагается центр массы уравнивающего груза) должна либо проходить через центр массы ротора, либо располагаться на незначительном удалении от него;

уравнивающий груз желательно помещать в таком

расстояние от оси вращения до центра массы груза;
 - место расположения уравнивающего груза по возможности должно совпадать с местом расположения рабочего уравнивающего груза.

Если последнее требование выполняется, то отпадает необходимость пересчета массы уравнивающего груза при изменении радиуса его расположения относительно оси вращения.

После устранения неуравновешенности ротора приступают к выполнению второй стадии - точной балансировки. Точная балансировка осуществляется с целью устранения скрытой неуравновешенности ротора, которая из-за наличия сил, препятствующих свободному перекатыванию ротора на опорах, не приводит к его вращению. Силы сопротивления перекатыванию ротора могут быть обусловлены различными причинами:

- негоризонтальность и непараллельность линейных опор;
- недостаточная твердость и плохое качество обработки рабочих поверхностей опор и шеек вала;
- наличие дефектов (царапин, вмятин) и загрязнений (пыли, липких веществ) на опорах и шейках вала;
- прогиб опор и вала и т.д.

Точная балансировка выполняется следующим образом. Торцевая поверхность ротора (см.рис. 7.3.) делится на 8,12 или 16 равных секторов. Линии, делящие торцевую поверхность на сектора, нумеруются по порядку. Направление нумерации линии может быть произвольным: по часовой стрелке или против. Ротор с прикрепленным к нему уравнивающим грузом поворачивают таким образом, чтобы линия под номером I оказалась в горизонтальной плоскости. К боковой поверхности ротора напротив линии I прикрепляют пробный груз такой величины, масса которого достаточна (без избытка) для вывода ротора из состояния равновесия. Величину пробного груза, приводящего к разбалансировке ротора, определяют опытным путем, посредством последовательного прикрепления к ротору мелких порций пластилина до тех пор, пока он не придет в движение. Затем груз снимают и взвешивают на весах с точностью до десятых долей грамма. Аналогичные операции поочередно выполняют для всех дру-

гих положений ротора, обозначенных номерами. По данным о величине пробных грузов, вызывающих разбаланс ротора в его различных положениях, строят диаграмму (см. рис. 7.3.). По диаграмме определяют максимальную (m_{max}) и минимальную (m_{min}) массу пробного груза, необходимого для вывода ротора из равновесия. Там, где располагался груз наибольшей величины, находится легкая сторона ротора, а в том месте, где устанавливался груз наименьшей величины, находится тяжелая сторона ротора. Следует подчеркнуть, что грузы m_{max} и m_{min} должны находиться в диаметрально противоположных точках. Для устранения скрытой неуравновешенности ротора к его легкой стороне прикрепляют корректирующий груз, масса которого определяется по формуле:

$$m_k = 0,5 (m_{max} - m_{min}), \quad (7.12)$$

Момент сопротивления (трения), обусловленный силами, препятствующими свободному перекачиванию ротора на опорах, составит

$$M_{mp} = m_k g R_k, \quad (7.13)$$

где R_k - расстояние от центра массы корректирующего груза до оси вращения ротора.

Суммарная сила сопротивления (трения), действующая по касательной в центре площадки контакта шеек вала и линейных опор, составит

$$F_{mp} = M_{mp} / r = 2m_k g R_k / d, \quad (7.14)$$

где $r = d / 2$,

d - соответственно, радиус и диаметр шейки вала.

Отношение силы сопротивления к весу ротора характеризует чувствительность балансировочного устройства и определяет качество балансировки ротора

$$\delta = \frac{F_{TP}}{G} = \frac{2m_k R_K}{m_R d}, \quad (7.15)$$

Второй этап балансировки считают законченным, если определены величина и место установки корректирующего

груза. После него приступают к определению места расположения и величины рабочего уравнивающего груза. Для обеспечения работоспособности ротора в процессе эксплуатации необходимо заменить временные уравнивающий и корректирующий грузы одним рабочим грузом, который будет находиться на роторе постоянно. Материал рабочего груза, его место расположения и вид соединения с ротором должны выбираться с учетом безопасности, надежности и долговечности оборудования. Принимается во внимание требование технологичности ремонтно-восстановительных операций, например, удобство крепления и подбора груза. На практике при выполнении ремонта оборудования наибольшее применение получили следующие способы устранения неуравновешенности роторов:

- крепление рабочего груза к легкой стороне ротора посредством неразъемных соединений (сварка, пайка, клепка);
- крепление рабочего груза к легкой стороне ротора посредством разъемных соединений (резьб, зажимов);
- удаление избыточной части материала с тяжелой стороны ротора посредством сверления или шлифовки?

В некоторых случаях при выполнении балансировки к ротору крепится не один, а несколько уравнивающих рабочих грузов. Однако следует стремиться к тому, чтобы их количество было минимальным, т.к. увеличение числа грузов усложняет процесс их подбора. Третий этап балансировки начинают с выбора места установки рабочего уравнивающего груза. Место установки груза должно соответствовать требованиям безопасности, не нарушать нормальный режим работы оборудования и удовлетворять принятому способу крепления груза. После выбора места крепления рабочего уравнивающего груза определяют расстояние (R_{py}) от его центра массы до оси вращения ротора. Далее составляется расчетная схема уравнивания ротора (см.рис. 7.4.) и рассчитывается масса рабочего уравнивающего груза (m_{py}). Величина рабочего уравнивающего груза определяется из условия, что создаваемая им центробежная сила по величине и направлению будет равна равнодействующей центробежных сил, возникающих от

равнодействующей центробежных сил, возникающих от уравнивающего и корректирующего грузов. Из данного условия вытекает следующее расчетное выражение:

$$m_{py} = \sqrt{m_y^2 \left(\frac{R_y}{R_{py}}\right)^2 + m_k^2 \left(\frac{R_k}{R_{py}}\right)^2 + 2m_y m_k \frac{R_y R_k}{R_{py}^2} \cos \varphi}$$

(7.16)

где φ - угол наклона между двумя прямыми, соединяющими центр вращения O (см. рис. 7.4) с центрами O' и O'' уравнивающего и корректирующего грузов.

Угол φ находят либо по расчетной схеме, которая при этом выполняется в масштабе, либо по длине дуги $L\alpha\delta$, заключенной между прямыми $O-O'$ и $O-O''$:

$$\varphi = 360^\circ L\alpha\delta / \pi D_\rho \quad (7.17)$$

где $D_\rho = 2R_\rho$ - диаметр ротора.

Для нахождения места расположения рабочего уравнивающего груза следует определить угол α между прямыми $O-O'$ и $O-O''$ или угол β между прямыми $O-O'$ и $O-O''$. В данном случае прямая $O-O''$ - есть линия, проведенная через центр вращения O и центр массы O'' рабочего уравнивающего груза. Углы α и β находятся по формулам:

$$\alpha = \arccos \frac{m_y R_y + m_k R_k \cos \varphi}{m_{py} R_{py}} \quad (7.18)$$

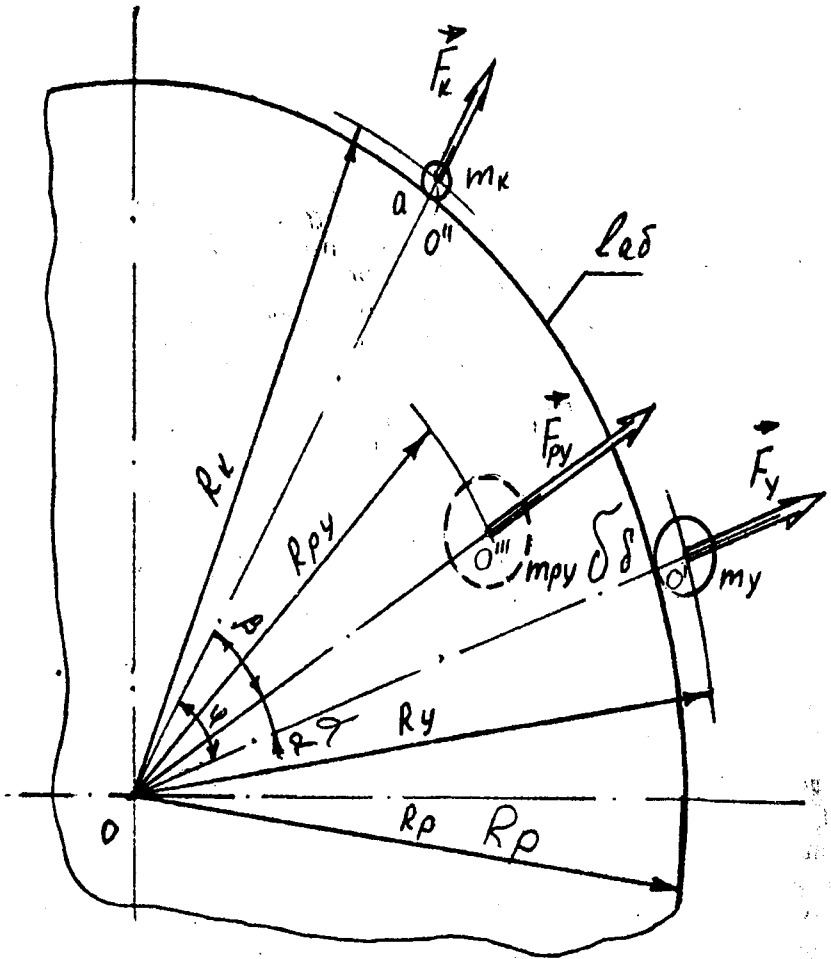


Рисунок 7.4 Расчётная схема уравновешивания ротора.

$$\beta = \arccos \frac{m_k R_k + m_y R_y \cos \varphi}{m_{py} R_{py}} \quad (7.18)$$

Место расположения рабочего уравнивающего груза на роторе определяется по точке пересечения прямой 0-0''' и окружности, образованной вращением радиуса R_{py} относительно центра вращения 0. Центр массы рабочего уравнивающего груза должен совпадать с этой точкой.

Четвертой стадией балансировки является установка и крепление рабочего уравнивающего груза. Форма груза и способ его крепления к ротору определяется для каждого конкретного случая в отдельности. Если балансировка ротора осуществляется путем высверливания отверстия с его тяжелой стороны, то, зная массу удаляемого материала и диаметр сверла ($d_c = 2 r_c$), можно рассчитать глубину (h) сверления.

$$h = \begin{cases} \frac{3 m_{py}}{\pi \rho r_c^2}, & \text{если } m_{py} \leq m_{ko} \\ \frac{m_{py} + 2 m_{ko}}{\pi \rho r_c^2}, & \text{если } m_{py} > m_{ko} \end{cases}$$

Массу материала, содержащуюся в конической части отверстия, определяют по формуле;

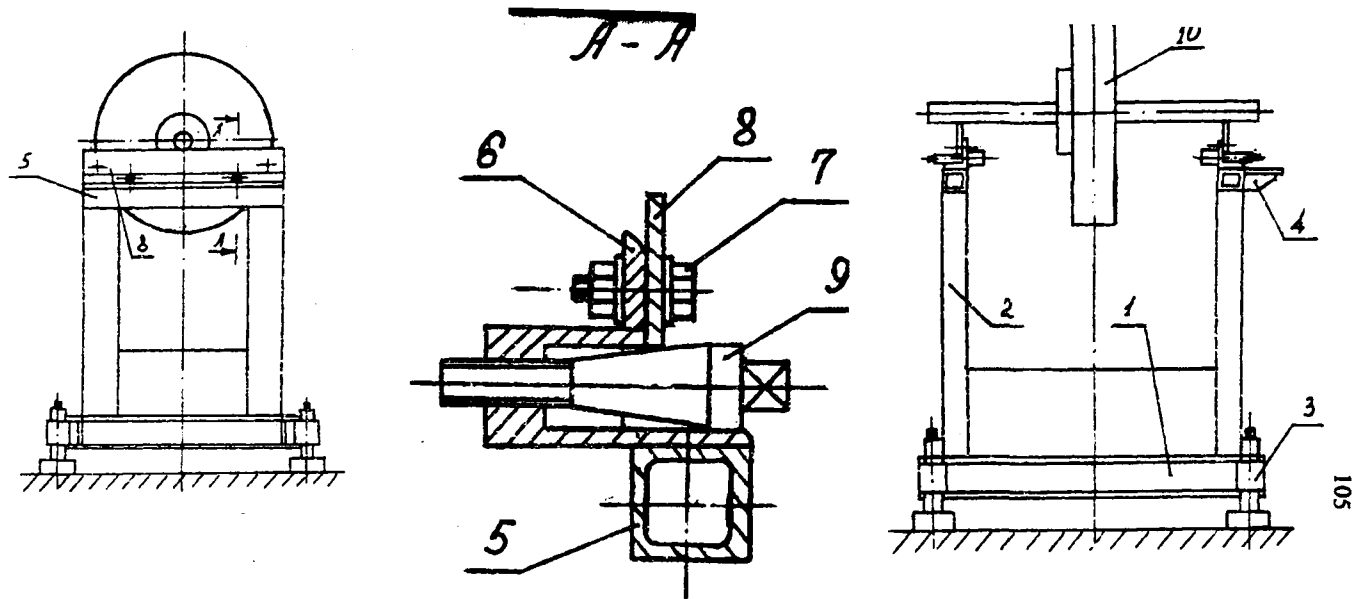


Рисунок 7.5 Схема лабораторного стенда для статической балансировки роторов

- 1 – основание, 2 – стойка, 3 – винтовая опора, 4 – пузырьковый уровень, 5 – перекладина, 6 – планка, 7 – болты крепления, 8 – ножи, 9 – винты регулировочные, 10 – ротор.

$$m_{ko} = \frac{1}{3} \pi r_c^2 \operatorname{ctg}(\gamma/2) \rho, \quad (7.21)$$

В формулах(7.20, 7.21) обозначено:

ρ - плотность (объемная масса) материала ротора;

γ - угол при вершине сверла, для стандартных сверл

$\gamma=120^\circ$

Последней стадией статической балансировки является контроль качества уравнивания ротора. Эта стадия выполняется следующим образом. Ротор после установки рабочего уравнивающего груза вновь помещается на балансировочное устройство. Правильно отбалансированный ротор должен пребывать в состоянии равновесия в любом положении. Поворачивая ротор на различный угол, следует убедиться в том, что он не будет перекатываться по опорам из любого положения. Если данное требование выполняется, процесс статической балансировки считают законченным. В противном случае процесс балансировки повторяется.

7.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА И МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЙ СТАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ

Лабораторный стенд для изучения и выполнения операции статической балансировки включает (см.рис. 7.5.) сварную станину, состоящую из основания 1 и четырех стоек 2. Основание включает четыре винтовые опоры 3, посредством которых стойкам придается строго вертикальное положение. Контроль за вертикальностью стоек осуществляется по пузырьковому уровню 4. В верхней части стойки попарно соединяются перекладинами 5. К перекладинам при помощи уголков 6 и болтов 7 крепятся ножи 8. Ножи могут перемещаться в вертикальной плоскости посредством регулировочных винтов 9. В рабочем состоянии опорные поверхности

ножей должны лежать в единой горизонтальной плоскости. Балансируемый ротор 10 помещается на ножи таким образом, чтобы его ось располагалась горизонтально и проходила через середины ножей. Торцевая поверхность ротора должна быть заранее подготовлена, т.е. на ней проводятся линии, делящие торцевую поверхность на 8 или более (12, 16) равных секторов (см. рис. 7.3а).

Операция статической балансировки ротора на ножах выполняется в следующем порядке.

1. Проверяется правильность установки станины. При правильном положении станины газовый пузырек уровня 4 должен располагаться в центре его смотрового окошка. В случае несоблюдения этого требования необходимо выставить станину в заданное положение при помощи винтовых опор 3.
2. Проверяется правильность установки ножей 8. Проверка правильности установки ножей осуществляется при помощи брускового уровня и рейки, входящих в состав принадлежностей стенда (см. таблицу 7.1). При установке уровня на опорные поверхности ножей, а также на рейку, помещенную на балансирующее устройство вместо ротора, газовый пузырек уровня должен располагаться по центру его стеклянной колбы. В случае несоблюдения данного требования ослабляют болты 7 и вращением регулировочных винтов 9 добиваются горизонтального положения опорных поверхностей ножей и рейки, лежащей на обоих ножах одновременно. После завершения регулировки производят затяжку болтов 7 и вновь проверяют правильность установки ножей, т.к. в процессе затяжки крепежных элементов может произойти изменение их положения.
3. Балансируемый ротор помещается на ножи и производится его балансировка согласно методике, приведенной в разделе 7.3 "Практические методы балансировки" настоящего методического указания. Измерение геометрических размеров ротора, веса, линейных и угловых координат расположения центров тяжести, уравнивающих, пробных и корректирующих грузов осуществляется при помощи мерительных средств, указанных ниже (см. перечень мерительных средств инструментов и материалов).

7.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ТРЕБОВАНИЯ ПО ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

В отчете по данной работе должны быть представлены следующие разделы:

- цель и задачи работы;
- описание лабораторного стенда и методики выполнения статической балансировки;
- анализ промежуточных и конечных результатов операции статической балансировки;
- выводы по работе.

По собственному усмотрению студенты могут включить в отчет другие разделы, например: "Теоретические положения"; "Обзор конструкций устройств для статической балансировки" и т.д.

В разделе "Анализ промежуточных и конечных результатов" необходимо привести следующие сведения:

- обоснование целесообразности и возможности статической балансировки ротора (см. формулу 7.4.);
- эскиз размещения уравнивающего груза при устранении явной неуравновешенности ротора (см. рис. 7.2.);
- эскиз размещения пробных грузов и диаграмма зависимости веса пробного груза от положения ротора (см. рис. 7.3.);
- расчет величины корректирующего груза (см. формулу 7.12.);
- расчет чувствительности балансировочного устройства (см. формулу 7.15.);
- расчетная схема уравнивания ротора (см. рис. 7.4.);
- расчет величины и координат размещения рабочего уравнивающего груза (см. формулы 7.16. – 7.19.);
- расчет глубины сверления балансирующего отверстия (см. формулы 7.20. – 7.21.).

В разделе "Выводы по работе" должны содержаться краткие и содержательные ответы на все вопросы, сформулированные в разделе "Цель и задачи работы".

1. Дайте определение понятиям: статическая неуравновешенность ротора, статический момент, коэффициент статической неуравновешенности, процесс (операция) статической балансировки плоскость коррекции, уравнивающий груз, рабочий уравнивающий груз, точность балансировки, чувствительность балансировочного приспособления (станка).
2. В чем заключаются особенности "грубой" и "точной" статической балансировки?
3. Каким образом математически записывается условие достаточности и статического уравнивания ротора?
4. Как записывается условие применения статической балансировки?
5. Объясните, почему статическая балансировка может быть недостаточна для "длинных" ($L/D > 1$) и быстроходных ($n > 166,7 \text{ с}^{-1}$) роторов;
6. Какие требования предъявляются к линейным опорам балансировочных устройств? Как зависит ширина рабочей поверхности линейной опоры от веса ротора?
7. Расскажите об устройстве и действии балансировочного приспособления с линейными опорами.
8. Какие факторы ограничивают точность балансировки роторов на приспособлении с линейными опорами.
9. Сколько этапов включает операция статической балансировки?

ПЕРЕЧЕНЬ
приборов, инструментов, материалов, используемых при выполнении операции статической
балансировки ротора

Наименование, тип, марка прибора, инструмента	Характеристика прибора инструмента или материала	Назначение прибора, инструмента или материала
1	2	3
	Приборы	
1. Весы технические лабораторные ВЛТ-1	Диапазон измерения 0,005-1,0 кг Относительная погрешность измерения $\pm 5\%$	Для измерения веса уравнивающих, пробных и корректирующих грузов
2. Набор гирь ГГ-3-ШО	Комплект разновесов от 10 мг до 50 гр.	То же
	Мерительные инструменты	
3. Штангенциркуль ШЦ-41 ГОСТ 166 -80	Диапазон измерения 0-315 мм Цена деления 0,1 мм	Для измерения геометрических размеров ротора и линейных координат ц.т. грузов
4. Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75	Длина - 500 мм. Цена деления - 1 мм. Допустимая погрешность - $\pm 0,15$ мм	То же

Продолжение таблицы 7.1.

1	2	3
5. Уровень брусковый ГОСТ 9392-75	Цена деления - 15 =4,4 мм/м	Для измерения горизонтальности ножей
6. Угломер УМ ГОСТ 5378-56	Цена деления - 15. Диапазон измеряемых углов 0-180 ⁰	Для измерения угловых координат
Инструменты слесарные		
7. Ключи гаечные двусторонние с открытым зевом ГОСТ 2839-80	Размеры зева: 12 мм - 1 шт., 17 мм - 2 шт., 19 мм - 1 шт.	Назначение ключей: для регулировки винтовых опор, для регулировки горизонтальности ножей и затяжки болтов крепления
Материалы, приспособления		
8. Пластилин	Количество - 0,5 кг	Для использования в качестве уравнивающих и пробных грузов
9. Рейка металлическая	Длина - 0,65 м, сечение - 22 мм x 22 мм; отклонение от прямолинейности не более 0,1 мм	Для контроля горизонтальности ножей

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

РАСЧЕТ МЕЖРАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА РАБОТЫ
СОПРЯЖЕНИЙ ПО ИЗНОСУ

8.1. Общие положения

В настоящее время различают износ: молекулярно-механический, коррозионно-механический, абразивный, гидроабразивный, газоабразивный, усталостный, эрозионный, кавитационный и окислительный.

Вместе с тем встречается изнашивание при заедании и изнашивание при фреттинг-коррозии. Часто изнашивание вызывается не одной из упомянутых причин, а сразу несколькими в связи с чем износ приобретает сложный характер.

В машинах, чаще всего, наблюдаются механические износы, возникающие под действием сил трения. Изнашивание, наблюдаемое в результате трения деталей друг о друга представляет сумму одновременно протекающих процессов истирания и окисления соприкасающихся поверхностей.

Истирание наблюдается при скольжении одной детали относительно другой. Даже при малых нормальных давлениях между соприкасающимися поверхностями скольжения деталей по истечению некоторого времени на них обнаруживаются следы истирания. Истирание металла происходит вследствие того, что соприкасающиеся друг с другом поверхности деталей всегда имеют шероховатости, препятствующие скольжению.

Отношение высоты изношенного слоя металла Δh к пути трения L называется интенсивностью линейного изнашивания.

$$i = \frac{\Delta h}{L}, \text{ мм/м}$$

при взаимном линейном перемещении деталей $L=Vt$ тогда:

$$i = \frac{\Delta h}{vt}, \text{ мм/м}$$

при взаимном движении деталей:

$$i = \frac{\Delta h}{\pi D n \tau} ,$$

где v - относительная линейная скорость перемещения, м/с;

τ - время движения детали, с;

D - диаметр вала, м;

n - частота вращения вала, с⁻¹.

Обратная величина интенсивности линейного изнашивания называется износостойкостью.

$$u = \frac{1}{i} , \text{ м/мм}$$

Интенсивность линейного изнашивания является наиболее важной характеристикой изнашиваемости, т.к. она связана с увеличением зазора в данном сопряжении машины. Интенсивность изнашивания возрастает при срезании металла поверхностных слоев трущихся деталей твердыми абразивными частицами, находящимися между поверхностями трения.

При этом протекает абразивный износ. Он отличается большой сложностью и специфичностью и, в частности, геометрией абразивных частиц и малым сечением стружки.

Механический износ может происходить при взаимном обкатывании двух поверхностей под нагрузкой, а также вследствие ударов. Взаимное обкатывание двух поверхностей связано с многократным прохождением элементов поверхностей через серию циклов повторного переменного напряжения. В результате обкатывания или ударов на поверхности деталей появляются макро и микротрещины с последующим развитием в глубину и образуется пленка металла, которая легко выкрашивается и отслаивается (основной износ). Механический износ под действием сил трения - самый распространенный.

Оборудование выходит из строя вследствие износа отдельных деталей. Износ деталей вызывает затраты на ремонт, следовательно, удорожается эксплуатация оборудования и снижается производительность предприятия из-за простоев оборудования в ремонте. В зависимости от условий работы

детали оборудования изнашиваются неравномерно. Износ машин и механизмов характеризуется увеличением зазора в попарно сопряженных деталях.

Интенсивность изнашивания зависит от материала детали, твердости, чистоты поверхности, характера смазки, удельного давления и относительной скорости скольжения, а также от температуры в зоне контакта и от окружающей среды.

Механический износ разделяется на нормальный (естественный) и аварийный. При нормальных условиях эксплуатации механический износ деталей имеет определенную закономерность (рис. 8.1.)

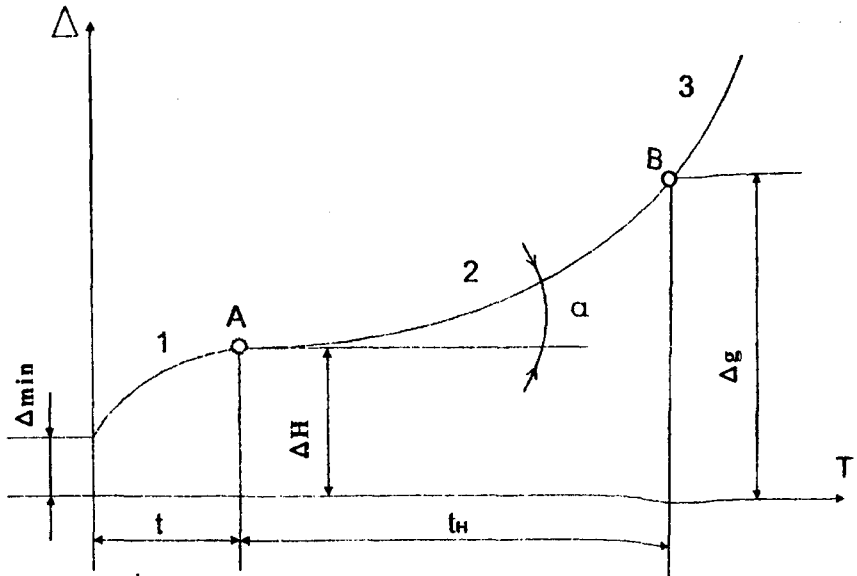


Рис. 8.1. Кривая износа пары трения в зависимости от продолжительности работы

По оси абсцисс откладывается время T работы сопрягаемых деталей, по оси ординат — зазор или износ Δ . Участок 1

характеризуется процессом приработки сопряженных деталей, при котором зазор от сборочного Δ_{\min} , возрастает до минимального рабочего зазора Δ_n ; t — время приработки, принимается от 4 до 72 часов в зависимости от конструкции машины. Участок 2 соответствует нормальному износу, за время нормальной работы машины t_n зазор постепенно увеличивается от минимального Δ_{\min} до максимального допустимого (предельного) зазора Δ_g . Участок 3 характеризуется резким увеличением износа, он соответствует аварийному износу, который будучи не приостановлен, приводит к аварии.

При увеличении зазора сверх допустимого возникают дополнительные ударные нагрузки, которые способствуют интенсивному износу деталей. Причинами аварийного износа являются нарушение правил технической эксплуатации, неправильная сборка сборочных единиц машины, недоброкачественный ремонт и несвоевременная замена изношенных деталей, недоброкачественность материала деталей (наличие раковин, трещин, дефекты термообработки), усталость металла.

Для удовлетворительно сконструированного сопряжения, работающего при установившемся режиме, продолжительность межремонтного периода T можно определить по формуле:

$$T = \frac{\Delta g - \Delta H}{tg \alpha} \quad (8.1)$$

где T - межремонтный период;

Δg - наибольший допускаемый зазор в сопряжении при износе, мм;

ΔH - начальный зазор в приработанном сочленении, мм;

$tg \alpha$ величина, характеризующая интенсивность износа.

$$tg \alpha = \frac{\Delta t - \Delta H}{t} \text{, мкм/ч} \quad (8.2)$$

где Δt - зазор, полученный по истечению времени t ;

$t = 60-70$ часов

Интенсивность износа $tg \alpha$ составляет в среднем $4,2 \cdot 10^{-5}$ мм/ч.

Продолжительность межремонтного периода определяет моторесурс машины. Нормальная работа сопряжения вал-подшипник скольжения возможна, если рабочий зазор будет находиться в пределах между начальным и максимальным зазорами.

$$\Delta H = 0,467d \sqrt{\frac{n\mu}{PC}}, \text{ мм} \quad (8.3.)$$

где ΔH - начальный зазор, мм;

d - диаметр вала, мм;

n - частота вращения вала, об/мин;

μ - динамическая вязкость масла, Па*с;

P - удельная нагрузка на вал, Па;

C - коэффициент, зависящий от соотношения длины L шейки и диаметра d вала

$$C = \frac{d + L}{L}, \quad (8.4.)$$

Максимальный допустимый зазор определяется по формуле:

$$\Delta g = \frac{\Delta_H^2}{4\delta}, \quad (8.5.)$$

где δ - сумма высот неровностей приработанных трудящихся

поверхностей вала δ_v подшипника δ_n

$$\delta = \delta_v + \delta_n, \text{ мм} \quad (8.6.)$$

Величина δ принимается больше размеров частиц загрязнений, проходящих через масляные фильтры и составляет $(3 - 4) \cdot 10^{-3}$, мм.

8.2. ВЫПОЛНЕНИЕ, ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

8.2.1. По данным вариантам (табл.8.1.-8.3.) произвести расчет продолжительности межвременного периода работы сопряжения.

8.2.2. Определить износостойкость и продолжительность межремонтного периода работы сопряжения подшипника скольжения с бронзовыми вкладышами при следующих обозначениях: частота вращения n , об/мин; диаметр d , мм; длина вкладыша L , мм; динамическая вязкость масла при температуре 50°C μ , Па*с; среднее давление P , Па (табл. 8.1.)

Таблица 8.1

	d , мм	n , об/мин	$\mu \cdot 10^{-4}$, Па*с	L , мм	P , Па
1	15	500	4	15	3200
2	8,5	150	4	12	3000
3	45	233	8,2	40	4600
4	65	120	3,2	80	5000
5	32	250	2,5	48	1500
6	36	150	2,5	55	16000
7	36	1800	2	44	24000
8	22	2200	2	42	48000
9	20	800	3	50	35000
10	35	450	3	60	45000

8.2.3 Определить износостойкость и продолжительность межремонтного периода работы сопряжения подшипника скольжения с чугунными втулками при следующих обозначениях: частота вращения n , об/мин; длина втулки L , мм; динамическая вязкость масла μ , Па*с; среднее давление P , Па (табл. 8.2.)

	d, мм	n, об/мин	$\mu \cdot 10^{-4}$, Па*с	L, мм	P, Па
11	9,0	120	4	12	900
12	115	75	4	100	16000
13	90	92	8,2	140	4000
14	25	3000	8,2	38	20000
15	50	2800	2,5	75	18000
16	14	1400	2,5	24	17200
17	70	750	2	100	16000
18	18	930	2	30	24000

8.2.4. Определить износостойкость и продолжительность межремонтного периода работы сопряжения с втулками из синтетических материалов при следующих обозначениях: частота вращения n , об/мин; длина втулки L , мм; динамическая вязкость масла μ , Па*с; среднее давление P , Па (табл. 8.3.)

Таблица 8.3

	d, мм	n, об/мин	$\mu \cdot 10^{-4}$, Па*с	L, мм	P, Па
20	80	32	1,1	100	25000
21	55	20	1,1	90	30000
22	32	18	1,5	48	5000
23	50	25	1,5	100	13000
24	10	40	1,2	12	16000
25	22	1200	1,2	34	800
26	28	1500	1,2	42	10000
27	16	1800	1,2	24	6000
28	12	2200	1,1	20	14000

8.2.5. Определить интенсивность линейного изнашивания и износостойкость.

8.2.6. По полученным данным построить график износа сопряжения в зависимости от продолжительности работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

РАСЧЕТЫ ДОПУСКАЕМЫХ ВЕЛИЧИН ИЗНОСА И СРОКОВ СЛУЖБЫ СОПРЯЖЕНИЯ ДО РЕМОНТА

9.1. Общие положения

Величину износа и сроки службы сопряжений до ремонта можно определять аналитически. В работе приводятся формулы для определения этих величин при эксплуатации зубчатых колес, цилиндров и поршневых колец.

Зубчатые колёса. Ориентировочный расчёт срока службы зубчатых колёс можно производить по формуле:

$$\Delta = \frac{C \cdot t \cdot N_{TP}}{F}, \quad (9.1)$$

где Δ - глубина износа профиля по начальной окружности, мм;

N_{TP} - мощность, затрачиваемая на трение зубьев рассматриваемой пары колёс, кВт;

t - число часов работы передачи, ч;

F - полная рабочая поверхность всех зубьев одного колеса, мм²;

C - коэффициент износа зубьев, зависящий от материала зубьев и состояния поверхности трения, мм³/кВт*ч.

Мощность, затрачиваемая на трение зубьев колёс, определяется по формуле:

$$N_{TP} = \frac{2h_1 \cdot f \cdot N}{m \cdot \sin 2\alpha} \left[\frac{1}{Z_1} \pm \frac{1}{Z_2} \right], \quad (9.2)$$

где f - коэффициент трения, зависящий от материала зубьев, качества их обработки и смазки;

N - средняя мощность, передаваемая зубчатым колесом, кВт;

α - угол зацепления, $\alpha = 20$, град;

$Z_{1,2}$ - число зубьев шестерни, колеса, входящих в зацепление, знак + берётся при внешнем зацеплении зубьев, а знак - при внутреннем;

h_1 - высота головки зуба, мм, $h_1 = 1,5m$;

m - модуль зацепления, мм.

Полную рабочую поверхность всех зубьев одного цилиндрического зубчатого колеса можно выразить приближённой формулой:

$$F = 2 \cdot h_1 \cdot b \cdot z, \quad (9.3)$$

где b - ширина зуба, мм;

F - полная рабочая поверхность всех зубьев колеса,

мм².

Подставим в уравнение (9.1) значение N_{TP} , и вводя обозначение $D = m \cdot Z_1$ получим

$$\Delta = \frac{c \cdot t \cdot \frac{2 \cdot h_1 \cdot f \cdot N \left[\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right]}{m \cdot \sin 2\alpha}}{2 \cdot h_1 \cdot b \cdot z} = \frac{c \cdot f \cdot N \cdot t \left[\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right]}{b \cdot D \cdot \sin 2\alpha}, \text{ мм}$$

(9.4)

где D - диаметр начальной окружности ведущего колеса шестерни, мм;

значения f можно принимать следующие:

чугун по чугуну без смазки	- 0,18
тоже со смазкой	- 0,1

для стальных шлифованных зубьев со смазкой - 0,08-0,05.

Значения коэффициента износа C можно принимать в зависимости от материала колёс по таблице 9.1

Значение коэффициента износа C

Таблица 9.1

№ стали	Тип стали	Коэффициент износа, C
1	Хромоникелевая цементированная и калёная сталь	8-11
2	Никелевая улучшенная сталь	10-14
3	Углеродистая цементированная сталь	13-15
4	Углеродистая сталь	20-2
5	Углеродистая сталь без термообработки	30-32
6	Фтористая бронза по чугуну	35
7	Высокопрочный чугун термически обработанный	26

При тяжёлых условиях работы эти значения надо увеличить на 25% (мельницы, дробилки, и т. д.).

Срок службы зубчатого колеса можно определить если задана допустимая величина глубины износа $[\Delta]$ профиля зубьев

$$T = \frac{[\Delta] \cdot b \cdot D \cdot \sin 2\alpha}{c \cdot f \cdot N \cdot \left[\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right]} \quad (9.5)$$

Для зубчатых колёс $[\Delta] = 0,13m$ при модулях зацепления $m \leq 10$;

$$[\Delta] = 0,2m \text{ при } m > 10 \quad (9.6)$$

Также допустимая величина износа $[\Delta]$ может быть определена по толщине зуба S

$$[\Delta] = 0,08S, \text{ мм, где} \quad (9.7)$$

$$S = 0,5\pi m$$

Выполнение и оформление работы

1. Для оборудования, находящегося в лабораториях кафедры МАИП (по заданию преподавателя), определить путём измерений необходимые геометрические параметры пары зубчатых колёс.
2. Выполнить кинематический расчёт передачи машины, которая выдана для исследования, и определить мощность N на валу ведомого зубчатого колеса.
3. По заданному преподавателем времени работы передачи определить величину износа (формула 9.1-9.4).
4. По формуле 9.5 определить срок службы зубчатой пары по допусковому износу $[\Delta]$ (формулы 9.6, 9.7).
5. Для студентов заочной формы обучения данные для определения износа Δ и срока службы T принять из таблицы 9.2.

Варианты выполнения работы.

№ за- да- чи- на- га	Мо- дуль зацеп- ления, m	Но- мер стали (по табл. 9.1)	Мощ- ность, передава- емая зуб- чатыми колёсами, N , кВт	Число зубьев шес- терни, z_1	Число зубь- ев ко- леса, z_2	Ши- рина зуба, b , мм	Время ра- боты зубча- той пары, t , час
1	3	1	3	21	74	32	350
2	2,5	2	1,1	25	34	25	850
3	6	3	3,75	32	88	30	510
4	4	4	2,2	25	70	55	410
5	10	5	3	18	32	50	250
6	8	6	8	41	65	65	950
7	5	7	6	54	102	100	1050
8	4	1	3,2	49	84	80	830
9	32	2	12	37	92	120	550
10	12	3	8	27	48	130	310
11	25	4	15	19	42	125	170
12	16	5	14	23	46	80	250
13	8	6	12	41	81	65	450
14	6	7	6	48	106	85	810
15	3	1	1,4	28	205	70	750
16	5	2	2,5	32	61	55	650
17	12	3	10	30	72	85	730
18	20	4	12	25	84	135	480
19	16	5	12	22	77	115	525
20	25	6	15	28	65	130	480
21	12	7	9	32	76	145	720
22	2,5	1	0,75	41	84	50	720
23	1,5	2	0,75	21	81	55	480
24	2,5	3	1,4	22	37	45	910
25	3	4	2	28	42	35	1100

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В качестве самостоятельной контрольной работы студенты заочной формы обучения выполняют работы номер 3, 4, 8. Варианты работ выбираются из таблицы в начале каждой работы. Номер варианта должен соответствовать последней цифре шифра зачётки. В конце каждой работы приведён порядок выполнения работы и оформления отчёта по ней.

Контрольная работа оформляется в тетрадях на 12 листов. Можно использовать листы формата А4 с последующим их скреплением степлером.

В правой части страниц необходимо оставлять поля не менее 25 мм для замечаний

Все приводимые формулы должны содержать выводы или методы их получения. После формулы в тексте приводится пояснение /экспликация/ входящих в формулу величин с обязательным указанием размерности физических величин, которая должна быть в системе СИ, например:

$$p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot \varphi, \quad \text{Па}$$

где ρ - плотность жидкости, кг/м³;
 v - линейная скорость жидкости, м/с;
 φ - степень заполнения барабана.

В тексте ответов должны быть ссылки на литературу, которая использовалась при подготовке ответов. При этом в квадратных скобках указывается номер источника по списку литературы, который приводится в конце работы, а также страницы, где находится данный материал, например,
 [6, с. 28-30]

В конце работы приводится пронумерованный список литературы с указанием автора, названия, место издания, года издания, общего числа страниц в книге.

Оглавление

Введение.....	3
1. Рабочая программа.....	4
2. Лабораторная работа №1. Сетевое планирование монтажных и ремонтных работ.....	7
3. Лабораторная работа №2. Монтажная разметка.....	18
4. Лабораторная работа №3. Проектирование фундаментов и площадок.....	30
5. Лабораторная работа №4. Проектирование крепления оборудования.....	50
6. Лабораторная работа №5. Проектирование ремонтных мастерских.....	67
7. Лабораторная работа №6. Определение ремонтных размеров валов.....	84
8. Лабораторная работа №7. Статическая и динамическая балансировка валов.....	90
9. Лабораторная работа №8. Расчёт межремонтного периода работы сопряжений по данным износа.....	111
10. Лабораторная работа №9. Расчёт допускаемых величин износа и сроков службы сопряжений до ремонта.....	118
11. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	123
Приложение 1.....	125
Приложение 2.....	150

Вариант 1

ПАКЕТОФОРМИРУЮЩАЯ МАШИНА Ш9-АШЗ-М

Предназначена для пакетирования бумажных мешков, наполненных сыпучей пищевой солью. Устанавливается в механизированной линии для бесподдонного пакетирования мешков, затаренных солью, и скрепления их термоусадочной плёнкой. Конструкция её разработана на базе машины с вилочным укладчиком Ш9-АП2-М.

Состоит (рис. 1-П1) из формирующего транспортёра 1 с маятниковым распределителем и накопителем слоя пакета 2, вилочного укладчика 5 и формирующего пакет устройства 6, представляющего собой тележку с ленточным транспортёром. Пакет формируется непосредственно на ленте транспортёра. Схема укладки – шесть слоёв тройников с повязкой стыков, седьмой из двух мешков с равными боковыми уступами по длинной стороне пакета.

Вариант 2

СУШИЛКА ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ Ш5-ППС-75

Предназначена для тепловой сушки кукурузного, картофельного и других видов крахмала в воздушном потоке после механического обезвоживания и используется на предприятиях крахмало-паточной промышленности.

Сушилка (рис. 2-П1) состоит из следующих групп и узлов:

питателя (6), предназначенного для приёма исходного продукта – сырого крахмала и равномерной регулируемой подачи его в рыхлитель сушилки;

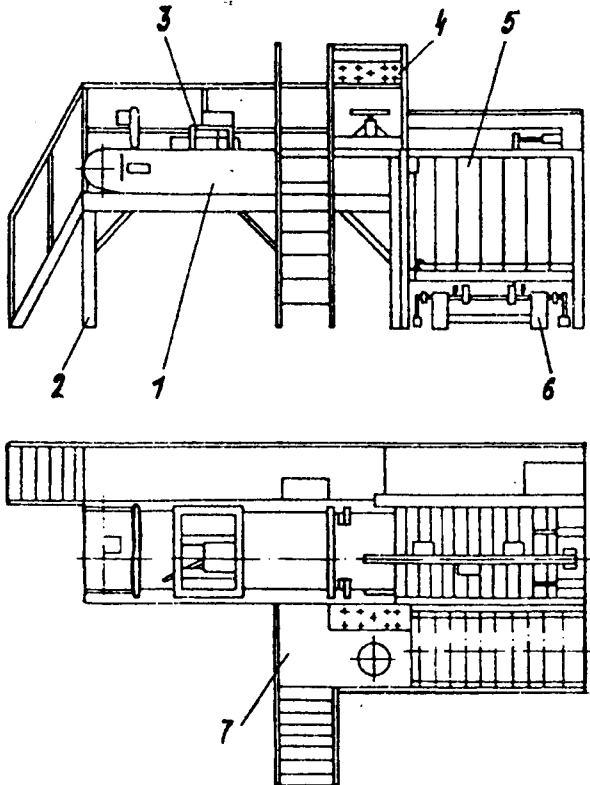


Рисунок 1-П1. Пакетоформирующая машина Ш9-АШЗ-М: 1 — транспортёр формирования слоя; 2 — площадка обслуживания; 3 — распределитель; 4 — пульт управления; 5 — укладчик слоя; 6 — укладчик штабеля; 7 — площадка оператора.

рыхлителя (8) – для механического разрушения конгломератов (кусочков) сырого крахмала, поступающего из питателя;

установки калориферов (7) – для очистки холодного воздуха от механической пыли и его подогрева;

сушильной трубы (5) – для сушки крахмала в потоке горячего воздуха;

головки сушильной трубы (2) – для досушивания зёрен крахмала, их сепарации и изменения направления потока крахмаловоздушной смеси;

установки циклонов (1) – для выделения крахмала из крахмаловоздушной смеси и его отбора;

установки скруббера (4) – для мокрого обеспыливания воздуха после циклонов (мокрая очистка отработанного воздуха);

установки вентилятора (3) – для создания тяги и обеспечения транспортировки крахмала по сушильному тракту;

щитов силового и управления – для размещения пусковой электроаппаратуры, приборов контроля, сигнализации и управления сушилки.

Сушилка действует по принципу сушки частиц крахмала во взвешенном состоянии в потоке горячего воздуха.

Сырой крахмал подаётся в питатель сушилки, где он непрерывно перемешивается. Далее шнеком-питателем крахмал транспортируется в рыхлитель. Здесь он встречается с потоком горячего воздуха, предварительно очищенного в фильтрах и нагретого до требуемой температуры в установке калориферов. Воздух поступает в рыхлитель за счёт тяги, создаваемой вентилятором. В рыхлителе при вращении бильного ротора происходит дробление конгломератов (кусочков) крахмала на мельчайшие частицы и интенсивное перемешивание этих частиц с горячим воздухом. В результате чего в этой части

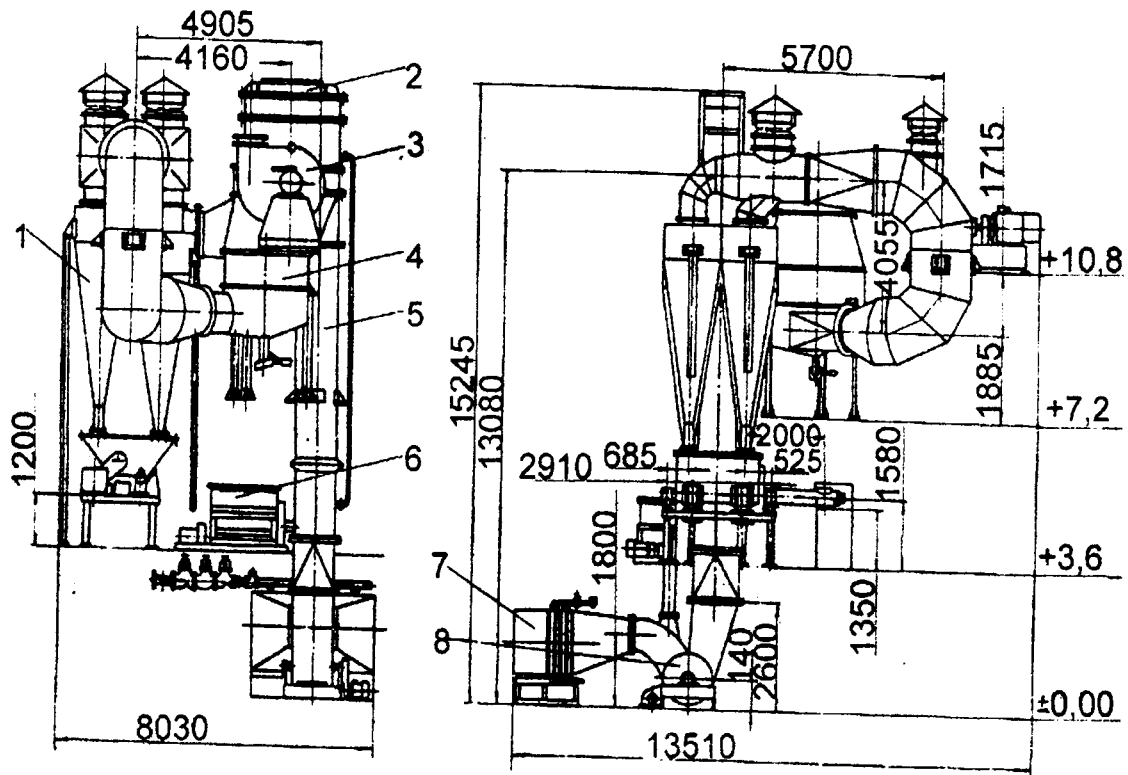


Рисунок 2-П1 Сушилка пневматическая Ш5-ППС-75

сушилки происходит активное испарение большей части влаги, содержащейся в крахмале.

По мере высыхания частицы крахмала поднимаются из рыхлителя потоком воздуха вверх по сушильной трубе и досушиваются, находясь во взвешенном состоянии в потоке горячего воздуха. При поступлении потока «крахмал-воздух» в головку происходит падение скорости потока. За счёт этого более тяжёлые частицы (недосушенные) крахмала падают или витают в потоке и досушиваются. Таким образом в головке происходит полная досушка крахмала.

Из головки высушенный крахмал вместе с воздухом поступает в установку циклонов, где происходит отделение сухого крахмала от воздуха за счёт центробежной силы. Сухой крахмал собирается в приёмном бункере циклонов и шнеком транспортируется на рассев и упаковку.

Обработанный (очищенный) воздух из циклонов через общий коллектор циклонов и воздуховода вентилятором отсасывается через скруббер. В скруббере происходит улавливание крахмальной пыли на смоченных стенках аппарата под действием центробежных сил, а так же воды, подаваемой через нижнюю форсунку.

Окончательно очищенный воздух от части крахмала через раскручиватель промывателя вентилятором выбрасывается в атмосферу. Товарная влажность сухого крахмала в сушилке достигается путём автоматического или ручного регулирования по температуре отработанного воздуха.

Вариант 3

ЭКСТРАКЦИОННАЯ УСТАНОВКА Б2-ВПЭ/1

Предназначена для промывания виноградных выжимок горячей подкисленной водой по схеме дифференциально-конструкторского противотока с получением диффузионного сока. Устанавливается в линиях

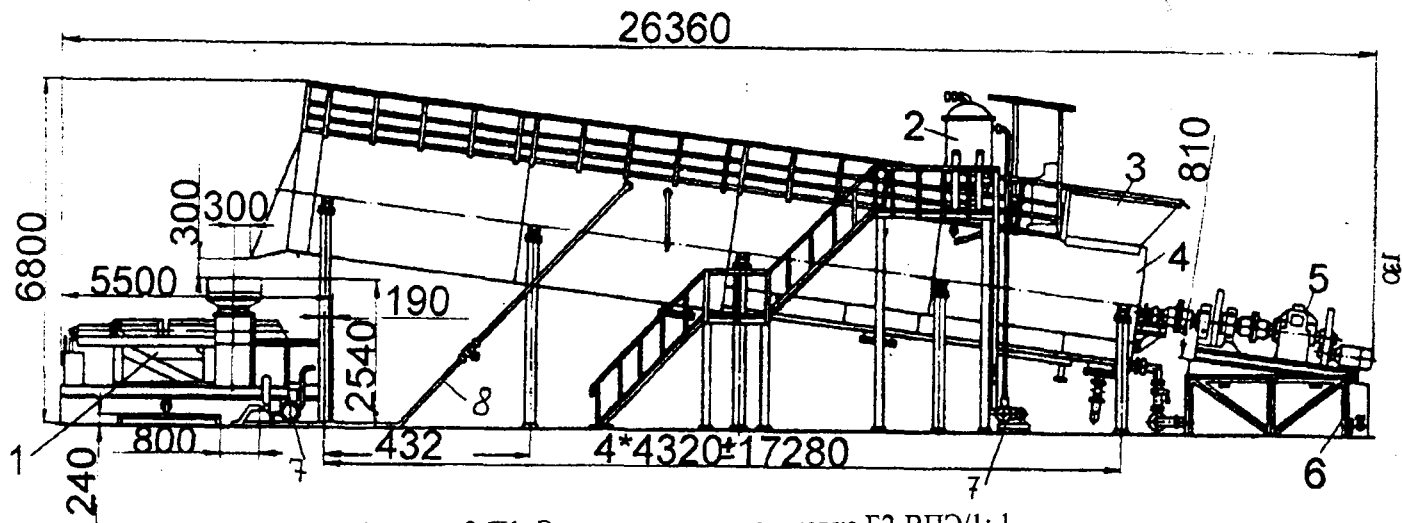


Рисунок 3-П1. Экстракционная установка Б2-ВПЭ/1: 1 – пресс; 2 – сборник серной кислоты; 3 – загрузочный бункер; 4 – шнеково-лопастный экстрактор; 5 – привод; 6 – сборник; 7 – насос Ж6-ВНП; 8 – паропровод.

переработки отходов виноделия Б2-ВПЭ. Включает в себя (рис. 3-П1) шнеково-лопастной экстрактор 4, сборники диффузионного сока 6 и прессовой жидкости, смеситель, ёмкость для серной кислоты 2, трубопровод и паропровод 8.

Виноградные выжимки загружаются в бункер 3 наклонного корпуса экстрактора 4, где вращается спирально-ленточный шнек 10 сварной конструкции, состоящий из трубы \varnothing 325мм с прорезями для приварки клиньев из угловой стали и спирально-ленточных полос, образующих изогнутый контур, а в загрузочной зоне снабжённый бичами для более эффективного перелопачивания выжимок. Привод 5 его осуществляется от электродвигателя через ременную передачу, вращение передаётся на быстроходный вал редуктора 2ЦН-500-40. Тихоходный вал последнего посредством прямозубой цилиндрической передачи и вала передаёт вращение непосредственно шнеку.

Промытые выжимки отжимаются модифицированным прессом Б2-ВПШ 1, а отпрессованная жидкость двумя насосами 7 типа Ж6-ВНП возвращается в экстрактор на повторную переработку. Температурный режим экстрагирования поддерживается острым паром, подаваемым в головную часть экстрактора. Диффузионный сок заданной концентрации по сахару и виннокислым соединениям через сетку в бункерной зоне направляется в сборник 6. Сетка очищается от виноградных семян очистителем сварной конструкции, установленным на приводном валу.

Вариант 4

«КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖОМОПРЕССОВОЙ ВОДЫ А2-ПОЖ»

Комплекс А2-ПОЖ предназначен для очистки жомопрессовой воды от механических примесей и

132

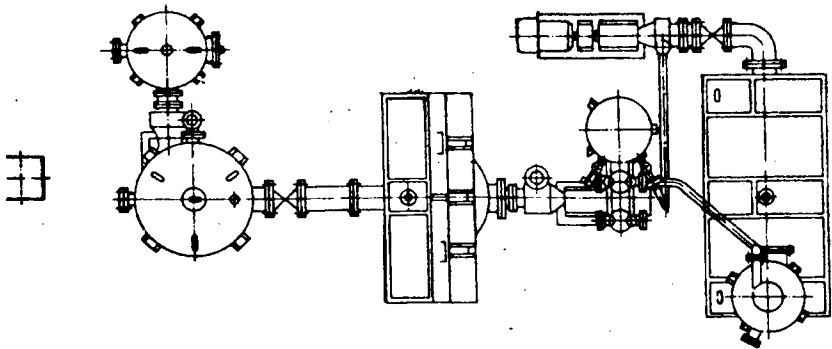
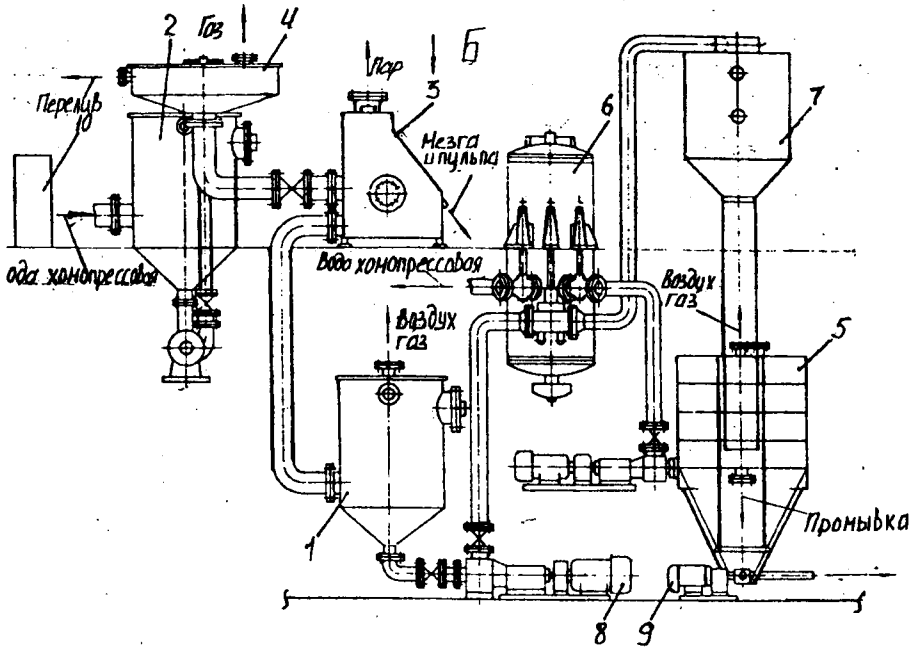


рисунок 4-П1 Комплекс оборудования для очистки хомпрессовой воды А2-ПОМ

коллоидных веществ, для ее термической стерилизации и поддержания температуры, необходимой при подаче воды в диффузионный аппарат.

Применяется на сахарных заводах производительностью 6000 т/сут.

Комплекс А2-ПОЖ (рис. 4-П1) состоит из сборника 1 жомопрессовой воды после прессов, промежуточного сборника 2, сепаратора щелевого гравитационного 3, сборника после сепаратора (аналогичного сборнику после прессов) 4, отстойника жомопрессовой воды 5, теплообменника 6, пароконтактного подогревателя 7, насосов 8, электронасосного агрегата 10 и системы автоматического управления, регулирования, контроля и регистрации.

Сборник представляет собой сварной цилиндрический сосуд с коническим днищем, вводным, выводным и переливным патрубками, люками для осмотра и очистки. Сверху приварена крышка с оттяжным патрубком.

Промежуточный сборник выполнен в виде сварного закрытого цилиндрического сосуда с коническим днищем и относительно низкой цилиндрической частью. На цилиндрической части находятся вводной и переливной патрубки, в коническом днище - выводной патрубок, а в крышке - оттяжной патрубок и люк для осмотра и очистки.

Гравитационный щелевой сепаратор представляет собой сварную конструкцию коробчатой формы. Корпус имеет приемную камеру с вводным патрубком. Сита изогнуты по параболической кривой, имеют подвески-шарниры в верхней части и регулировочные винты внизу, позволяющие изменять угол наклона сит в пределах 10° . Щели сит расположены поперек потока воды. Под ситами в корпусе сепаратора находится камера для сбора очищенной жомопрессовой воды. Камера имеет выводной патрубок. Для осмотра, очистки и ремонта сепаратор имеет две съемные крышки в верхней части, откидную крышку со стороны сит и два люка по торцам корпуса.

Сборник после сепаратора аналогичен по конструкции сборнику после прессов.

Отстойник жомопрессовой воды представляет собой сварную конструкцию коробчатой формы со скошенными стенками в средней части. Состоит из приемной части, собственно отстойника и сборника, разделенных между собой несплошными перегородками. Вверху приемной части находится отверстие для установки трубы от пароконтактного подогревателя, съемная крышка для ревизии и очистки. Вверху собственно отстойника находится патрубок для отвода газов, а в нижней части - патрубок для отбора отстоя.

Вода от жомовых прессов поступает самотеком в сборник после прессов, где накапливается до определенного уровня. Газы оттягиваются из сборника через патрубок в его крышке. Из сборника насосом жомопрессовая вода перекачивается в промежуточный сборник, где накапливается до уровня переливного патрубка, а затем самотеком поступает из промежуточного сборника в приемную камеру сепаратора. Из приемной камеры вода поступает на сита, а мезга и пульпа по мере накопления на лотках сит удаляются на транспортер. Очищенная жомопрессовая вода скапливается в камере под ситами и оттуда через выводной патрубок самотеком поступает в сборник после сепаратора. Из сборника после сепаратора жомопрессовая вода перекачивается насосом в теплообменник, откуда подаётся в пароконтактный подогреватель, а из него - в приемную часть отстойника. Из приёмной части отстойника через верх перегородки жомопрессовая вода поступает в собственно отстойник, где и происходит основное осаждение мелких механических и скоагулированных коллоидных частиц. Оседающий отстой непрерывно удаляется насосом через нижний патрубок, а газы отсасываются через верхний патрубок. Осветленная жомопрессовая вода через специальную перегородку переливается в сборник отстойника и через выводной патрубок перекачивается насосом в межтрубное

пространство теплообменника, а оттуда, доведённая до рабочей температуры, поступает в диффузионный аппарат.

Вариант 5

АГРЕГАТЫ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ РАССТОЙКИ МАРОК Т1-ХР2-3-60 И Т1-ХР2-3-120

Предназначены для укладки тестовых заготовок круглого подового хлеба массой 0,7...1 кг из пшеничной муки в люльки окончательной расстойки и пересадки их на под туннельной печи.

Применяются на предприятиях хлебопекарной промышленности между тесторазделочным оборудованием и туннельной печью с шириной пода 2,1 м.

Агрегаты марок Т1-ХР2-3-60 и Т1-ХР2-3-120 унифицированы и отличаются только компоновкой и производительностью.

Агрегат марки Т1-ХР2-3-120. (рис. 5-П1) состоит из конвейера подачи (8), манипулятора-укладчика (7), шкафа окончательной расстойки (1), щита управления (10), механизмов включения (5) и останова (9).

Конвейер подачи предназначен для транспортирования тестовых заготовок от тестоокруглительной машины к манипулятору-укладчику.

Манипулятор-укладчик представляет собой раму, на которой смонтированы питатель, горизонтальный конвейер и привод. Манипулятор-укладчик снабжен клиноременным вариатором, позволяющим изменять его производительность.

Шкафы окончательной расстойки марок Т1-ХР2-3-60/2 и Т1-ХР2-3-120/2 предназначены для окончательной расстойки тестовых заготовок круглого подового хлеба массой 0,7...1 кг из пшеничной муки. Они отличаются один от другого количеством рабочих люлек и конфигурацией конвейера.

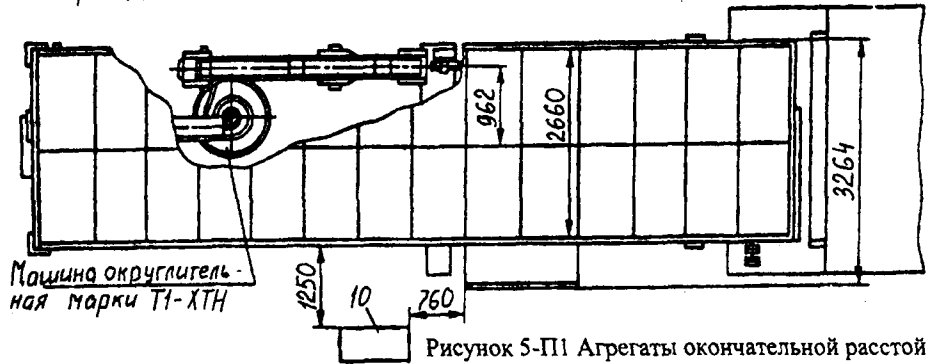
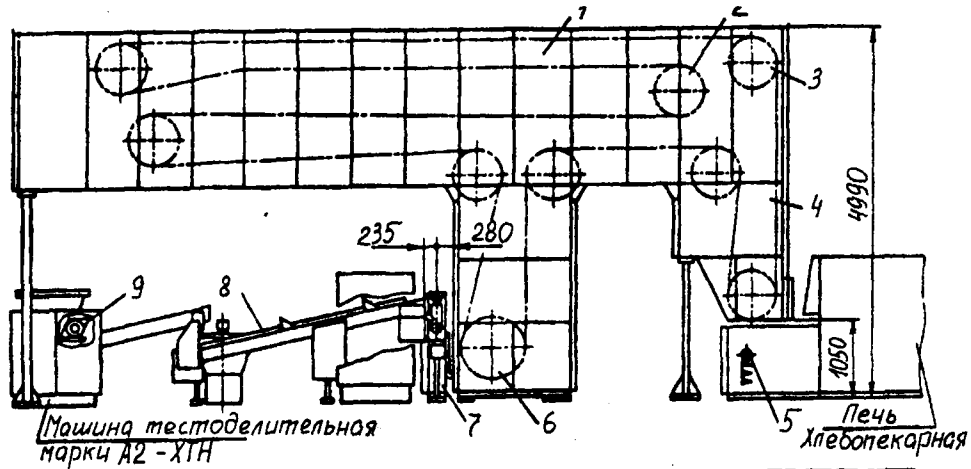


Рисунок 5-П1 Агрегаты окончательной расстойки марок Т1-ХР2-3-60 И Т1-ХР2-3-120

Шкаф представляет собой каркас, состоящий из унифицированных секций, внутри которого смонтирован четырехниточный люлечный конвейер.

Расстойный конвейер состоит из двух параллельных тяговых пластинчатокатковых цепей с шагом 100 мм, охватывающих ведущие (6), поворотные (3) и натяжные (2) звездочки. Через каждые три звена цепи конвейера шарнирно подвешены люльки с восьмикарманными кассетами. Для натяжения цепей предусмотрены натяжные станции.

В разгрузочной секции (4) установлено устройство для поворота кассет люлек и их разгрузки, а также копир для предотвращения раскачивания люлек при повороте кассет.

Привод конвейера расстойки смонтирован на раме и состоит из электродвигателя, закреплённого на шарнирно-подвижной плите, клиноремённой передачи и редуктора. В передней части рамы на плите электродвигателя имеется электромагнитный тормоз, который предупреждает движение расстойного конвейера по инерции после выключения электродвигателя.

Вариант 6

КОМПЛЕКС ПО ПОДГОТОВКЕ ТОМАТНОЙ МАССЫ, ПОДЛЕЖАЩЕЙ КОНЦЕНТРИРОВАНИЮ, РЗ-ККИ

Предназначен для получения томатной массы, подлежащей концентрированию, с пониженным содержанием нерастворимых сухих веществ из отходов после машин для протирания.

Применяется на предприятиях консервного производства АПК.

В комплекс (рис. 6-III) входят: трап; бланширователь (1), эстакада (2), емкость (7), коллектор, пресс (5) марки К1-ВПС-20, шнековый стекатель (4) марки ВССШ-20Д, насос

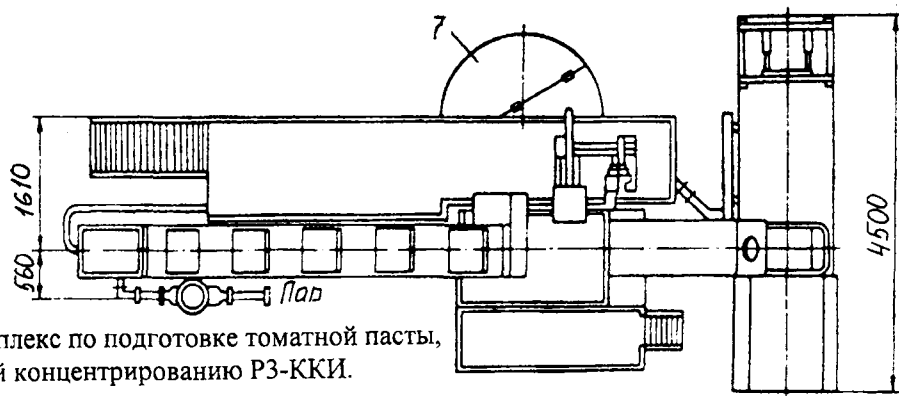
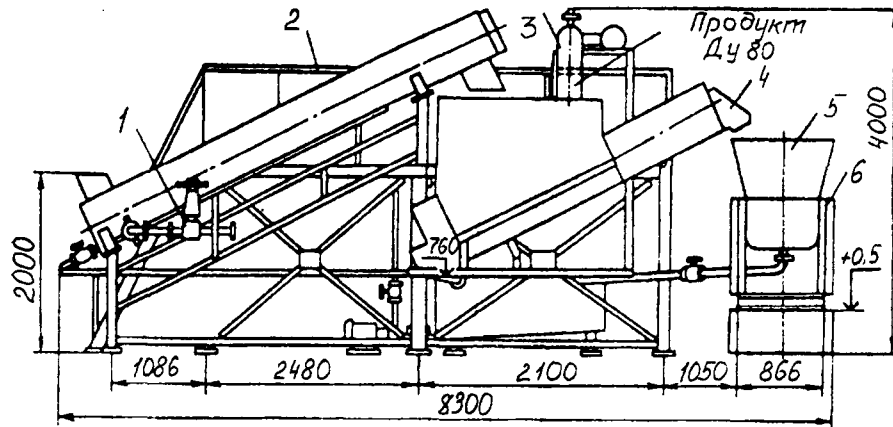


Рисунок 6-П. Комплекс по подготовке томатной пасты, подлежащей концентрированию РЗ-ККИ.

центробежный (6) марки А9-КН А, машина для протирания (3), щит управления.

Оборудование комплекса позволяет выполнять операции: бланширование используемых отходов; выделение жидкой фракции томатной массы из отходов; удаление неиспользуемых в томатном производстве отходов.

Отходы после машин для протирания влажностью не более 85% и температурой не более 60°C, поступающие на комплекс для переработки, бланшируются острым паром при температуре $96 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 3...5 мин в бланширователе, после чего поступают последовательно в стекатель и пресс для отделения жидкой фракции.

Жидкая фракция собирается в емкость, из которой насосом подается для контрольной фильтрации в машину для протирания. Неиспользуемые в томатном производстве отходы поступают в бункер.

Вариант 7

СВЕКЛОМОЙКА КОРЫТНАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ Ш1-ПМД-2

Предназначена для отмывания корней сахарной свеклы, а также для контрольного улавливания тяжелых и плавающих примесей, попадающих вместе со свеклой в свекломойку. Устанавливается в моечных отделениях свеклосахарных заводов производительностью до 2000 т свеклы в сутки, а также при параллельной установке двух свекломоек производительностью от 3000 до 4000 т свеклы в сутки.

Свекломойка (рис.7-П1) состоит из следующих основных частей: отделения с низким уровнем воды (2), отделения с высоким уровнем воды (4), привода кулачных валов (13), ботвоулавливателя (5). Отделение с низким уровнем представляет собой корыто, внутри которого установлены параллельно два кулачных вала (12). В средней части

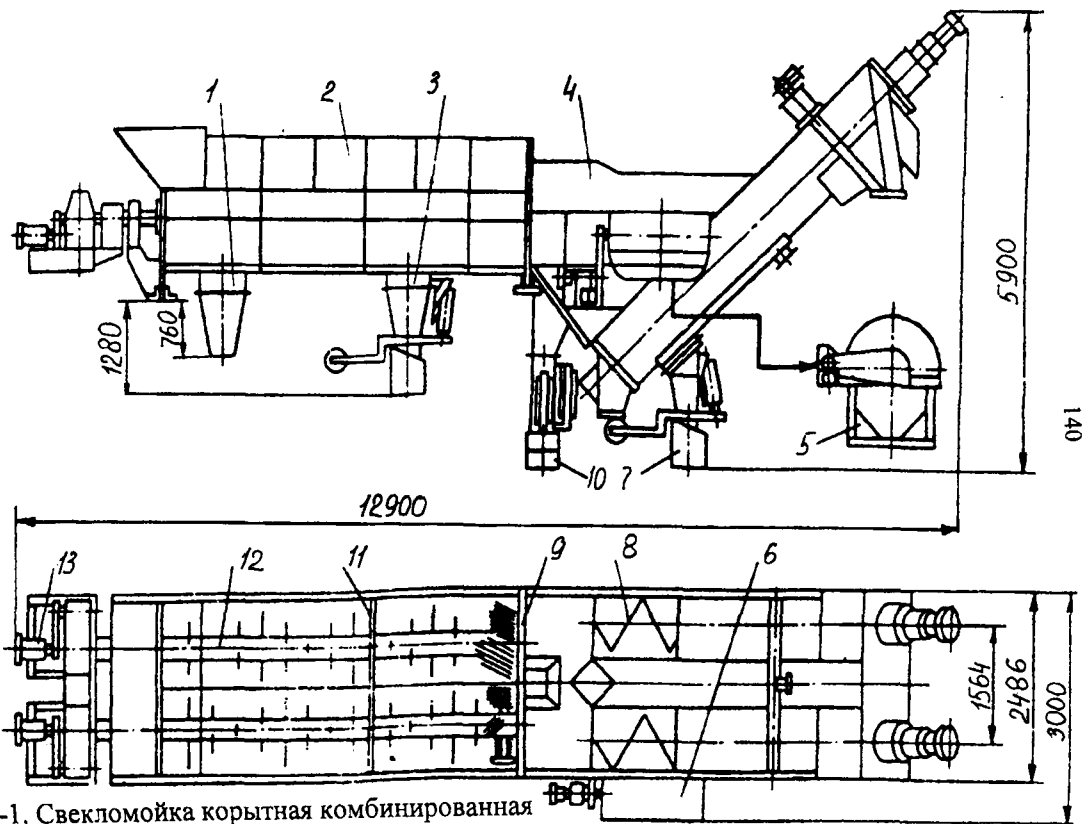


Рисунок 7П-1. Свекломойка корытная комбинированная Ш1-ПМД-2.

корыта - перегородка (11). Верхняя часть её выполняется съёмной. Это позволяет легко осуществлять монтаж и демонтаж кулачных валов. В периферийных частях перегородки, прилегающих к бортам корыта, имеются два проёма для прохождения свеклы. В каждой части отделения с низким уровнем имеются песколовушки (1 и 3) : в первой части – проточного типа (без запорного клапана); во второй части – с клапаном. На кулачных валах установлены лапы, перебрасывающие свеклу из отделения с низким уровнем в отделение с высоким через разделяющую их стенку (9) с установленным на ней шиберам. Изменяя с помощью шибера высоту стенки, можно регулировать производительность перебрасывающих лап.

Отделение с высоким уровнем воды представляет собой ёмкость переменного сечения, образованную двумя вертикальными и двумя наклонными поверхностями. В нижней части отделения установлены два шнека (8) на наклонной стенке - камнеловушка (10), а под шнеками - песколовушка (7). На правой стенке корпуса отделения установлен уловитель легких примесей (6), внутри которого имеется вращающаяся ось с закрепленными в определенном порядке фигурными дисками, рабочие поверхности которых расположены по винтовой линии.

Каждый кулачный вал имеет индивидуальный привод (13). Оба привода смонтированы на общей раме.

Ботвоулавливатель (5) выполнен по принципу широко известного ротационного хвостикоулавливателя. В нем применено сито колосникового типа с шириной щелей 2 мм.

Свекла подается в первую часть с низким уровнем воды и под воздействием кулачных валов перемещается, интенсивно перемешиваясь, вдоль корыта к перебрасывающим лапам.

Пребрасывающие лапы передают свеклу с примесями в отделение с высоким уровнем. Из потока, проходящего над камнеловушкой, отделяются примеси тяжелее воды.

Через зазоры между дисками уловителя лёгких примесей (6) из отделения с высоким уровнем сбрасывается до 150 м³/ч воды вместе с примесями. При этом диски не позволяют свекле уходить вместе с водой.

Сброшенная через уловитель лёгких примесей вода поступает на ботвоулавитель. Здесь она процеживается через сито и поступает на сборник воды, откуда насосом подаётся через камнеловушку (10) в свекломойку.

Вариант 8

УСТАНОВКА БЕСТАРНОГО ХРАНЕНИЯ МУКИ УХМ-Ф9

Предназначена для приёма, бестарного хранения и транспортирования муки в производственных помещениях. Конструкцией предусмотрен приём муки из мешков, автомукавоза, отбор её из бункера в производство пневмотранспортом.

Поставляется как самостоятельно, так и в составе комплекта оборудования пекарни малой мощности для производства батончиков «Особые» массой 450 г и рогаликов из муки высшего сорта.

Установка (рис. 8-III) состоит из следующих основных узлов: накопительного 5 и промежуточного бункеров, опрокидывателя мешков 4, шлюзовых питателей 2,15, компрессоров 1,15, фильтров 10.

Накопительный бункер служит для приёма муки как из автомукавоза, так и из промежуточного бункера при её поступлении в мешках, а также для её хранения.

Бункер состоит из металлической прямоугольной ёмкости, четырёх опор, шлюзового питателя, электронного индикатора уровня, находящегося внутри ёмкости, аэрируемого днища, пневмораспределителя, вибратора, пневмопобудителя, соединительных шлангов.

Ёмкость собирается из отдельных металлических панелей, скрепленных между собой болтами.

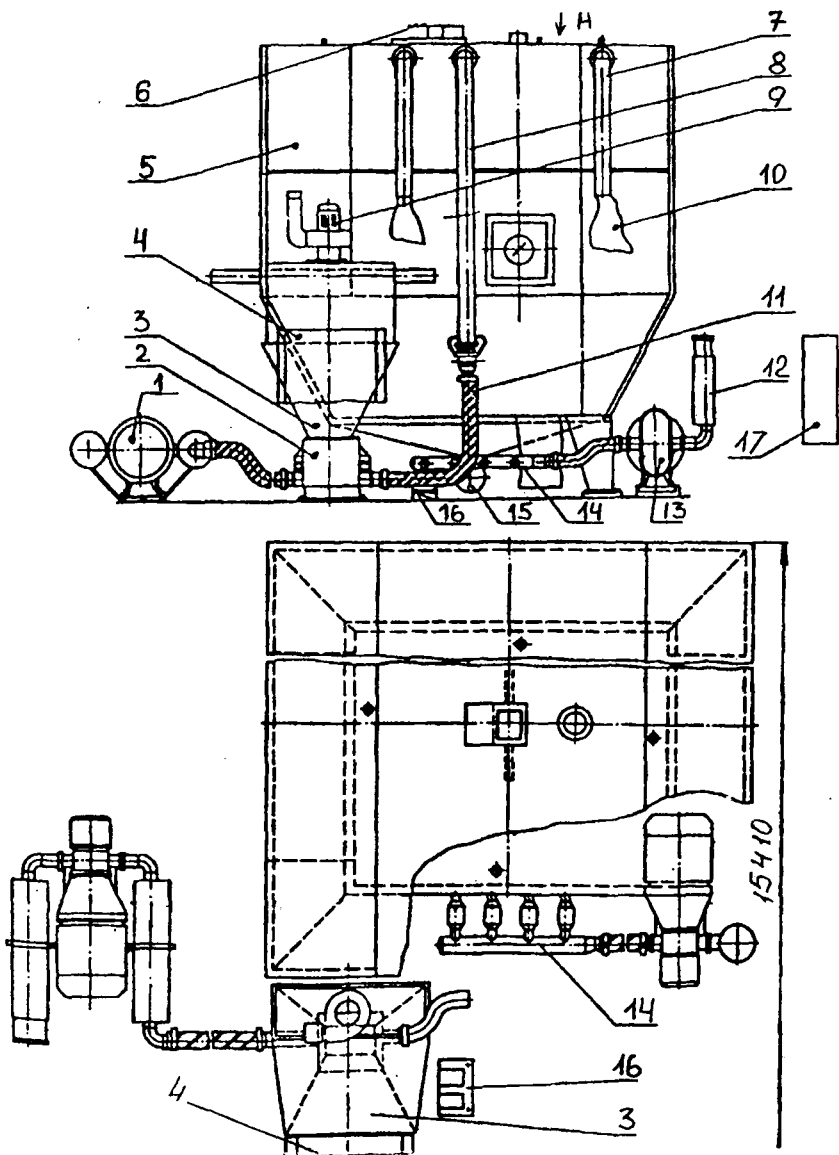


Рисунок 8-П1. Установка бесстарного хранения муки УХМ-Ф-9: 1, 13 – шестерёнчатые компрессоры; 2, 15 – шлюзовый питатель; 3 – промежуточный бункер; 4 – опрокидыватель мешков; 5 – накопительный бункер; 6 – вибратор

Пневмораспределитель предназначен для импульсной подачи воздуха от компрессора к аэрируемому днищу бункера.

Аэрируемое днище состоит из четырех трапеций, каждая из которых представляет собой пространственную конструкцию с вводом воздуха через патрубок и заваренным в верхней части решетчатым полотном, на котором наклеена специальная фильтровальная ткань.

Пневмопобудитель состоит из коллектора, опоясывающего бункер по периметру, и отходящих от него аэрируемых трубок, которые входят внутрь бункера. На концах трубок имеется ряд отверстий. Воздух от пневмораспределителя через рукав поступает к пневмопобудителю и через отверстия аэрирующих трубок распыляется внутри бункера.

Конструкция аэрируемого днища, наличие вибратора внутри бункера и пневмопобудителя препятствуют зависанию муки в бункере.

Опрокидыватель мешков предназначен для подъема мешков с мукой и опрокидывания их в промежуточный бункер с целью опорожнения. Бункер служит для приема муки из мешков и перегрузки ее в накопительный бункер. Для избежания запыленности помещения при опорожнении мешков предусмотрен aspirатор, создающий разрежение в бункере. Aspirатор может использоваться также для очистки мешков от остатков муки.

Шлюзовые питатели служат для дозированной подачи муки в пневмопровод, а также предохранения попадания воздуха из пневмопровода в бункер хранения муки.

Конструкция установки предусматривает возможность монтажа под опоры бункера электротензометрического устройства 1ЭДВУ 5-4-08.012.05. УХЛ 4.2., что позволяет более точно определять приход и расход муки.

При подаче муки из автомуковоза выходной его патрубок соединяется шлангом с загрузочным патрубком бункера и под действием сжатого воздуха, подаваемого от компрессора автомуковоза, мука поступает в бункер.

При подаче муки из мешков к загрузочному патрубку бункера подсоединяют шланг от шлюзового питателя, расположенного под промежуточным бункером. Мешок с мукой ставят на ложе опрокидывателя, открывают крышку промежуточного бункера, нажимают на педаль гидропривода и придерживают мешок рукой. Происходит подъем ложа в течение 10...20 с. Мешок вскрывают и муку пересыпают из него в промежуточный бункер. Нажимают другую педаль гидропривода, ложе опускается в исходное положение. Закрывают крышку бункера. С помощью кнопки «Пуск» на пульте управления включают привод компрессора, аспиратора, шлюзового питателя.

Мука из промежуточного бункера через шлюзовый питатель с помощью сжатого воздуха подается в бункер.

Вариант 9

СВЕКЛОМОЙКА БАРАБАНАЯ Ш25-ПСБ-3

В составе свекломойки (рис. 9-П1) барабан мочный и свеклоополаскиватель.

Мочный барабан состоит из опоры (5) (в нее входят рама и восемь пар опорных колес), привода (6) и барабана (7) сварной конструкции. На наружной поверхности барабана имеются бандажи, опирающиеся на восемь пар опорных колес, из которых четыре пары приводные, приводящие за счет сил трения барабан во вращательное движение. Внутри барабана по двухзаходной винтовой линии на цилиндрической его части расположены лопатки, а внутри горловины (4) - две винтовые лопасти.

Свеклоополаскиватель состоит из рамы (2), конвейера шнекового (1), конвейера сетчатого (3).

Свекла, подаваемая по тракту гидротранспортера, загружается в корпус барабана. При вращении его корни свеклы посредством лопаток переориентируются и транспортируются вдоль барабана. В процессе мойки соблюдается противоток свеклы и воды. Переориентация

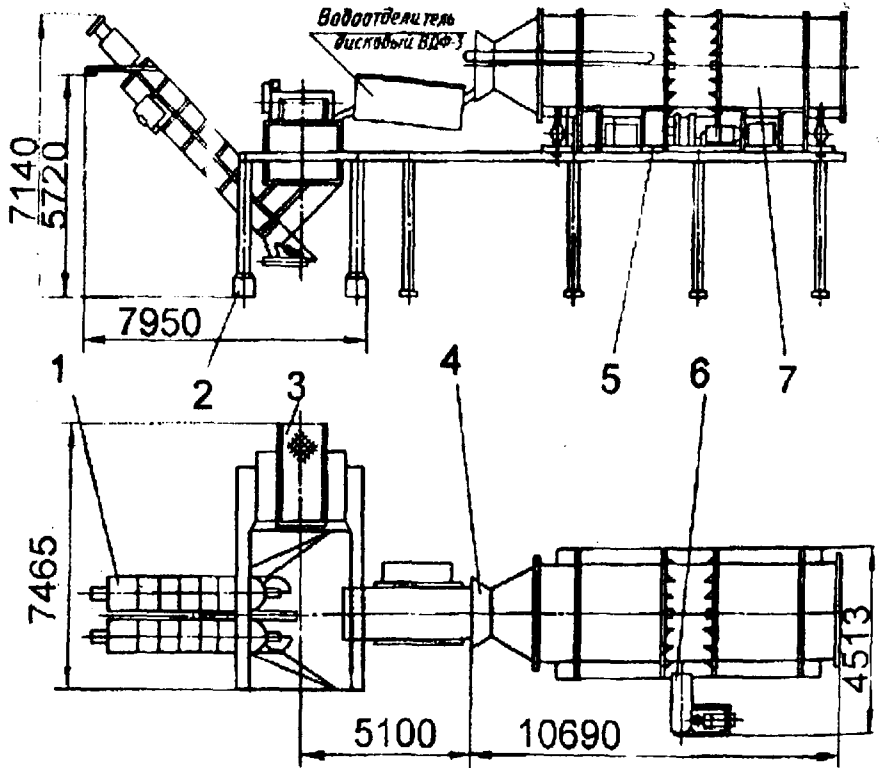


Рисунок 9-111. Свекломойка барабанная Ш125-ПСБ-3.

свеклы лопатками в воде, интенсификация трения корнеплодов друг о друга обеспечивают высокий эффект отмывки. Из горловины (4) свекла с помощью винтовых лопастей выгружается в воронку и направляется через водоотделитель на свеклоополаскиватель. В ванне свеклоополаскивателя, за счет барботирования сжатым воздухом воды, происходит отделение приставших к поверхности свеклы загрязнений и легких примесей. Легкие примеси всплывают на поверхность зеркала воды в ванне, попадают на сетчатое полотно конвейера (3) и перегружаются в сборник примесей. Свекла, увлекаемая шнековым конвейером (1), транспортируется вверх на выгрузку.

Вариант 10

СУШИЛКА ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ Ш5-ППС-30

Предназначена для тепловой сушки кукурузного, картофельного и других видов крахмала в воздушном потоке после механического обезвоживания на предприятиях крахмало-паточной промышленности.

Сушилка (рис. 10-III) состоит из питателя (6) со шнеком-питателем (9), рыхлителя (5), сушильной трубы (4), головки сушилки (3), циклонов-разгрузителей (1) со шнеками (2), скруббера (8) и калориферной установки (7). Сушилка комплектуется силовым щитом, панелями контроля и управления.

Сырой крахмал после осушающей центрифуги или вакуум-фильтра подается в питатель сушилки, где он непрерывно перемешивается. Далее шнеком-питателем крахмал транспортируется в рыхлитель. Здесь он встречается с потоком горячего воздуха, предварительно очищенного в фильтрах и нагретого до требуемой температуры в установке калориферов. Воздух поступает в рыхлитель за счет тяги, создаваемой вентилятором. В рыхлителе при вращении бильного ротора происходит

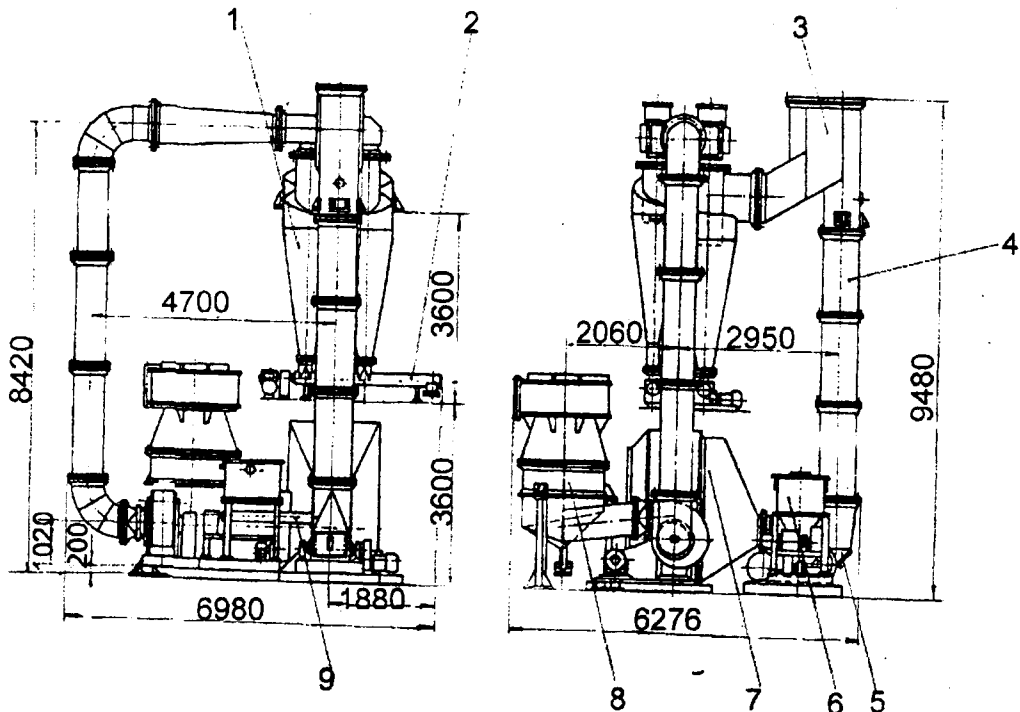


Рисунок 10-П1. Сушилка пневматическая Ш5-ППС-30.

дробление конгломератов (кусочков) крахмала на мельчайшие частицы и интенсивное перемешивание этих частиц с горячим воздухом. В результате чего в этой части сушилки происходит активное испарение большей части влаги, содержащейся в крахмале.

По мере высыхания частицы крахмала поднимаются из рыхлителя потоком воздуха вверх по сушильной трубе и досушиваются, находясь во взвешенном состоянии в потоке горячего воздуха.

При поступлении потока «крахмал-воздух» в головку происходит падение скорости потока в 3 раза. За счет этого более тяжелые частицы (недосушенные) крахмала падают или витают в потоке и досушиваются. Наличие перфорированной перегородки не позволяет проскакать недосушенным частицам, способствует дополнительному измельчению крупных частиц. Таким образом в головке происходит полная досушка крахмала. Из головки высушенный крахмал вместе с воздухом поступает в установку циклонов, где происходит отделение сухого крахмала от воздуха за счет центробежной силы.

Сухой крахмал собирается в шнеках циклонов и транспортируется ими на рассев и упаковку.

Отработанный (очищенный) воздух из циклонов через головку циклонов и воздухопроводы вентилятором отсасывается и направляется им в скруббер. В скруббере происходит улавливание крахмальной пыли на смоченных стенках аппарата под действием центробежных сил, а также воды, подаваемой через нижнюю форсунку. Окончательно очищенный воздух от частиц крахмала через раскручиватель промывателя выбрасывается в атмосферу.

Вариант 1

КОТЁЛ ВАРОЧНЫЙ 28-2А С МЕШАЛКОЙ

Предназначен для уваривания сырья, используемого при производстве карамельной, ирисной, желейной масс, различных начинок и мармелада. Применяется на предприятиях кондитерской промышленности.

Состоит (рис. 1-П2) из медной полусферической чаши 5, медной обечайки 4 и сварной стальной паровой рубашки 6, укрепленной на стойках 8. Котел закрыт крышкой 3 с люком для загрузки сырья и осмотра. Крышка снабжена штуцером для отвода пара. На фланце, соединяющем медную чашу с паровой рубашкой, установлена траверса с электродвигателем и червячным редуктором 1. На валу редуктора укреплена мешалка якорного типа 9.

Уваренная масса выгружается из котла поднятием клапана 10 вверх с помощью вертикального штока 17 маховичком 18 через штуцер 12, расположенный в нижней части медной чаши. Пар для уваривания подводится справа через вентиль. Конденсат отводится через вентиль 11 в нижней части паровой рубашки. Здесь же находится вентиль для подсоединения котла к конденсационному горшку. Воздух из паровой рубашки спускается через кран.

Котел снабжен манометрическим контактным термометром 2 для измерения температуры увариваемого сырья, а также предохранительным клапаном и манометром для контроля за давлением пара, которые установлены на трубе для выпуска пара.

Техническая характеристика.

Производительность

(в зависимости от вида сырья), кг/ч

70...150

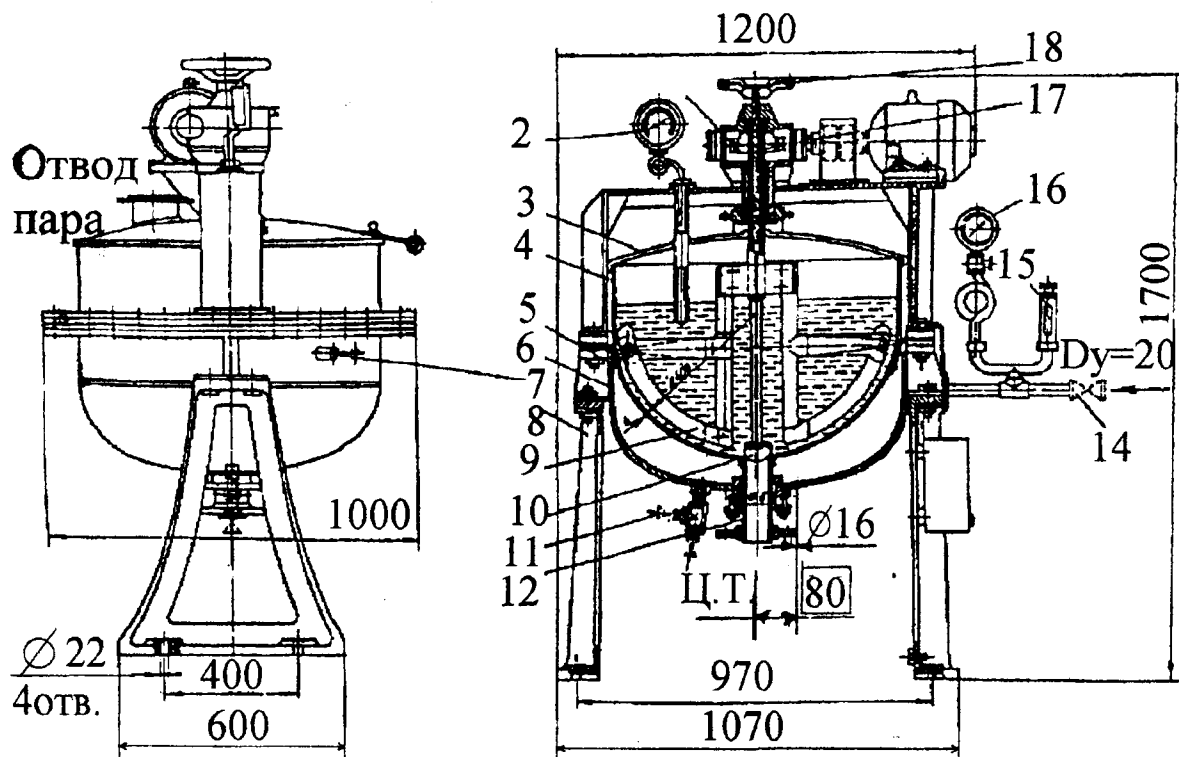


Рисунок 1-П2. Котёл варочный 28-2А с мешалкой: 1 – червячный редуктор; 2 – термометр; 3 – крышка; 4 – обечайка; 5 – чаша; 6 – паровая рубашка; 7 – кран; 8 –

Вместимость, м ³ :	
Рабочая	0,15
Геометрическая	0,2
Объём парового пространства, м ³	0,07
Расход пара, кг/ч	100
Давление в паровой рубашке рабочее (избыточное), Мпа	0,6
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	5,03
Установленная мощность, кВт	1
Эксцентриситет мешалки	0,001
Габаритные размеры, мм	200x1000x1700
Масса, кг	440

Вариант 2

АГРЕГАТ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Т1-ХР-2А-72 ДЛЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ РАССТОЙКИ ТЕСТА

Предназначены для окончательной расстойки тестовых заготовок широкого ассортимента хлебобулочных изделий.

Каркас агрегата марки Т1-ХР-2А состоит из объемных секций: вертикальной (4), лобовой (18) и концевой (14), а также промежуточных (17).

В вертикальной секции установлен, приводной вал (1) с ведущими звездочками (2), а в лобовой и концевой - оси с поворотными звездочками (8) и натяжные станции (7). Ведущие, поворотные и натяжные звездочки огибаются тяговыми цепями (16) с шагом 100 мм.

Для подвешивания люлек в цепи предусмотрены специальные пальцы. Цепи перемещаются по направляющим (5), установленным в промежутках между поворотными звездочками. Двухполочные люльки (11) закреплены шарнирно на пальцах цепи с шагом 500 мм.

Верхние полки люлек легко снимаются, что позволяет использовать агрегаты для расстойки тестовых заготовок широкого ассортимента хлебобулочных изделий.

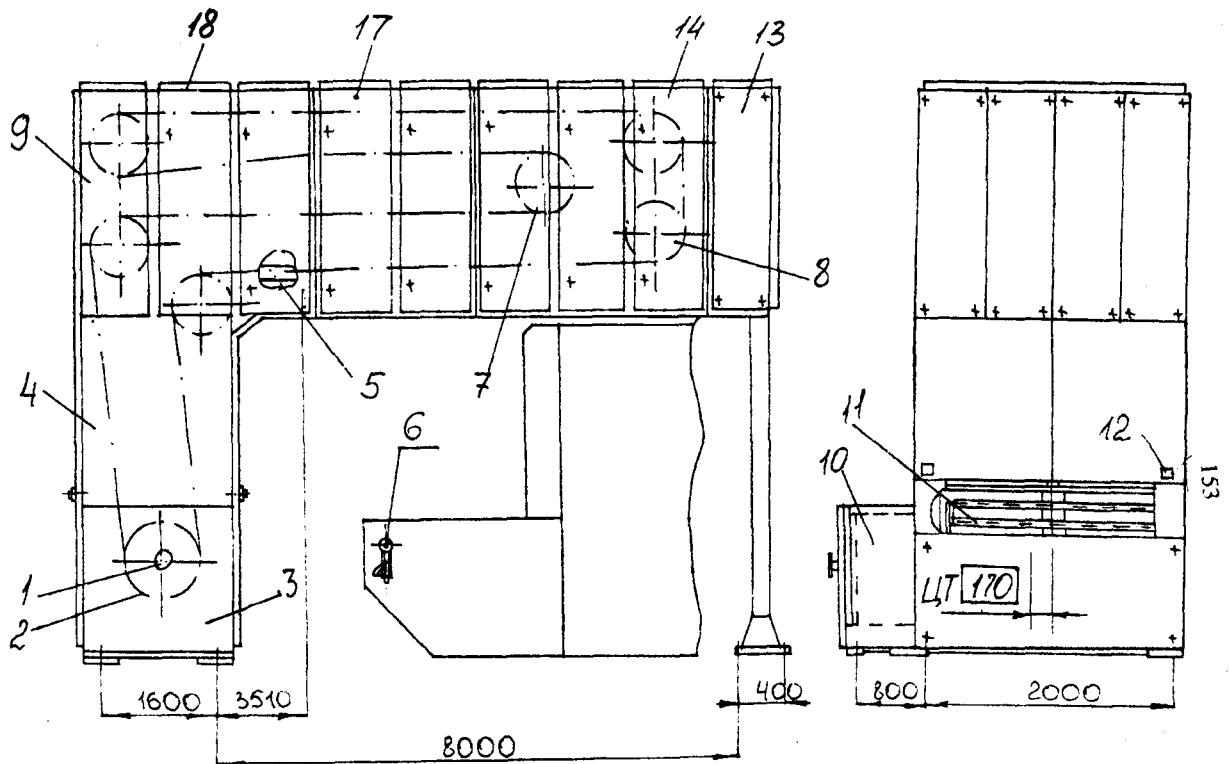


Рисунок 2-П2. Агрегат универсальный Г1-ХР-2А-30 для расстойки тестовых заготовок.

Облицовочные щиты (3 и 9) и дверки (15) горизонтальной части агрегата выполнены двойными с проложенным внутри теплоизоляционным материалом. По контуру дверей закреплены уплотняющие резиновые прокладки.

Для регулирования длительности расстойки в автоматическом режиме имеется устройство с дистанционным управлением.

Система кондиционирования воздуха (13) создает внутри агрегата необходимый климатический режим (температуру и относительную влажность).

Расстойка тестовых заготовок подовых изделий осуществляется на листах, устанавливаемых на двух полках люльки. При выработке формового хлеба верхняя полка снимается, и формы с тестом устанавливаются только на нижнюю полку.

Загружают и выгружают люльки вручную через окна вертикальной секции.

1. Производительность в час (техническая) при расстойке тестовых заготовок батонов нарезных массой 0,4 кг из пшеничной муки I сорта, кг	870
2. Диапазон изменения времени расстойки (при максимальной величине 55 мин)	2
3. Масса изделий, кг	0,05...2
4. Длина рабочей части люльки, мм	2000±5,5
5. Число люлек:	
общее	76
рабочих	72
6. Температура паровоздушной среды внутри агрегата, °С	32...40
7. Относительная влажность среды внутри агрегата, %	70...90
8. Установленная мощность, кВт: электродвигателей	2,6

электронагревателей	6
9. Габаритные размеры, мм	10000x3300x4000
10. Масса, кг	8300
11. Число оборотов приводного вала, об/мин	300
12. Масса приводного вала, кг	250
13. Эксцентриситет приводного вала, м	0,001

Вариант 3

ПЕЧЬ ХЛЕБОПЕКАРНАЯ МАРКИ ПХС-25М

Предназначена для выпечки широкого ассортимента хлеба, булочных, бараночных изделий и пряников.

Состоит (рис. 3-П2) из восьми секций (4), образующих пекарную камеру (2) и топочные секции (6 и 8). Внутри секций проходят каналы-газоходы (3), по которым циркулируют горячие газы - продукты сгорания газа или жидкого топлива. Все каналы печи находятся под разрежением, создаваемым двумя центробежными вентиляторами (5 и 7).

Печь имеет приводную (1) и натяжную (11) станции, на барабанах которых натянута сетка (10), выполняющая роль пода.

Привод сетчатого пода осуществляется от электродвигателя через редуктор и вариатор, что позволяет плавно изменять время выпечки в пределах 12...72 мин.

Печь имеет два независимых контура обогрева (I и II зоны). В первом газовом контуре, обогревающем входной участок пекарной камеры, продукты сгорания, выходящие из топки, смешиваются в камере смешения с рециркулирующими газами, и охлаждаются до температуры 400...600 С.

Из камеры смешения через вертикальный газоход газы подводятся в верхние и нижние транспортирующие каналы, из которых затем попадают в каналы обогрева пекарной камеры. Охлажденные газы отводятся коробом,

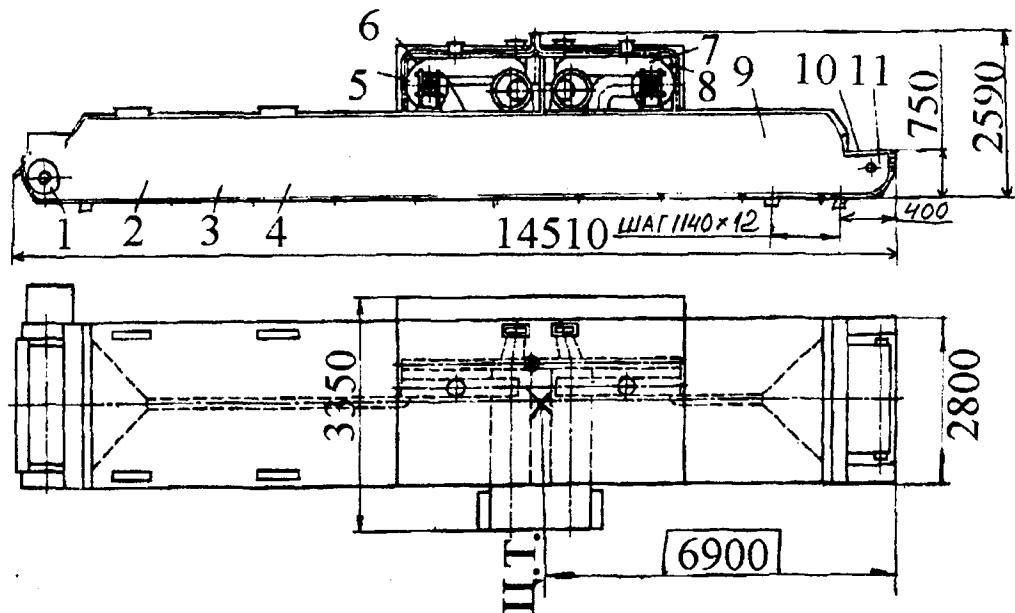


Рисунок 3-П2. Общий вид печи хлебопекарной марки ПХС-25М: 1- приводная станция; 2 – пекарная камера; 3 – каналы газоходы; 4 – секции; 5,7 – вентиляторы; 6,8 – топочные секции; 9 – пароувлажнительное устройство; 10 – сетка; 11 – натяжная секция.

присоединенным к всасывающему патрубку вентилятора рециркуляция. На выходе из вентилятора газовый поток разделяется: часть газов удаляется в дымовую трубу, а часть по горизонтальному газоходу вновь направляется в камеру смешения.

Второй газовый контур обслуживает средний и выходной участки пекарной камеры и имеет более протяженный газовый тракт, чем первый контур.

Печь снабжаю пароувлажнительным устройством (9), питающимся от паровой сети. Печи изготовляют с выносом пода 1100 мм (основной вариант), а также 1500 и 2800 мм, которые оговариваются при заказе.

Техническая характеристика

Тип	каркасная, тоннельная с сетчатым подом
Производительность в час (техническая), кг по хлебу формовому массой 1 кг	600
по нарезным батонам массой 0,4 кг	610
Ширина пода, мм	2100
Площадь пода, м ²	25
Потребление пара, кг/ч	130,5
Установленная мощность, кВт	22,5
Габаритные размеры, мм	14570x33350x2590
Масса, кг:	
металлоконструкции	13041
общая	18000
Масса вращающихся частей, кг	1200
Эксцентриситет, м	0,0008
Частота вращения вращ. гайки, 1/с	1,4

Вариант 4 (приложение 2).

МАШИНА ТЕСТОМЕСИЛЬНАЯ МАРКИ И8-ХТА-12/1

Предназначена для непрерывного замеса опары и теста при приготовлении пшеничного теста с обычным и сокращенным временем брожения.

Состоит (рис. 4-П2) из станины (1) с приводом, месильного корыта (2), дозатора муки (5), питателя муки (6) и пульта управления (7).

Машина представляет собой комплекс механизмов, обеспечивающих дозирование и смешивание муки с жидкими компонентами и замес опары или теста. Все механизмы расположены на общей станине.

Станина представляет собой каркас, состоящий из верхних и нижних рам, чугунной литой боковины и двух стоек. Внутри станины расположен привод.

Месильное корыто включает в себя корпус, изготовленный из нержавеющей стали, внутри которого расположены два вала с месильными лопастями.

Для удобства обслуживания тестомесильной машины и регулирования интенсивности замеса лопасти крепятся к валу так, что можно осуществлять их съём и установку необходимого угла разворота между осью месильного вала и касательной к поверхности лопасти. Сверху корыто закрыто двумя крышками (3 и 4) из органического стекла.

На корпусе установлен дозатор муки, состоящий из корпуса и расположенного внутри него вращающегося турникета, с помощью которого осуществляется дозирование муки. Изменение объема муки, подаваемой турникетом, зависит от угла поворота храпового колеса за один оборот месильного вала.

Для контрольного отбора доз муки в корпусе дозатора имеется окно.

На дозаторе муки крепится питатель, выполненный из органического стекла, который является резервуаром для запаса муки перед дозатором. Для поддержания заданного уровня муки в верхней и нижней частях питателя уста-

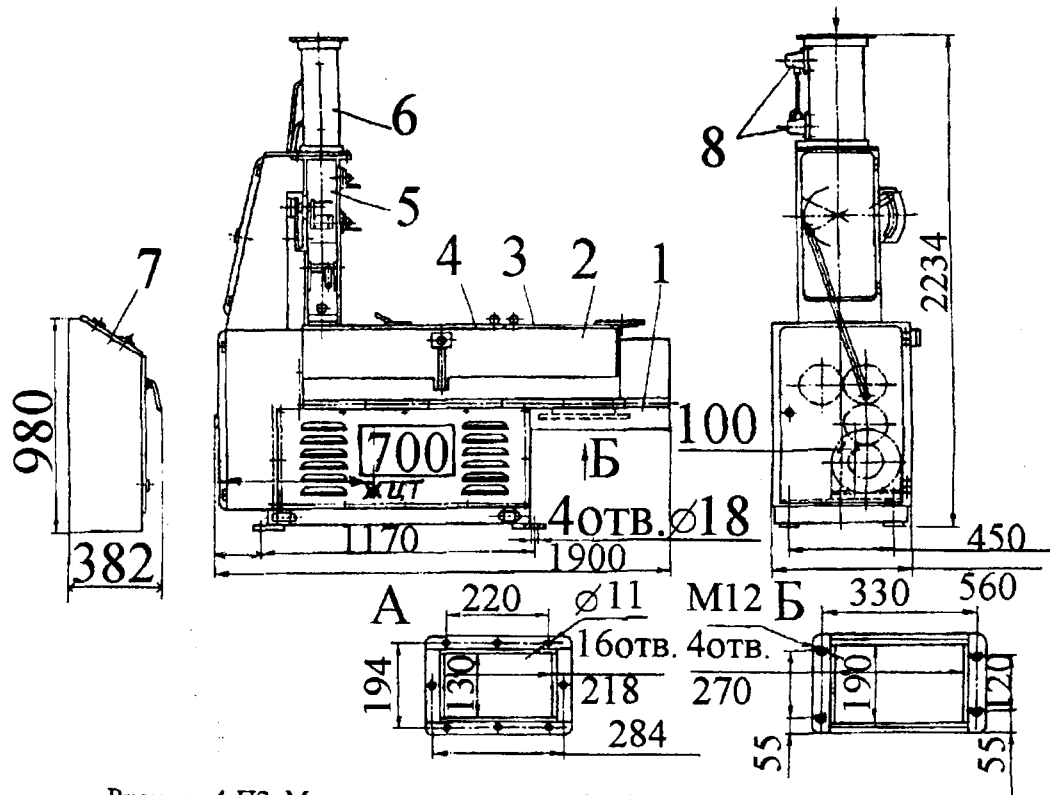


Рисунок 4-П2. Машина тестомесильная И8-ХТА-12/1: 1 – станина; 2 – корыто месильное; 3, 4 – крышки; 5 – дозатор

новлены датчики уровня (8), связанные с системой транспортирования муки. Во избежание залегания муки в питателе установлен механический ворошитель.

Мука поступает в питатель, заполняя его и корпус дозатора. Турникет дозатора с карманами, заполненный мукой, непрерывно поворачиваясь, подает муку в переднюю часть корпуса тестомесильной машины. Туда же одновременно подаются заданные дозы смеси жидких ингредиентов, а в случае замеса теста - непрерывно поступает и опара. Валы с месильными лопастями, развернутыми в направлении движения теста, вращаясь в противоположные стороны, захватывают смесь муки с жидкими ингредиентами и перемешивают ее, одновременно перемещая в направлении выпускного отверстия. За время перемещения происходит полный замес опары или теста до заданной консистенции.

Техническая характеристика

Частота вращения лопастного вала, об/мин	65
Эксцентриситет вала, м	0,001
Масса вала, кг	210
Масса машины, кг	950
Габаритные размеры, м	1,9x0,56x2,234

Подписано к печати 24.07.03г.

Формат 60x84/16. Объём 10,0 п.л.

Тираж 250экз. Заказ №149. цена 40р.

Отпечатано на ризографе.

Кемеровский технологический
институт пищевой промышленности.

650056,г.Кемерово,56.б-р Строителей,47