

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 06.06.2022 14:33:50
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e551a11ea0b773e943cf4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра товароведения и экспертизы товаров

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
2022 г.



ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»

2

УДК 620.2
Составитель С.Г. Боев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент М.А. Заикина

Процессы и аппараты пищевых производств: методические указания по выполнению лабораторных работ /Юго-Зап. гос. ун-т; сост. С.Г. Боев. Курск, 2022. 66 с.: Библиогр.: с.60.

Приводится перечень лабораторных работ, цель их выполнения, материальное обеспечение, вопросы для подготовки, краткие теоретические сведения, задания, рекомендуемая литература.

Предназначены для студентов направления подготовки 19.03.02 «Технология продуктов питания из растительного сырья» очной, заочной и сокращенной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 3,77 Уч.-изд. л. 4,42 Тираж 50 экз. Заказ 50 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Курск 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, ИХ ОБЪЕМ	4
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 Машины для измельчения мяса. Исследование конструктивных параметров и расчет режущей пары «нож-решетка»	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 Исследование характеристик центробежного вентилятора	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 Изучение процесса прессования на примере гидравлического пресса	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 Исследование характеристик шестеренного насоса	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 Изучение процесса фильтрования.	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 Исследование работы экстрактора	47
СПИСОК РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	65

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению лабораторных работ предназначены для студентов направления для студентов направления подготовки 19.03.02 «Технология продуктов питания из растительного сырья» с целью закрепления и углубления ими знаний, полученных на лекциях и при самостоятельном изучении учебной литературы,

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта. Перечень лабораторных работ, их объем соответствуют учебному плану и рабочей программе дисциплины. При подготовке к занятиям студенты должны изучить соответствующий теоретический материал по учебной литературе, приобрести умения по методам микробиологических исследований; приобрести знания и умения в области санитарии предприятий отрасли, необходимые будущему специалисту для поддержания высокого санитарного состояния производства, строгого соблюдения технологических условий для получения качественной продукции конспекту лекций, выполнить задания для самостоятельной работы. Студенты должны ознакомиться с содержанием и порядком выполнения лабораторной работы.

Каждое занятие содержит цель его выполнения, материальное обеспечение, рекомендуемые для изучения литературные источники, вопросы для подготовки, краткие теоретические сведения, задания для выполнения. При выполнении лабораторных работ основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с высоким уровнем индивидуализации заданий под руководством преподавателя. Результаты выполненных каждым студентом заданий обсуждаются в конце занятий. Оценка преподавателем лабораторной работы студента осуществляется комплексно: по результатам выполненного задания, устному сообщению и качеству оформления работы, что может быть учтено в рейтинговой оценке знаний студента.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, ИХ ОБЪЕМ

Наименование работ	Объем в часах		
	очная	заочная	сокращенная
Машины для измельчения мяса. Исследование конструктивных параметров и расчет режущей пары «нож-решетка»	4	2	2
Исследование характеристик центробежного вентилятора	2	-	-
Изучение процесса прессования на примере гидравлического пресса	4	-	-
Исследование характеристик шестеренного насоса	2	-	-
Изучение процесса фильтрования.	2	-	-

Исследование работы экстрактора	4		
Итого, часов	18		

Правила оформления работ

1. Отчеты по каждой теме лабораторного занятия оформляются в отдельной тетради.
 2. Перед оформлением каждой работы студент должен четко написать ее название, цель выполнения, краткие ответы на вопросы для подготовки, объемы и результаты исследования. Если предусмотрено оформление работ в виде таблиц, то необходимо все результаты занести в таблицу в тетради. После каждого задания должно быть сделано заключение с обобщением, систематизацией или обоснованием результатов исследований.
 3. Каждую выполненную работу студент защищает в течение учебного семестра.
- Выполнение и успешная защита лабораторных работ являются допуском к сдаче теоретического курса на экзамене.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Машины для измельчения мяса. Исследование конструктивных параметров и расчет режущей пары «нож-решетка».

Цель работы: Изучить устройство и работу машин для измельчения. Провести исследование конструктивных параметров основного рабочего узла машины для измельчения мяса и выполнить расчет режущей пары «нож-решетка».

Краткие теоретические сведения

Резанию подвергают овощи, фрукты, конфетную и тестообразную массу, мясные, кисломолочные, рыбные и другие продукты.

На практике применяют следующие основные способы резания: пуансоном, резцом, ножом и фрезой. Наиболее распространенный способ – резание ножом и фрезой.

Ножи бывают односторонние и двухсторонние.

Применяют ножи разнообразных форм: серповидные в куттерах, дисковые в слайсерах для резки хлеба, овощей, а также при порционировании продуктов, ленточные, крестовидные в измельчающих машинах и др. Ножи могут совершать возвратно-поступательное, вращательное и колебательное движение. В некоторых резательных машинах ножи остаются неподвижными, а изрезаемый материал движется определенным образом относительно ножей. Ножом режут в основном мягкие продукты.

Для распиливания туш применяют фрезы и пилы. Для резания пластических материалов применяют струну.

Резание можно разделить на собственно резание и рубку. При рубке резец перемещается только в перпендикулярном направлении к материалу, а при резании он движется как в перпендикулярном, так и в параллельном направлении к кромке материала. При рубке резец или клин проникает в толщу, например, мяса и уплотняет его верхний слой. При рубке поверхность получается не гладкой, не имеющей определенной формы. Рубку применяют, когда к поверхности среза не предъявляют специальных требований.

Способность лезвия разделять материал на части является его режущей способностью, которая зависит от усилия резания: чем усилие резания меньше, тем режущая способность лезвия больше. Однако режущая способность лезвия уменьшается по мере его износа. Важным технологическим параметром лезвия является скорость резания, под которой понимают скорость перемещения лезвия в направлении резания. С увеличением скорости резания усилие резания уменьшается. Естественно, что при резании мягких продуктов уменьшается усилие резания, увеличиваются скорость резания и срок эксплуатации лезвия.

В пищевой промышленности применяют режущие инструменты самых разнообразных форм: прямоугольные, дисковые, ленточные, серповидные и др. Режущие инструменты могут совершать вращательное, возвратно-поступательное, колебательное движение, но могут быть и неподвижными, в то время как изрезаемый материал находится в движении в машине.

КОНСТРУКЦИИ И РАБОТА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ МАШИН

Резательные машины бывают пластинчатыми, дисковыми, роторными, струнными и др.

Ко всем измельчающим машинам предъявляют общие требования: равномерность кусков измельченного материала; удаление измельченных кусков из рабочего пространства; сведение к минимуму пылеобразования; непрерывная и автоматическая разгрузка; возможность регулирования степени измельчения; возможность легкой смены быстро изнашивающихся частей; небольшой расход энергии на единицу продукции.

Рамная центробежная свеклорезка (рисунок 1.1) служит для изрезывания свеклы в стружку с целью извлечения из нее сахарозы.

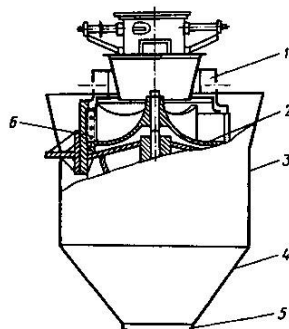


Рисунок 1.1 – Рамная центробежная свеклорезка:

1 – загрузочный бункер; 2 – ножевая рама; 3 – корпус; 4 – коническое днище; 5 – люк;
6 – трёхлопастная улитка

Принцип действия свеклорезки заключается в следующем. Свекла загружается в свеклорезку через загрузочный бункер, увлекается вращающейся улиткой и под действием центробежной силы прижимается к режущей кромке ножей, которыми изрезывается в стружку. Свекловичная стружка через проемы ножевых рам выпадает в пространство между корпусом свеклорезки и кожухом и затем через люк поступает на дальнейшую переработку.

Для замены ножей ножевую раму поднимают и заменяют глухой рамой без ножей. Для очистки ножей применяют продувку паром или сжатым воздухом.

Измельчитель для мяса – куттер (рисунок 1.2) работает следующим образом. Мясо из корыта автоматически загружается во вращающуюся чашу, изготовленную из нержавеющей стали, и режется инструментом, выполненным в виде фрезы и установленным в чаше.

Скорость резки составляет 130 м/с. Процесс проводят под вакуумом.

Материал корпуса и крышки куттера делает процесс резания практически бесшумным. Фарш выгружается периодически с помощью автоматической наклонной заслонки, которая вытесняет фарш из чаши в приемное корыто. Уплотнение крышки и корпуса достигается с помощью специальных полимерных прокладок. Смена режущего инструмента происходит менее чем за 3 мин.

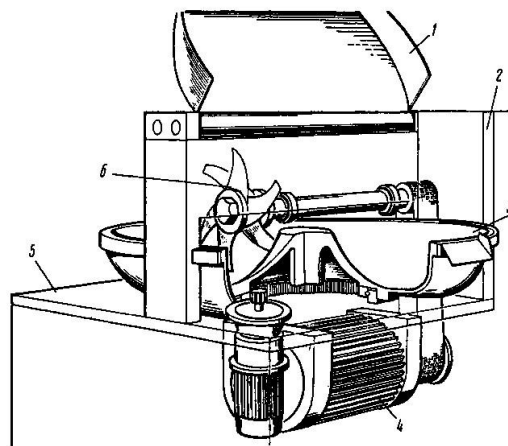


Рисунок 1.2 – Измельчитель (куттер) для мяса:

1 – крышка; 2 – стенка; 3 – чаша; 4 – привод; 5 – станина; 6 – режущий инструмент

Измельчитель для мяса – волчок (рисунок 1.3) – состоит из станины 1, привода 8, загрузочной горловины 6, приемного 5 и рабочего 3 цилиндров, режущего (ножевого) механизма 4 и устройств для подачи к нему сырья— червяка 2 в волчках с обычной подачей сырья, а также червяка 2 и шнека 7 в волчках с принудительной подачей.

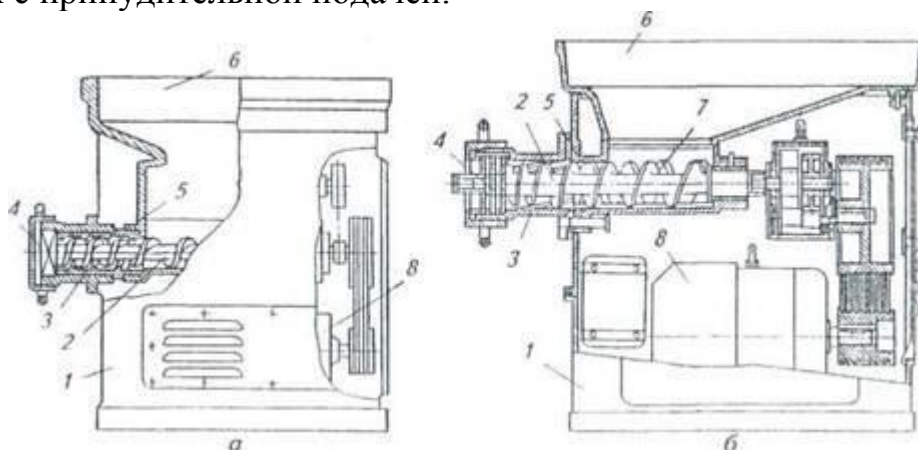


Рисунок 1.3 – Схемы волчков с обычной (а) и принудительной подачей сырья в рабочий цилиндр (б):

1 – станина; 2 – шнек рабочий (червяк); 3 – цилиндр рабочий; 4 – механизм режущий; 5 – цилиндр приемный; 6 – горловина загрузочная; 7 – шнек подачи; 8 – привод

Мясо через загрузочную горловину попадает в приемный цилиндр, откуда червяком (или шнеком и червяком) подается в рабочий цилиндр. Под действием давления, обусловленного уменьшением шага витков червяка, мясо проталкивается через последовательно собранные ножи и решетки, и

выходит из волчка в измельченном виде. Внутри рабочей камеры имеются ребра, которые направляют движение мяса, предотвращая его смятие.

Принудительная подача сырья в рабочую часть машины обеспечивает постоянную загрузку режущего механизма (на уровне заданной производительности) и высокую удельную производительность. Уменьшается удельный расход энергии на измельчение по сравнению с подачей вручную или самотеком. Однако конструкция волчка с принудительной подачей более сложная, следовательно, стоимость его возрастает, так что принудительная подача мяса дает положительный эффект только при большой производительности волчков. Чем длиннее рабочий шнек (червяк), тем меньше мяса вытесняется обратно в загрузочную часть и выше производительность волчка: при большом числе витков образуется как бы лабиринт, что снижает возможность передавливания фарша из зоны давления в зону загрузки.

Важнейшая часть волчка – режущий механизм. Он может быть плоским и коническим. Наиболее распространены волчки с плоским режущим механизмом, который набирают из ножей и решеток (как для мясорубок) с типичными вариантами набора и схем сборки ножей и решеток, рисунок 1.4. Обычно решетка неподвижна, а нож вращается. Плоские режущие механизмы проще в исполнении и удобнее в работе – легче регулировать степень прижатия решеток и ножей, от которой зависит эффективность измельчения мяса. Конические режущие механизмы сложнее в исполнении, но позволяют снизить расход энергии для измельчения мяса.

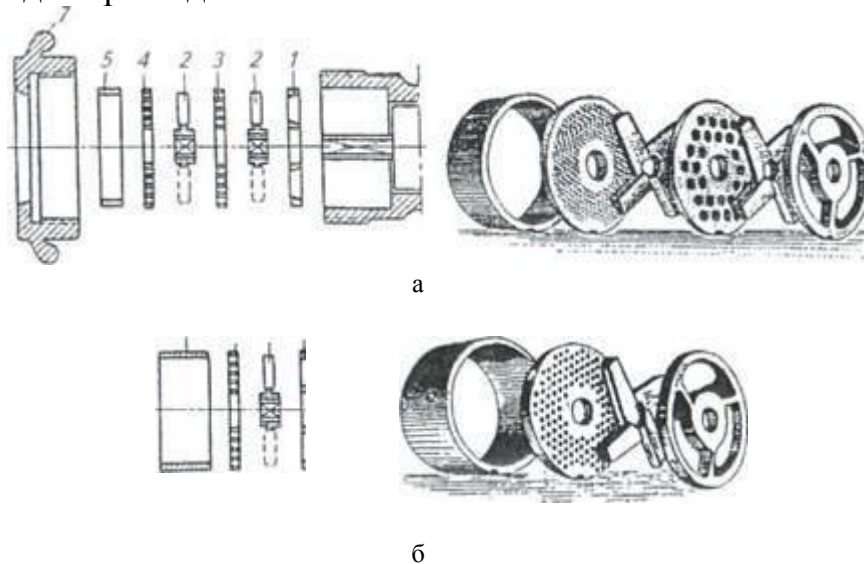


Рисунок 1.4 – Схемы сборки режущего механизма волчка:

а – для мелкого измельчения; б – для крупного измельчения: 1 – решетка приемная; 2 – нож двусторонний; 3 – решетка крупная; 4 – решетка мелкая; 5 – приемное кольцо узкое; 6 – приемное кольцо широкое; 7 – гайка зажимная

Производительность волчка и удельный расход энергии можно регулировать путем комплектования режущего механизма, который может быть набран из 1 – 6 режущих плоскостей. При мелком и среднем измельчении

мяса устанавливают больше режущих плоскостей.

При грубом измельчении сырья режущий механизм собирают в такой последовательности: на палец рабочего шнека надевают односторонний приемный нож, затем решетку, которую шпонкой неподвижно закрепляют в рабочем цилиндре. Нож вращается вместе с рабочим шнеком, заточенные лезвия ножа прилегают к решетке. Поверхности решетки и ножа шлифуют для более плотного прилегания, что улучшает условия резания.

Режущий механизм необходимо собирать так, чтобы измельчение было вначале более грубым, затем более тонким. Это обеспечивает меньшие затраты энергии, и соответственно измельчаемый продукт меньше нагревается. В ножевом механизме с четырьмя режущими плоскостями на палец рабочего шнека надевают приемную решетку, двусторонний нож, крупную решетку с отверстиями большего диаметра, например 16 или 25 мм, второй двусторонний нож, мелкую решетку и прижимное кольцо. Ножи и решетки умеренно затягивают зажимной гайкой.

Производительность волчка определяется пропускной способностью режущего механизма, которая, в свою очередь, зависит от диаметров решетки и отверстий в ней. Диаметр решетки является характеристикой, по которой различают волчки (например, волчок с решеткой диаметром 120 мм, или 120 - миллиметровый волчок). В волчках отечественного производства приняты решетки диаметрами 82, 120, 160, 220 мм, зарубежных – 100, 130, 160, 200 и 300 мм. Решетки изготавливают с отверстиями диаметрами 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 25 мм (иногда 5, 9 и 13 мм).

Производительность режущего механизма зависит от числа перьев на ножах. Наиболее распространены крестообразные ножи, т.е. с четырьмя перьями. С увеличением числа перьев на ноже производительность волчка возрастает, если при этом не снижается степень использования решетки (перья ножей не перекрывают слишком большую площадь решетки).

Производительность волчка регулируют путем изменения частоты вращения ножей. Чем выше скорость резания, тем меньше усилия резания и лучше качество среза, но при этом значительно повышается температура в зоне контакта режущей части инструмента с продуктом. Кроме того, при увеличении скорости резания на поверхности соприкосновения ножа и решетки резко возрастает удельное давление, что обеспечивает более благоприятные условия резания жесткой соединительной ткани. При неправильной сборке режущего механизма волчка, неровной поверхности решеток, плохой заточке ножей и решеток в режущей плоскости образуются зазоры. При работе волчка в них забиваются кусочки мяса, точнее соединительной ткани, что приводит к «прокручиванию» ножа без резания и нагреванию фарша вследствие трения.

Правильная работа режущего механизма обеспечивается при плотной затяжке ножей и решеток. Для этого гайку-маховик затягивают ключом до отказа, а затем отпускают примерно на треть оборота. Гайку-маховик не следует сильно затягивать, так как резание мяса на волчке не должно сопро-

вождаться большими усилиями сжатия, которые могут привести к выделению из фарша жидкой фракции.

Жирное мясо на волчке плохо измельчается, перетирается, медленно проходит, особенно если температура его высокая. В этом случае лучше использовать куттер.

При работе волчка мясо и жир служат смазкой для режущего механизма, шнека и цилиндра. В связи с этим не рекомендуется включать волчок до загрузки.

Неисправность в работе волчка определяют по степени измельчения мяса. При правильной сборке режущего механизма и хорошей заточке ножей и решеток фарш заполняет все отверстия решетки, вытекает плавно, ровной струей и заметно не нагревается. При неисправной работе волчка, затупленных ножах и решетках часть отверстий остается незаполненной, струя фарша может быть прерывистой, зигзагообразной.

Полученный фарш направляют на изготовление полуфабрикатов или охлаждение. Не лишним будет напомнить, что мясо при измельчении обычно значительно обсеменяется микроорганизмами и заметно быстрее портится при хранении. Поэтому держать в цехе полуфабрикатов измельченное мясо нельзя — его сразу надо поместить в холодильник.

Задание. Рассчитать мощность на работу режущей пары типа «нож – решетка».

Тип продукта: мороженое мясо, охлажденное мясо.

Исходные данные для расчета выдаются студенту преподавателем из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – конструктивные параметры ножа и решетки.

№ п/п	Номинальный диаметр решетки	Диаметр отверстия	НОЖ						РЕШЕТКА																	
			d1 H11	b H11	d2 h13	d3 f13	Sh h13	Lh h13	D h13	d H11	B B11	Lp h13	Sp h13	Тип												
1	82	4	16	12	73	22	10	14	82	22	6	79	7,5-8	0,5												
		2,5																								
2	82	1,5																								
		3																								
3	114	5													21	17	103	28	14	18	114	28	8	110	10-12	0,5
		3																								
4	114	2																								
		4																								
4	130	8	23	19	119	32	15	20	130	32	10	126	11-14	1												
		18																								
6	130	10																								
		13																								

7	160	10	32	23	147	42	17	25	160	42	10	155	13-15	1
		8												
8	160	13	32	23	147	42	17	25	160	42	10	155	13-15	1
		18												
9	200	13	40	32	183	52	22	30	200	52	16	193	15-19	1
		10												
10	200	18	40	32	183	52	22	30	200	52	16	193	15-19	1
		20												
11	250	13	50	36	230	63	26	35	250	63	16	243	18-22	1
		18												
12	250	20	50	36	230	63	26	35	250	63	16	243	18-22	1
		30												

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Мощность для работ пары определяется как:

$$N=N_1+N_2+N_3; \quad (1)$$

где: N_1 – мощность на резание продукта, Вт;

N_2 – мощность на преодолении сил трения между ножом и решеткой, Вт; N_3 – мощность на продавливание шнеком продукта через решетку, Вт.

В расчете мощности на преодоление сил трения продукта о шнек не учитывается.

1. Определение мощности на резание продукта

$$N_1 = \psi W F; \quad \text{Вт} \quad (2)$$

где: ψ – коэффициент использования режущей способности машины (0,7÷0,8);

W – удельный расход энергии на перерезывание единицы площади сечения продукта, кДж/м² (5,0÷8,0 для мяса);

F – режущая способность механизма, м²/с;

Режущая способность механизма определяется по формуле:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \varphi z (K_1 \psi_1 + K_2 \psi_2 + \dots + K_z \psi_z) n / 60; \quad (3)$$

где: D – диаметр решеток, м;

K_z – число зубьев на каждом ноже (для разных режущих плоскостей может быть различным);

φz – коэффициент использования площади решеток под отверстия для прохода продукта (обычно принимают $\varphi = 0,7 \div 0,8$, хотя может быть и $\varphi_{min} \geq 0,25$ для крупных отверстий); следует помнить, что размещение отверстий на решетке выполняется по ГОСТу, таблица 1.2.

$F^{омв}$

$$\varphi = \frac{F_{\text{реж}}}{F_{\text{реж}}} ; \quad (4)$$

n – число оборотов ножей, об/мин.

2. Определение мощности на преодоление трения между вращающимися ножами и неподвижными решетками:

$$N_2 = \pi \omega P_{\text{зам}} f \sum_{z=1}^Z b_z (r_{z2\text{max}} - r_{z2\text{min}}); \quad (5)$$

где: n – частота вращения ножа, которая определяется по формуле: $\omega = \pi n/30$, 1/с; $P_{\text{зам}}$ – необходимое давление затяжки (2÷3 МПа);

b_z – ширина контакта ножей и решеток, м; (в расчете принять $0,3S_H$, см. черт.1);

$r_{z2\text{max}}, r_{z2\text{min}}$ – расстояние концов лезвий ножей от оси вращения, м;
 f – коэффициент трения ножей о решетки (без смазывания соком и жировой тканью, принять 0,1÷0,2).

2. Определение мощности на продавливание шнеком продукта через решетку:

$$N_3 = P_0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot v_{oc} \cdot (1 + \psi_1); \quad (6)$$

где: P_0 – рабочее давление для продавливания продукта через решетки, Н/м²; определяется по формуле:

$$P_0 = 4 \sum_{i=1}^i (\tau_i^1); \quad (7)$$

здесь: τ – напряжение среза продукта, н/м (для охлажденного и размороженного мяса $\tau = 0,3 \div 0,4$ Н/м), (для мороженого бескостного мяса $\tau = 3 \div 4$ Н/м);

d_i – диаметр отверстий 1-й решетки, м (выбирается согласно ГОСТ 28533-90) (i – количество отверстий)

v_{oc} – скорость продавливания, м/с; определяется по формуле:

$$v_{oc} = \pi \omega (r_{\text{max}} - r_{\text{min}}) K_0 \operatorname{tg} \beta_1^*; \quad (8)$$

здесь: K_0 – коэффициент проворачивания продукта вместе со шнеком (0,5÷0,8);

β_1^* – угол подъема последнего винта шнека ($9^\circ \div 12^\circ$);

ψ_1 – коэффициент, учитывающий потери мощности на преодоление трения в рабочей камере (1,5÷2,6).

Рекомендации по выполнению рабочего чертежа ножа и решетки

Нож и решетку выполняют на формате А4 (отдельно) согласно ГОСТ 28533-90 с простановкой регламентируемых размеров по номинальному диаметру режущей пары. Отверстия в решетке до 5 мм расположить по ромбической сетке с углами $60 \div 120^\circ$.

Отверстия большего диаметра – по концентрическим окружностям (см. рисунок 1.5) При размещении отверстий необходимо выполнять условие:

$$F_{отв}/F_{реш} = 0,7 \div 0,8 \quad (9)$$

$F_{отв}$ – площадь всех отверстий

$F_{реш}$ – площадь решетки (расчет, привести в работе) Чертежный

штамп – стандартный 185x55мм.

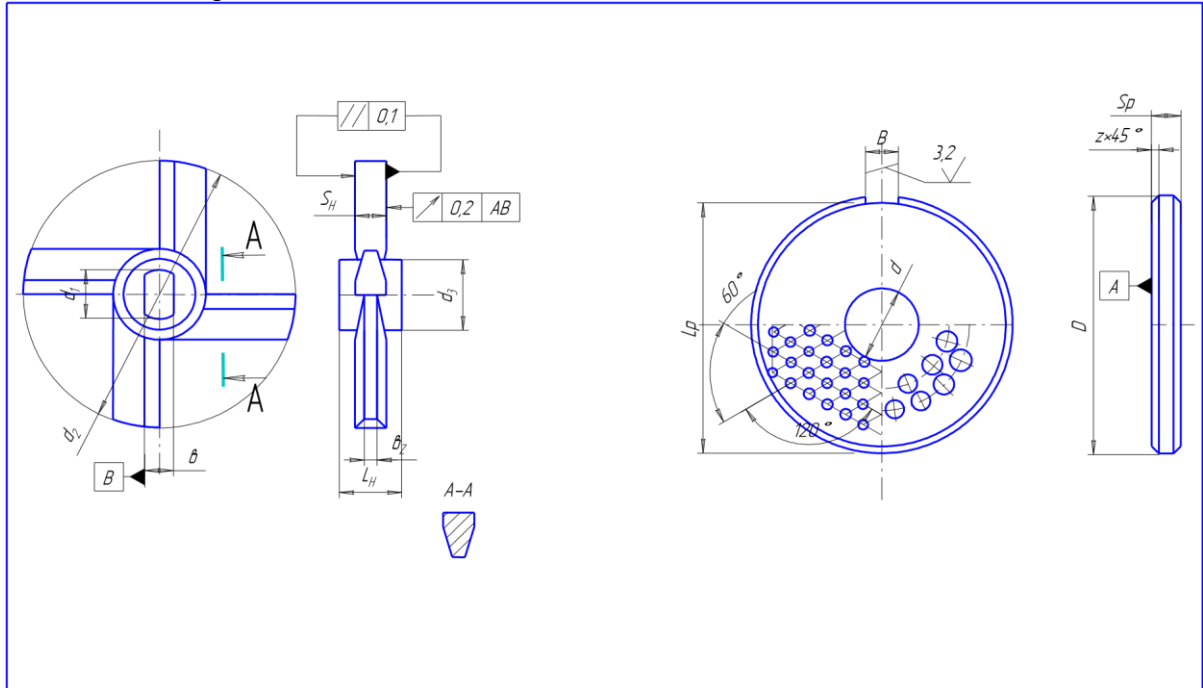


Рисунок 1.5 – Чертеж ножа и решетки.

Таблица №1.2 – Размещение отверстий по поверхности решетки.

Число шестиугольников или окружностей	Разбивка по шестиугольникам						Разбивка по окружностям		
	Число отверстий по диа- гонали шестиугольника	общее число отверстий без учета сегментов	число отверстий			число отверстий во всех сегментах	общее число отверстий в аппарате	Число отверстий по наружной окружности	общее число отверстий
			в 1-м ряду сегментов	во 2-м ряду сегментов	В 3-м ряду сегментов				
1	3	7				7	6	7	
2	5	19				19	12	19	
3	7	37				37	18	37	
4	9	61				61	25	62	
5	11	91				91	31	93	
6	13	127				127	37	130	
7	15	169	3			18	187	43	
8	17	217	4			24	241	50	

9	19	271	5			30	301	56	279
10	21	331	6			36	367	62	341
11	23	397	7			42	439	69	410
12	25	469	8			48	517	75	485
13	27	547	9	2		66	613	81	566
14	29	631	10	5		90	721	87	653
15	31	721	11	6		102	823	94	747
16	33	817	12	7		114	931	100	847
17	35	919	13	8		126	1045	106	953
18	37	1027	14	9		138	1165	113	1066
19	39	1141	15	12		162	1303	119	1185
20	41	1261	16	13	4	198	1459	125	1310
21	43	1387	17	14	7	228	1615	131	1441
22	45	1519	18	15	8	246	1765	138	1579
23	47	1657	19	16	9	264	1921	144	1723

Контрольные вопросы

1. С какой целью применяют измельчение материалов? 2. На какие виды подразделяется измельчение в зависимости от начальных и конечных размеров наибольших кусков материала? 3. Чем характеризуется процесс измельчения? 4. Какие типы измельчающих машин применяют в промышленности? 5. Перечислите требования к измельчающим машинам. 6. Каков принцип действия волчка для измельчения мяса? 7. Каков принцип действия свеклорезки? 8. Какие ножи применяются для измельчения пищевых продуктов? 9. Какие виды резания вы знаете? 10. Перечислите требования к измельчающим машинам.

Лабораторная работа № 2

Исследование характеристик центробежного вентилятора

1. Цель работы.

Изучение работы центробежного вентилятора на различных режимах и исследование его аэродинамических характеристик.

2. Основные теоретические положения.

Вентиляторами называются машины, предназначенные для перемещения газов и повышения их давления. При этом степень повышения давления у вентиляторов (отношение давления на выходе к давлению на входе) $\pi < 1,1$. Для создания больших давлений применяют воздуходувные машины и компрессоры.

Вентиляторы являются одним из распространённых видов судовых механизмов. Они используются для искусственной вентиляции жилых и служебных помещений, для создания тяги в котельных установках, для удаления вредных и пожароопасных газов из отсеков.

По назначению различают вентиляторы вдувные, вытяжные и циркуляционные. Так, котельные вентиляторы, которые нагнетают (вдувают) воздух в топку котлов, называются вдувными, а вентиляторы, отсасывающие выпускные газы из котла, называются вытяжными.

По принципу действия вентиляторы делятся на центробежные и осевые.

Схема центробежного вентилятора изображена на рис.1. Воздух засасывается через отверстие 1 в центральной части кожуха и попадает на лопасти 2, находящиеся на ободе колеса 3. Лопасти 2 рабочего колеса, вращаясь, отбрасывают воздух в кольцевой кожух 4, имеющий форму спирали, откуда он попадает в диффузор 5. Из диффузора воздух по трубопроводу поступает к месту назначения.

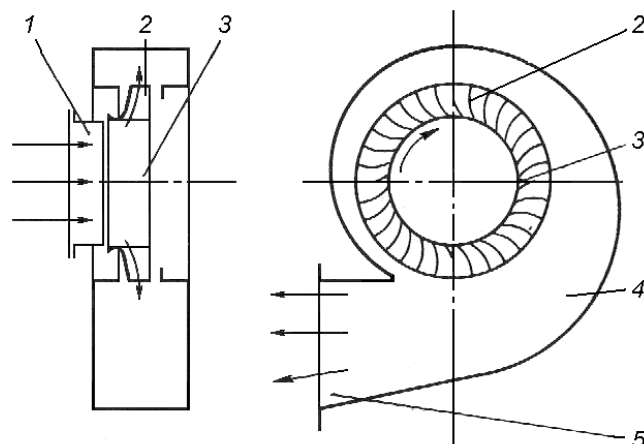


Рис.1. Схема центробежного вентилятора

Судовые вентиляторы приводятся во вращение электродвигателями и паровыми турбинами. На рис. 2 представлен общий вид судового центробежного вентилятора серии ЦСУ.

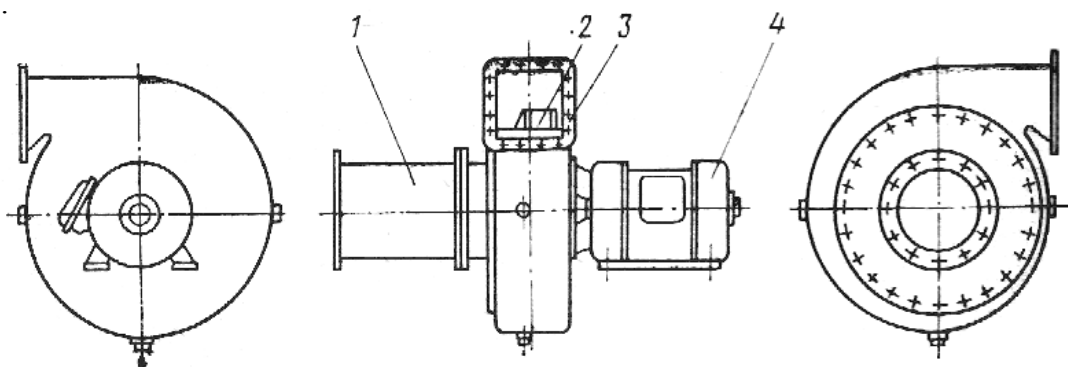


Рис. 2. Общий вид судового центробежного вентилятора.

1 – всасывающий патрубок; 2 – колесо; 3 – диффузор; 4 – электродвигатель.

Основными параметрами работы вентилятора являются его производительность Q , полное давление P , потребляемая мощность N и коэффициент полезного действия η .

Производительностью Q называется весовое или объёмное количество газа, перемещаемое вентилятором в единицу времени (секунду). На практике чаще пользуются объёмной производительностью в $м^3/с$.

Полным давлением вентилятора P называется приращение полной энергии 1 $м^3$ газа, проходящего через вентилятор. Полное давление измеряется в $Па$ ($Дж/м^3 = Н·м/м^3 = Н/м^2 = Па$) или в $мм$ водяного столба. Связь между этими величинами выражается формулой:

$$P = g \cdot h \quad (1)$$

где: P - давление в $Па$;
 g - ускорение свободного падения, $м/с^2$;
 h - давление в $мм$ вод. ст.

Полное давление представляет собой сумму статического и динамического давления вентилятора:

$$P = P_{ст} + P_{дин} \quad (2)$$

В свою очередь статическое давление вентилятора равно разности статических давлений P_{cm2} после вентилятора и P_{cm1} до вентилятора.

$$P_{ст} = P_{ст2} - P_{ст1} \quad (3)$$

Статическое давление на входе и выходе из вентилятора определяется с помощью вакуумметра и манометра:

$$P_{ст1} = B - P_B \quad (4)$$

$$P_{ст2} = B + P_H \quad (5)$$

здесь: P_B - давление всасывания по вакууметру, *Па*;

P_H - давление нагнетания по манометру, *Па*;

B - атмосферное давление, *Па*.

С учётом (3, 4, 5) статическое давление вентилятора можно определить как сумму давления всасывания P_B и давления нагнетания P_H .

$$P_{ст} = P_B + P_H \quad (6)$$

Динамическое давление $P_{дин}$ зависит от скорости газа в нагнетательном патрубке вентилятора и может быть определено по формуле:

$$P_{дин} = \rho \frac{c^2}{2} \quad \text{Па} \quad (7)$$

где: ρ - плотность газа, *кг/м³*;

c - скорость газа, *м/с*.

Таким образом, полное давление, создаваемое вентилятором, выражается суммой трёх слагаемых:

$$P = P_B + P_H + \rho \frac{c^2}{2} \quad \text{Па} \quad (8)$$

Если вентилятор приводится в движение трёхфазным электродвигателем, потребляемая от сети мощность N может быть определена по показаниям ваттметра, включаемого поочередно в каждую из фаз:

$$N = N_A + N_B + N_C \quad \text{Вт} \quad (9)$$

Полезная мощность вентилятора $N_{п}$ равна произведению полного давления на производительность:

$$N_{п} = PQ \quad \text{Вт} \quad (10)$$

Отношение полезной мощности вентилятора к мощности, потребляемой электродвигателем из сети называется коэффициентом полезного действия вентиляционной установки:

$$\eta = \frac{N_{п}}{N} \quad (11)$$

Обычно к.п.д. центробежных вентиляторов находится в пределах 0,45 – 0,70.

Графическое изображение зависимостей полного давления, потребляемой мощности и коэффициента полезного действия от производительности называется аэродинамическими характеристиками вентилятора.

3. Описание лабораторной установки.

Стенд для исследования характеристик центробежного вентилятора (рис.3) состоит из ёмкости 1, к боковой поверхности которой присоединён вентилятор 2, установленный на фундаменте 3. К верхней части ёмкости подсоединён воздухопровод 4, в котором размещена расходомерная диафрагма 6. Определение статического давления воздуха в различных точках системы осуществляется с помощью водомерных трубок 7, размещённых на манометрическом щите 8. Регулирование расхода воздуха производится клапаном 5. Вентилятор приводится во вращение электродвигателем асинхронного типа, запитанного от трёхфазной сети с напряжением 380/220 В. Для определения мощности, потребляемой электродвигателем из сети, в работе используется измерительный комплект К-505.

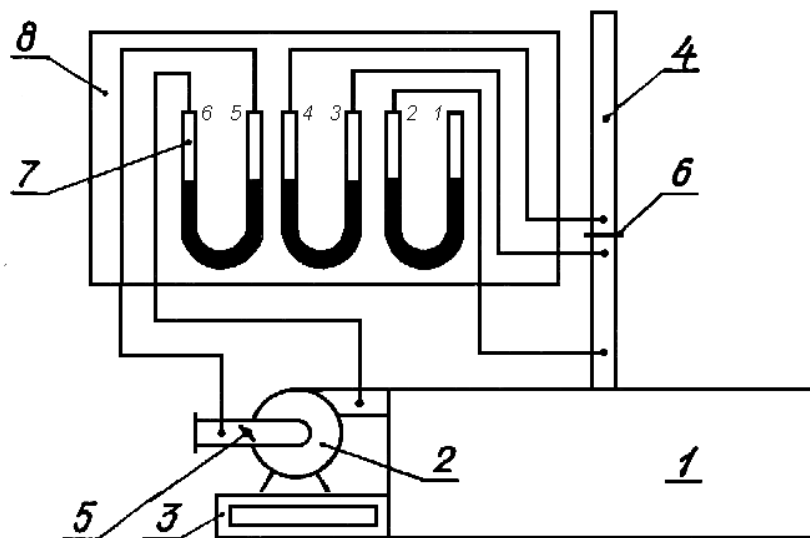


Рис. 3. Схема лабораторного стенда.

Обозначение трубок манометрического щита:

- 1 – трубка, соединённая с атмосферой;
- 2 – давление в воздуховоде 4;
- 3 – давление перед расходомерной диафрагмой 6;
- 4 – давление после диафрагмы;
- 5 – давление всасывания вентилятора;
- 6 – давление нагнетания вентилятора.

4. Проведение опыта.

- 4.1. Проверить положение переключателей измерительного комплекта К-505 по току и напряжению. Переключатель фаз прибора поставить в нейтральное положение.
- 4.2. Подать питание на стенд.
- 4.3. Пустить вентилятор с помощью пакетного выключателя. После того, как двигатель вентилятора наберёт обороты, переключателем фаз измерительного комплекта К-505 подключить приборы к сети.
- 4.5. Записать уровень жидкости в трубках манометрического щита 8 на 5 режимах работы вентилятора, изменяя расход воздуха с помощью клапана 5 от максимального до

минимального. На каждом режиме измерить мощность, потребляемую электродвигателем вентилятора из сети в каждой из трёх фаз.

4.6. Выключить вентилятор пакетным выключателем и снять питание со стенда. Переключатель фаз измерительного комплекта поставить в нейтральное положение.

5. Обработка результатов опытов.

5.1. Определение производительности вентилятора.

Производительность вентилятора определяется по расходу воздуха в воздуховоде 4. Для измерения расхода на стенде используется нормальная расходомерная диафрагма. Вычисления начинают с определения для каждого режима перепада давления на диафрагме ΔP и давления в воздуховоде $P_{тр}$ по формулам:

$$\Delta P = g (h_4 - h_3) \quad Па \quad (12)$$

$$P_{тр} = B + g (h_1 - h_2) \quad Па \quad (13)$$

где: g - ускорение свободного падения, $м/с^2$;
 h - высота жидкости в трубках, $мм вод. ст.$
 B - атмосферное давление, $Па$.

Модуль сжатия диафрагмы m определяется по формуле:

$$m = \left(\frac{d}{D_1} \right)^2 \quad (14)$$

где: d – диаметр отверстия в диафрагме;
 D_1 – диаметр воздуховода.

От модуля сжатия зависит исходный коэффициент расхода $\alpha_{исх}$, который выбирается по таблице 1.

Исходный коэффициент расхода нормальных диафрагм

Таблица 1

m	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
$\alpha_{исх}$	0,624	0,634	0,645	0,660	0,676	0,695	0,716	0,740	0,768	0,802

В исходный коэффициент расхода вносятся следующие поправки.

a_1 – поправка на число Рейнольдса Re_D , которое может быть вычислено по формуле:

$$Re_D = \frac{c \cdot D_1}{\nu} \quad (15)$$

Здесь ν – кинематическая вязкость воздуха, которая берётся в зависимости от температуры t из таблицы 2.

Таблица 2

$t,$	0	5	10	15	20	25	30
$\nu,$	$13,31 \cdot 10$	$13,80 \cdot 10$	$14,29 \cdot 10$	$14,78 \cdot 10$	$15,28 \cdot 10$	$15,77 \cdot 10$	$16,26 \cdot 10$

Поправка a_1 может быть рассчитана только после определения скорости воздуха в трубе, поэтому её в первом приближении полагают $a_1=1$. После определения объёмного расхода Q вычисляют скорость воздуха в трубе c_1 по формуле:

$$c_1 = \frac{Q}{F_1} \quad \text{м/с} \quad (16)$$

где F_1 – площадь сечения воздуховода ($F = \pi(D_1)^2 / 4$), м^2 .

Вычислив скорость и определив по формуле (15) число Рейнольдса, по графику (рис.4) находят значение коэффициента a_1 .

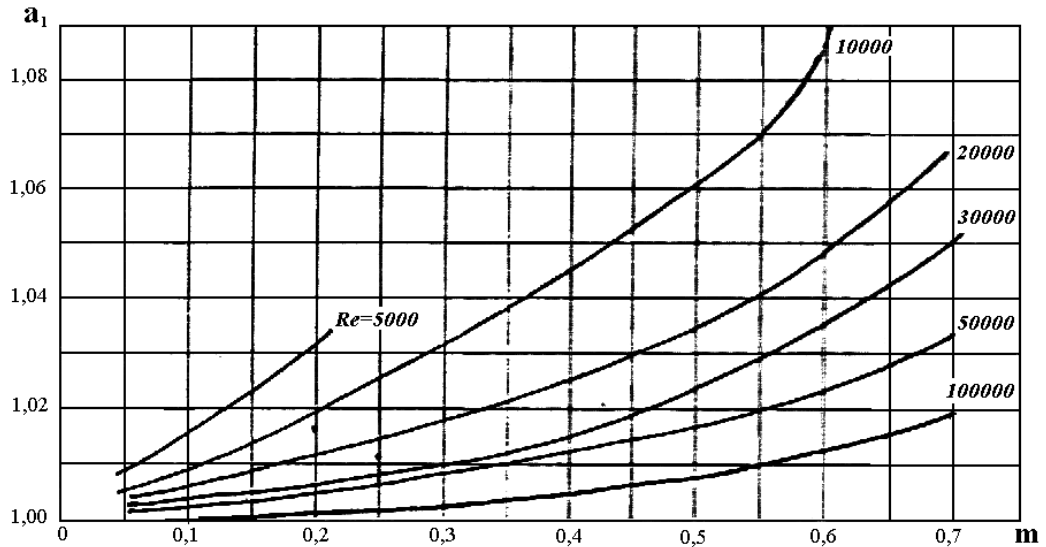


Рис. 4. Поправка на число Рейнольдса a_1 .

a_2 – поправка на шероховатость поверхности дроссельного устройства, которая находится по графику на рис. 5.

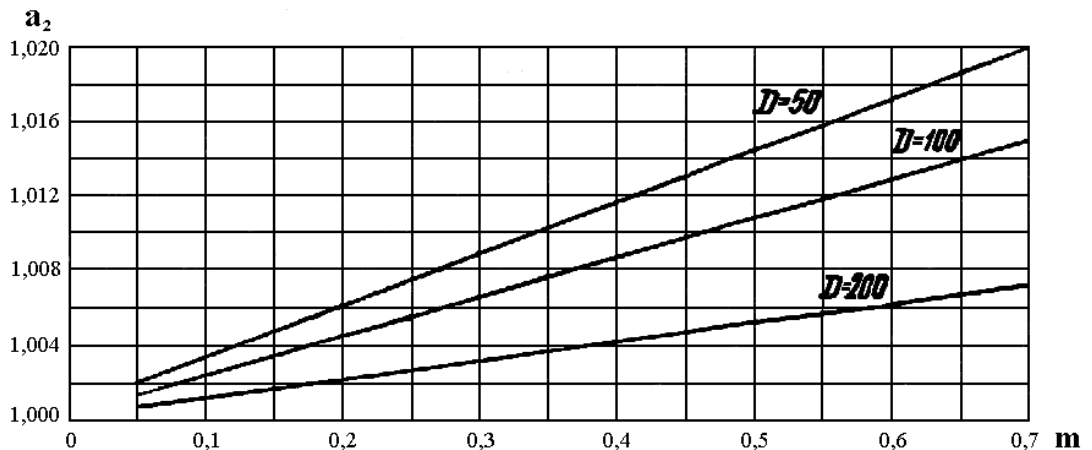


Рис. 5. Поправка на шероховатость a_2 .

a_3 – поправка на остроту кромки дроссельной шайбы. В данной установке дроссельная шайба выполнена с острой кромкой и $a_3=1$.

Найденные поправки позволяют вычислить действительный коэффициент расхода нормальной расходомерной диафрагмы:

$$\alpha = \alpha_{\text{исх}} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \quad (17)$$

Объёмный расход воздуха в воздуховоде в первом приближении рассчи-

тывается по формуле:

$$Q' = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (18)$$

здесь: F_0 – площадь проходного сечения диафрагмы ($F_0 = \pi d^2/4$), м^2 .
 ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Плотность воздуха в воздуховоде может быть вычислена из уравнения состояния идеального газа:

$$\rho = \frac{P_{\text{тр}}}{RT} \quad \text{кг}/\text{м}^3 \quad (19)$$

где: R – газовая постоянная, равная для воздуха $287 \text{ Дж}/\text{кг}\cdot\text{К}$;
 T – абсолютная температура, К .

Вычисления выполняются в два этапа. Сначала, приняв $a_1=1$, рассчитывают в первом приближении расход воздуха Q' , скорость c_1' и число $Re_{D'}$. Последняя величина даёт возможность определить поправку a_1 и выполнить второе приближение в вычислении расхода:

$$Q = a_1 \cdot Q' \quad (20)$$

Результаты расчёта заносятся в таблицу 3.

Таблица 3

№ режима	ΔP <i>Па</i>	P <i>Па</i>	ρ <i>кг/м³</i>	$\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$	Q' <i>м³/с</i>	c_1' <i>м/с</i>	$Re_{D'}$	a_1	Q <i>м³/с</i>
1									
2									
3									
4									
5									

5.2. Определение полного давления вентилятора.

Полное давление вентилятора находится по формуле (8). При этом сумма давлений всасывания P_e и нагнетания P_n определяется по разности уровней жидкости в манометрических трубках 5 и 6:

$$P_v + P_n = g(h_5 - h_6) \quad \text{Па} \quad (21)$$

Скорость воздуха в нагнетательном патрубке вентилятора может быть найдена по выражению:

$$c_2 = \frac{Q}{F_2} \quad \text{м/с} \quad (22)$$

где F_2 - площадь сечения нагнетательного патрубка вентилятора ($F_2 = \pi D_2^2/4$), м^2 .

Отсюда полное давление вентилятора может быть определено по зависимо-

сти:

$$P = g(h_5 - h_6) + \rho \frac{c_2^2}{2} \quad \text{Па} \quad (23)$$

5.3. Определение мощности и к.п.д. установки.

Мощность, потребляемая вентиляционной установкой из сети, полезная мощность и коэффициент полезного действия определяются по формулам (9, 10, 11). Результаты расчёта заносятся в таблицу 4.

Таблица 4

№ режима	Q $\text{м}^3/\text{с}$	c_2 $\text{м}/\text{с}$	$g(h_5 - h_6)$	$\rho \frac{c_2^2}{2}$	P Па	N Вт	$N_{\text{п}}$ Вт	η
1								
2								
3								
4								
5								

6. Содержание отчета.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- краткие теоретические положения;
- описание и схему установки;
- протокол испытаний;
- обработку результатов опыта;
- графики зависимостей:

$$D = f(Q);$$

$$N = f(Q);$$

$$\eta = f(Q);$$

- **ВЫВОДЫ.**

Контрольные вопросы.

1. Каков принцип действия центробежного вентилятора?
2. Из каких составляющих складывается полное давление вентилятора?
3. Как определяется расход воздуха в лабораторной работе?
4. От чего зависит коэффициент расхода расходомерной диафрагмы α ?

Протокол испытаний

Лабораторная работа №2 Исследование характеристик центробежного вентилятора.

Группа :

Дата испытаний :

Исполнители :

Исходные данные :

Внутренний диаметр воздуховода $D_1 =$ м
 Внутренний диаметр напорного трубопровода $D_2 =$ м
 Внутренний диаметр диафрагмы $d =$ м
 Атмосферное давление $B =$ Па
 Температура воздуха $T =$ °К
 Коэффициент кинематической вязкости воздуха $\nu =$ м²/сек

Результаты испытаний :

№ опыта	Уровень жидкости в трубках манометрического щита, мм						Потребляемая мощность, Вт			$\Sigma N_i, \text{Вт}$
	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	N_A	N_B	N_C	N
1										
2										
3										
4										
5										

Подписи исполнителей

Подпись преподавателя

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Изучение процесса прессования на примере гидравлического пресса

Цель работы: рассчитать тип и мощность электродвигателя для привода лопастной мешалки, установленной в вертикальном аппарате, для перемешивания жидкости с твердыми частицами.

Краткие теоретические сведения

Цель занятия: Изучить принцип действия прессов. Научиться собирать из составных частей конструкцию гидравлического пресса.

В пищевой промышленности применяют прессы самых разнообразных конструкций. Их можно разделить на две большие группы: гидравлические и механические.

Гидравлический пресс работает по законам гидравлики. Основной узел пресса — рабочий цилиндр, внутри которого перемещается плунжер, соединенный с подвижной плитой. Плунжер приводится в движение жидкостью высокого давления. Прессуемый материал помещается между подвижной и неподвижной плитами.

Гидравлические прессы широко применяют при переработке фруктов и овощей с целью получения соков, для производства ликеров и эссенций.

На рисунке 3.1 представлена схема установки для переработки фруктов на сок.

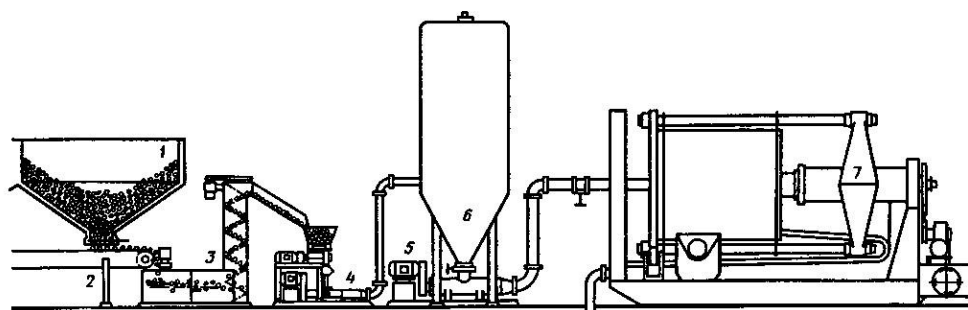


Рисунок 3.1. – Установка для переработки фруктов на сок:

1 – бункер; 2 – конвейер; 3 – установка для мойки и удаления косточек; 4 – насосизмельчитель;
5 – насос для мезги; 6 – бункер-накопитель; 7 – пресс

В сахарной промышленности для обезвоживания жома применяют наклонные горизонтальные и вертикальные шнековые прессы с одно- и двусторонним отжатием.

Прессы двустороннего отжатия более производительны, чем одностороннего, и позволяют отжимать жом до более низкой конечной влажности.

Наклонный шнековый пресс (рисунок 3.2.) предназначен для отжатия жома. Жом поступает в сепаратор, где из него частично удаляется вода, а затем в пресс, где отжимается основная часть вод

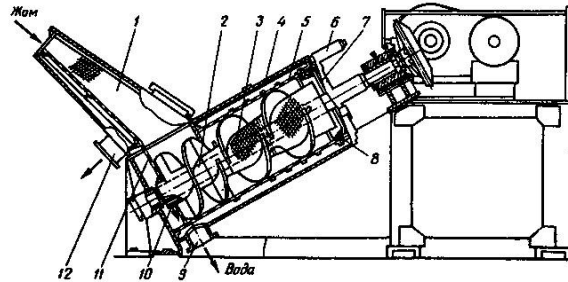


Рисунок 3.2. – Наклонный шнековый пресс:

1 – сепаратор; 2 – вал шнека; 3 – сито; 4 – отжимной шнек; 5 – цилиндрическое сито; 6 – регулировочное приспособление; 7 – отверстие для выгрузки жома; 8 – коническое сито; 9 – штуцер; 10 – отверстие для удаления воды; 11 – дополнительная поверхность фильтрования; 12 – штуцер для отвода воды

Часть отжатой воды проходит через цилиндрическое сито и удаляется через штуцер 9, другая часть воды проходит через сито 3 в полую часть вала шнека и удаляется через отверстие 10 и штуцер 9. Отжатый жом выгружается через кольцевые отверстия между коническим ситом и корпусом отжимного шнека. Размер отверстия влияет на продолжительность пребывания жома в прессе и степень отжатия воды и регулируется приспособлением 6.

Горизонтальные и наклонные прессы имеют аналогичную конструкцию. В отличие от горизонтальных прессов в наклонных не происходит частичного смешения отжатого жома с удаляемой жидкостью.

Вертикальный шнековый пресс показан на рисунок 3.3. Основная часть прессы — полый вертикальный шнек, установленный в специальных траверсах. На кожухе шнека с противоположных сторон расположены контролапсти, которые входят в промежутки между лопастями шнека и препятствуют вращению материала вместе со шнеком. Контролапсти имеют отверстия, через которые проходит пар, подводимый по трубопроводу.

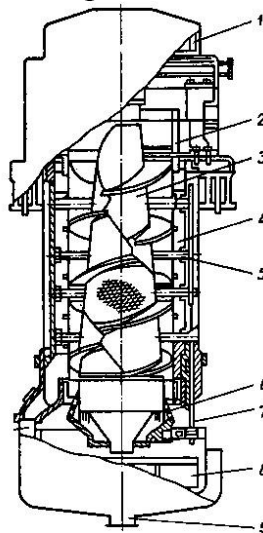


Рисунок 3.3. – Вертикальный шнековый пресс:

1 – приводная шестерня; 2 – загрузочная воронка; 3 – шнек; 4 – разъемное сито; 5 – контролапсть; 6 – коническое сито; 7 – болт; 8 – скребок; 9 – штуцер; 10 – канал

В верхней части прессы расположена воронка для загрузки материала, а под ней по цилиндрической образующей — цилиндрические разъемные сита с коническими отверстиями. Влажный жом на прессование поступает через воронку и верхними лопастями шнека направляется вниз, в зону с

меньшим поперечным сечением, где происходит отжатие воды. Часть отпрессованной воды выходит через отверстия цилиндрического сита, а другая часть — через полый вал шнека. Выделенная вода по каналу 10 и штуцеру 9 удаляется из пресса.

В нижней части цилиндрического сита расположено подвижное коническое сито, которое можно поднимать и опускать при помощи болтов 7. Изменением размера щели между этим ситом и нижней частью цилиндрического сита регулируется степень отжатия жома.

Отжатый жом, выходящий через щель, образованную коническим и цилиндрическим ситами, при помощи скребков выгружается из шнека.

Двухшнековый пресс (рисунок 3.4) оборудован двумя параллельно установленными шнеками, вращающимися навстречу друг другу. В корпусе и крышках шнека имеются цилиндрические фильтрующие сита с коническими отверстиями, изготовленные из нержавеющей стали.

Конструкция пресса позволяет быстро проводить процесс обезвоживания.

Частоту вращения шнеков можно регулировать гидромуфтой. От частоты вращения шнека зависят его производительность, влажность отпрессованного жома и расход энергии.

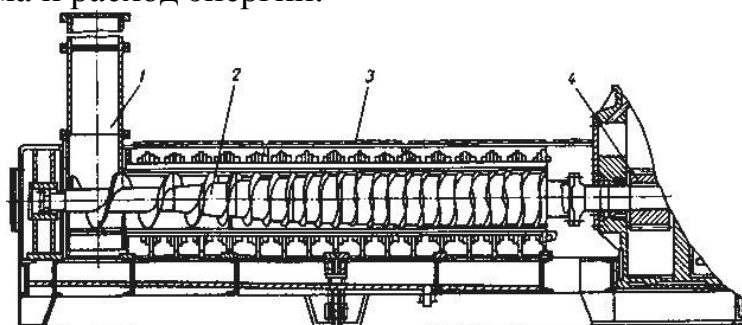


Рисунок 3.4. — Двухшнековый пресс:
1 — загрузочный бункер; 2 — шнек; 3 — крышка; 4 — привод

Показатели работы пресса зависят от равномерности питания его жомом. При недостаточной загрузке пресса жомом влажность жома увеличивается.

На степень отжатия жома оказывают основное влияние форма проходной части прессов и время пребывания жома в прессе.

Штемпельные и ротационные прессы применяют для брикетирования сухого жома. Ротационные прессы имеют плоскую или цилиндрическую матрицу. В штемпельных прессах матрица является неподвижной, а пуансон (штемпель) совершает возвратно-поступательное движение. В таких прессах наблюдаются большие инерционные силы при прессовании, поэтому их устанавливают на массивных фундаментах.

Одна из конструкций ротационного пресса с горизонтальной плоской матрицей показана на рисунке 3.5. Основная часть пресса — прессующий узел, состоящий из матрицы и прессующих валков, устройства для среза гранул и полого вала. Матрица установлена на полом вала и вращается вме-

сте с ним. Конический распределитель служит для направления сухого материала под валки.

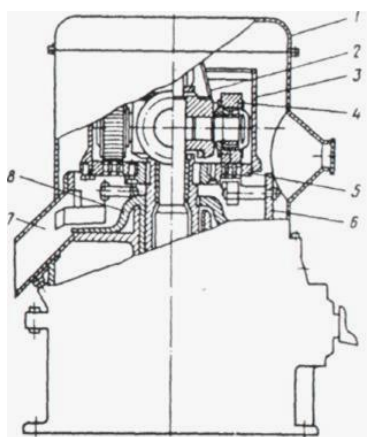


Рисунок 3.5. Ротационный пресс:

1 – кожух; 2– распределитель материала; 3– бункер; 4– прессующий валок; 5– матрица;
6 – устройство для среза гранул; 7 – выгрузной лоток; 8 – лопасть

Спрессованный материал на выходе из отверстия матрицы срезается ножом и лопастью направляется в выгрузочный лоток. Зазор между матрицей и лезвием ножа должен быть не более 0,5 мм. Необходимо, чтобы нож перекрывал рабочую ширину матрицы; лезвие его должно располагаться параллельно нижней плоскости матрицы. Угол наклона ножа к горизонтальной плоскости составляет 30° .

Для срезания брикета устанавливают четыре ножа. Если необходимо получить более крупные брикеты, количество ножей уменьшают.

Дисковый пресс, используемый в производстве прессованного сахара-рафинада, состоит из следующих основных узлов: набивной коробки для приема рафинадной кашки; диска с матрицами и пуансонами; упора для прессования брусков рафинада; механизма для натирки стола; механизма для подачи сахара в матрицы; механизма для выталкивания отпрессованных брусков рафинада; механизма для подъема пуансонов; механизма для поворота диска, привода и станины.

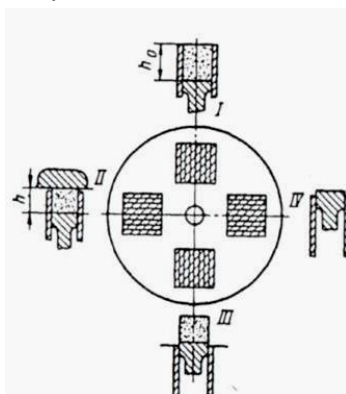


Рисунок 3.6. – Схема работы дискового пресса

Стол пресса совершает вращательное движение против часовой стрелки в горизонтальной плоскости (рисунок 3.6). Во время одного оборота стол делает четыре остановки, при которых совершаются последовательно сле-

дующие операции: I– заполнение матрицы рафинадной кашкой; II– формование при движении пуансона вверх; III– выталкивание брусков сахара пуансоном из матрицы; IV– очистка пуансона от остатков сахара и натирка мастикой.

Матрицы пресса выполнены в виде латунных коробок, которые вставлены в отверстия диска.

Из **таблетирующих машин** наибольшее распространение в пищевой промышленности получили ротационные. В этих машинах материал прессуется пуансонами, смонтированными в ротор по его окружности на двух уровнях. Во время работы пуансоны перемещаются вдоль вертикальной оси благодаря копирам и прессующим роликам, которые предназначены для их верхнего и нижнего рядов. При вращении ротора пуансоны, двигаясь в матрице, заполненной предварительно таблетуемым материалом, сжимают его с двух противоположных сторон. Таблетка выталкивается из матрицы нижним пуансоном при выведенном верхнем.

Ротационные таблетурующие машины делятся на два класса. В машинах первого класса пуансоны катятся по копирам, в машинах второго класса скользят. Различают машины однократного и многократного действия, в которых каждая пара пуансонов за один оборот ротора формирует соответственно одну или несколько таблеток.

Гранулирование может осуществляться тремя способами: на специальных устройствах – грануляторах, окатыванием и в псевдооживленном слое.

Двухшнековый формовочный пресс (рисунок 3.7) используют в производстве конфет, в частности пралине, методом формования конфетной массы через фильеру с калиброванными отверстиями. Пресс создает давление в конфетной массе и продавлиывает ее через фильеру. Непосредственно на выходе из фильеры жгуты конфетной массы рубятся на гранулы эксцентрично установленными ножами гранулятора (рисунок 7.8), расположенными с определенным зазором у фильеры.

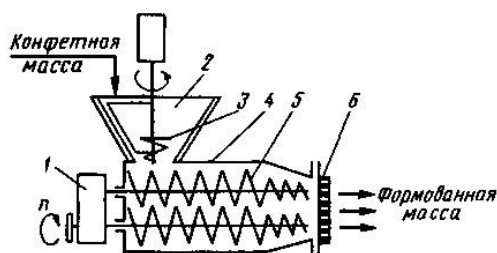


Рисунок 3.7. – Двухшнековый формовочный пресс:

1 – привод; 2 – загрузочный бункер; 3 – дозирующий шнек; 4 – корпус пресса;
5 – шнек; 6 – фильера

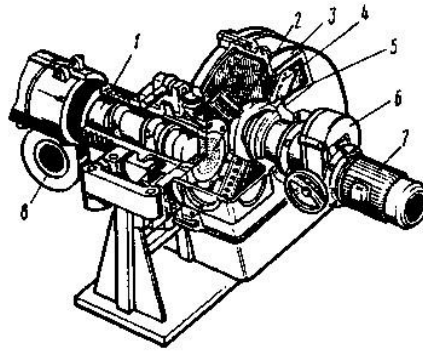


Рисунок 3.8. – Установка для гранулирования:

1 – подающий шнек; 2 – фильера; 3 – кожух гранулятора; 4 – рубящий нож; 5 – вал; 6 – редуктор; 7 – электродвигатель; 8 – вентилятор

Фильера представляет собой плоский металлический диск с отверстиями, через которые продавливается прессуемая масса. Форма отверстия фильеры определяет вид изделия. При продавливании через отверстия фильеры масса принимает определенную форму. Течение массы в отверстиях фильеры подобно течению очень вязкой жидкости.

Давление, создаваемое шнеком, зависит от гидравлического сопротивления в отверстиях фильеры. Сопротивление определяется консистенцией теста, формой и размером отверстий. Рубящие ножи закреплены на вращающемся валу, имеющем собственный привод. Эксцентричное расположение ножевого крыла позволяет заполнить материалом все сечение фильеры. Для регулировки зазора между фильерой и рубящими ножами ножевой вал может перемещаться в осевом направлении. Для этого кожух гранулятора может быть отведен в сторону вместе с приводом. Технологическая линия для производства экструдированных пищевых продуктов (панировочные сухари, суповые добавки, сухие завтраки и т. п.) показана на рисунке 4.9.

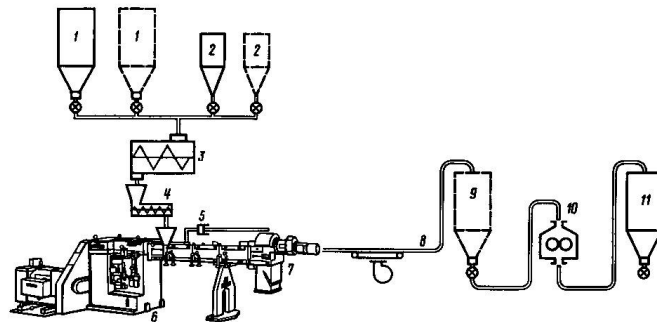


Рисунок 3.9. – Схема получения экструдированных продуктов

В линию входят бункер 1 для основного сырья, бункер 2 для вкусовых добавок, смеситель 3, шнековый дозатор 4, экструдер 6, гранулятор 7, насос-дозатор 5, а также дополнительное оборудование в зависимости от вида получаемого продукта – охладитель 8, промежуточный бункер 9, накопительный бункер 11 (сушильная печь 10, жарочная ванна, ароматизатор и другое оборудование).

Процесс экструзии проводят в экструдерах с одним или несколькими шнеками, установленными в одном корпусе. Технологическая часть экструдера состоит из корпуса, в котором вращаются один или два шнека, смеси-

тельных дисков, разгрузочных устройств, приспособления для смены набора фильтров. Корпус и шнеки могут быть выполнены из отдельных секций. Каждая секция имеет сверления для установки термопар и датчиков давления. Корпус, как правило, обогревается электрическими нагревателями сопротивления, а шнеки охлаждаются при необходимости водой, циркулирующей через отверстия в секциях корпуса и в пустотелых валах шнека.

Корпус экструдера, шнеки, смесительные элементы, а также загрузочную секцию изготавливают из высокопрочных износостойких сталей (азотируемые стали, содержащие хром и никель). Сборные шнеки позволяют собирать последовательно зоны загрузки, смешения, пластификации и экструзии. Особенности этих зон — технологическое назначение их и различие физико-химических свойств материала по длине шнека.

Конструкция загрузочных устройств экструдеров зависит от вида материала. Для загрузки сыпучей смеси с небольшой насыпной массой ($100 \dots 400 \text{ кг/м}^3$) применяют воронкообразные бункера с ворошителями. Ворошитель представляет собой вертикальный вал, к которому приварены наклонные лопатки, образующие как бы червяк с прерывистой навивкой для разрыхления материала. Нижняя часть вала может заканчиваться червячным питателем. Для загрузки пастообразных, влажных и порошкообразных материалов, обладающих повышенной адгезией, применяют одночервячные и двухчервячные загрузочные устройства.

Схема одношнекового экструдера показана на рисунке 3.10.

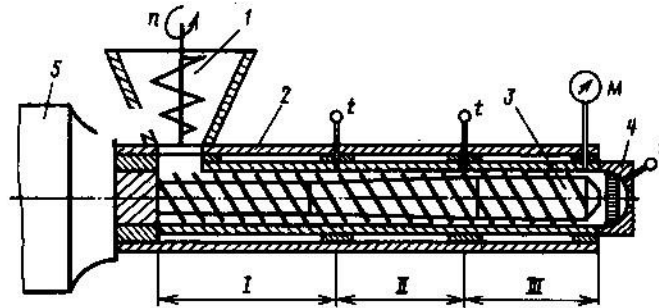


Рисунок 3.10. —Схема одношнекового экструдера:
1 — загрузочная воронка; 2 — корпус; 3 — шнек; 4 — фильеры; 5 — привод;
t — термопары; M — датчик давления

Экструдер состоит из узла загрузки 1, корпуса 2, шнека 3, сменной матрицы (фильеры) 4 и привода 5 с системой управления. Диаметр шнека составляет $50 \dots 250 \text{ мм}$, длина — от 1 до 20 диаметров. Форма профиля витка прямоугольная или трапецеидальная. На рисунке 3.10 зона I соответствует материалу в увлажненном состоянии, II — в пластическом состоянии, в зоне III материал представляет собой аморфную текучую массу.

Показатель работы экструдера — его эффективность, которая определяется отношением часовой производительности к единице потребляемой мощности. Зная эффективность экструдера, можно рассчитать при известной мощности привода максимальную производительность или при заданной производительности — необходимую мощность. Эффективность экструдера

вычисляют для каждого нового перерабатываемого материала. Сопоставление эффективности различных машин при переработке одного и того же материала позволяет выбрать оптимальную конструкцию экструдера. Потребляемая мощность зависит от типа привода экструдера. Зная напряжение и силу тока, можно рассчитать мощность экструдера по формуле $N=UI$, где U – напряжение; I – сила тока.

Гранулирование окатыванием применяют в кондитерской промышленности при производстве конфет, состоящих из ядра и оболочки. Наслоение оболочки на ядро осуществляют в дражировочных грануляторах.

Дражировочный гранулятор представляет собой чашеобразный корпус с вогнутым дном, который совершает сложное движение в горизонтальной плоскости. Чаша вращается вокруг собственной оси и вокруг вала привода (рисунок 3.11). Такое сложное движение чаши создает восходящий винтообразный поток порошка. В результате происходит окатывание ядра оболочкой, что приводит к росту гранул. Ядром служат обычно кристаллы сахара, изюм и орехи, ягоды и т. д. Оболочка состоит из сахарной цедры, порошка какао, кофе и т. д.

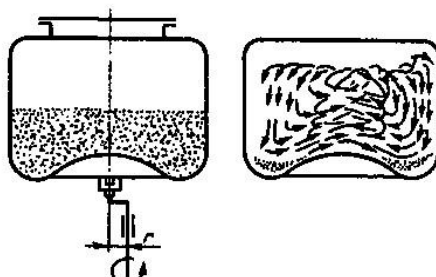


Рисунок 3.11. – Схема движения частиц в дражировочном грануляторе.

Гидравлический пресс

Гидравлический пресс – это машина для обработки материалов давлением, приводимая в действие сдавливаемой жидкостью. В основе ее работы лежит закон Паскаля, который, кстати, и изобрел гидравлический пресс, только называл он его «машиной для увеличения сил».

Состоит гидравлический пресс из двух соединенных между собой сосудов различного сечения, наполненных минеральным маслом или водой. Так как давление в жидкостях передается одинаково во все стороны, то приложив некоторое давление на жидкость в малом сосуде, мы получим такое же давление в большом сосуде на единицу площади.

Но, так как сечение большого сосуда будет значительно больше, то и давление, оказываемое по всей площади сечения, будет больше во столько раз, во сколько раз больше площадь этого сечения, а, поместив между столбом жидкости в большом сосуде и неподвижной опорой некоторое тело, мы и получим давление на тело, превосходящее приложенное в несколько раз.

Например, если разница в сечениях сосуда у нас стократна, то и сила, получаемая на выходе, будет больше приложенной в сто раз. Вот таким образом и можно увеличить силу своих рук во много раз, не применяя дополнительные источники сил.

Основной узел гидравлического пресса, рисунок 3.12— рабочий цилиндр, внутри которого перемещается плунжер, соединенный с подвижной плитой. Плунжер приводится в движение жидкостью высокого давления. Прессуемый материал помещается между подвижной и неподвижной плитой, рисунок

Сила давления, создаваемая поршнем на материал, прямо пропорциональна его площади

$$P = p F, \text{ Н}$$

где

p — давление в гидросистеме, Н/м²;

F — площадь поршня, м².

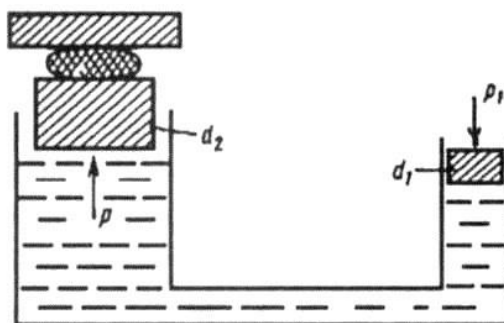


Рисунок 3.12 – Пресс гидравлический

Гидравлические прессы широко применяют для производства ликеров и эссенций, при переработке фруктов и овощей с целью получения соков.

Принцип их работы заключается в том, что если приложить некоторую силу P_1 к поршню диаметром d_1 и создать гидростатическое давление на поршень p , то согласно закону Паскаля это давление будет воздействовать на поршень большего диаметра d_2 .

Гидравлические прессы широко применяют для производства ликеров и эссенций, при переработке фруктов и овощей с целью получения соков.

Контрольные вопросы: 1. Какое оборудование используют при обработке продуктов прессованием? 2. Каков принцип работы обезвоживающих шнековых прессов, ротационных брикетирующих прессов? 3. Опишите устройство и принцип работы гранулирующего устройства. 4. Какое оборудование применяют для получения укрутированных пищевых продуктов? 5. Опишите устройство и принцип работы экструдера. 6. Опишите устройство и принцип работы гидравлического пресса.

РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

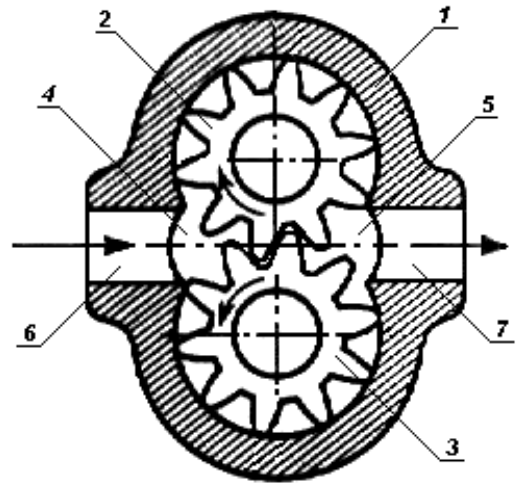
Цель работы: Изучение работы шестеренного насоса, построение и анализ его характеристик.

Краткие теоретические сведения

Насосами называются гидравлические машины для перемещения жидкости путём сообщения ей энергии (кинетической или потенциальной). По способу передачи энергии различают три основных класса насосов: лопастные, вихревые и объёмные. Одним из видов объёмных насосов является шестеренный насос.

Рабочими органами шестеренного насоса являются две шестерни с эвольвентным профилем, одна из которых – ведущая, другая – ведомая. Насосы могут быть внешнего и внутреннего зацепления. Наибольшее распространение получили насосы с шестернями внешнего зацепления.

Схема действия шестеренного насоса внешнего зацепления показана на рис. 1. Шестерни 2, 3 плотно охватываются корпусом 1, имеющим каналы 6, 7 для входа и выхода жидкости. При вращении шестерен образуется разрежение в полости всасывания 4 вследствие того, что при расцеплении зубьев во впадине между зубьями образуется



пустое пространство, тотчас же заполняемое жидкостью. Рис. 1. Шестеренный насос

При дальнейшем вращении шестерен жидкость из полости всасывания переносится в полость нагнетания 5, а затем входящими в зацепление зубьями выталкивается в нагнетательный канал 7. Теоретически насос с одинаковыми диаметрами шестерен за каждый оборот нагнетает в систему объём жидкости, равный суммарному объёму впадин между зубьями обеих шестерен. Поэтому производительность насоса пропорциональна частоте его вращения.

Основные потери в шестеренном насосе – объёмные и механические. Объёмные потери возникают в результате утечек жидкости через зазоры. К механическим потерям относятся потери на трение в подшипниках и сальниках, а также потери, обусловленные относительным смещением слоев жидкости в насосе и перерезанием потока жидкости зубьями насоса. Общий КПД шестеренного насоса на практике равен $0,5 \div 0,75$.

Шестеренные насосы широко применяются в различных системах. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с насосами других типов. Это простота конструкции, сравнительно небольшие размеры и масса, практически равномерная подача, долговечность. Вместе с тем шестеренные насосы чувствительны к увеличению зазоров между шестернями и корпусом, поэтому при увеличении давления их производительность быстро снижается.

Характерными параметрами насоса являются следующие.

Подача (расход) – количество жидкости, подаваемой насосом в единицу времени. Объёмная подача Q измеряется в $м^3/с$, $л/с$, или $м^3/час$. Весовая подача G измеряется в $Н/с$, $кг/с$ или $т/час$. Связь между Q и G выражается формулой:

$$G = \gamma Q$$

(1)

где γ – удельный вес жидкости $Н/м^3$.

Напор H – приращение механической энергии, получаемое каждым килограммом протекающей через насос жидкости, то есть разность удельных энергий жидкости при выходе из насоса и входе в насос. Размерность напора – $Дж/кг$. На практике напор часто выражают в метрах, при этом изменение энергии относят не к единице массы, а к единице веса жидкости: $Дж/Н = Н \cdot м / Н = м$. Напор насоса может быть определён по формуле, выражающей энергетический баланс энергии жидкости на входе и выходе из насоса.:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + g h_b + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \quad Дж/кг \quad (2)$$

где P_1 , P_2 – давление жидкости на входе и выходе из насоса, $Па$;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости, $кг/м^3$;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;

h_b – разность высот сечений всасывающего и нагнетательного патрубков насоса, $м$;

c_1 , c_2 – скорость жидкости на входе и выходе из насоса, $м/с$.

Давление жидкости на входе и выходе из насоса определяется с помощью вакуумметра и манометра:

$$P_1 = B - P_B$$

$$P_2 = P_M + B \quad (3)$$

здесь: P_B , P_M – давление по вакууметру и манометру, $Па$;

B – атмосферное давление, $Па$.

После подстановки (3) в (2) получим следующее выражение для определения напора насоса:

$$H = \frac{P_M + P_B}{\rho} + g h_b + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \quad Дж/кг \quad (4)$$

Мощность N , потребляемая насосом, или мощность на валу может быть определена по формуле:

$$N = N_{эл} \eta_{эд} \quad Вт \quad (5)$$

где: $N_{эл}$ – электрическая мощность, потребляемая электродвигателем из сети;

$\eta_{эд}$ – к.п.д. электродвигателя.

Полезная мощность $N_{\text{п}}$, развиваемая насосом, определяется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho Q H \quad \text{Вт} \quad (6)$$

Коэффициент полезного действия η насоса представляет собой отношение полезной мощности к потребляемой:

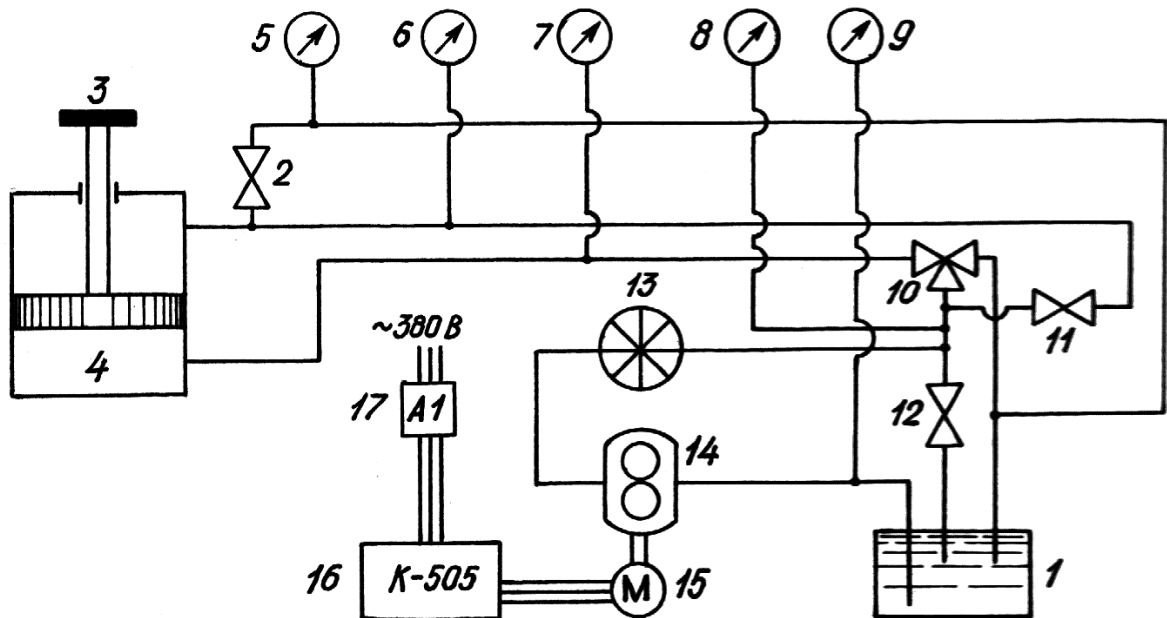
$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} \quad (7)$$

Число оборотов n – обычно выражается в *об/мин.*

Графические зависимости $(H, N, \eta) = f(Q)$ при $n = \text{const}$ называются напорными характеристиками насоса.

3. Описание лабораторной установки.

Схема лабораторной установки показана на рис.2. Турбинное масло из ёмкости 1 шестерённым насосом 14 через счётчик жидкости 13 подаётся обратно в ёмкость 1. Трёхходовой кран 10, клапаны 2 и 11 при проведении опытов должны оставаться закрытыми, т.к. силовой цилиндр 4 в данной работе не используется. Изменение расхода масла осуществляется клапаном 12. Измерение давления в напорном трубопроводе производится манометром 8, разрежения во всасывающем трубопроводе – вакууметром 9. Насос приводится во вращение электродвигателем 15, который подключается к 3-х фазной сети 380/220В автоматическим выключателем 17. Электрическая мощность, потребляемая электродвигателем из сети, определяется с помощью измерительного ком-



плекта 16 типа К-505.

Рис. 2. Схема лабораторной установки.

4. Проведение опыта.

4.1. Проверить положение переключателей прибора 16 по току и напряжению. Переключатель фаз прибора поставить в нейтральное положение, отключив прибор от сети.

4.2. Закрывать кран 10 и клапаны 2 и 11. Клапан 12 открыть полностью.

4.3. Пустить насос автоматом 17. После того, как двигатель насоса наберёт обороты, переключателем фаз прибора 16 подключить прибор к сети.

4.4. Дать поработать насосу некоторое время на максимальной подаче, чтобы удалить воздух из насоса и трубопроводов и прогреть подшипники.

4.5. Произвести испытания насоса на 10 режимах при подачах, уменьшающихся от максимальной до нуля примерно через равные промежутки. На каждом режиме записать значение давления по манометру 8 и разряжения по вакууметру 9, расход масла по счётчику литров 13, суммарную мощность трёх фаз электродвигателя по прибору 16.

4.6. Выключить насос автоматом 17. Переключатель фаз прибора 16 поставить в нейтральное положение.

5. Обработка результатов опыта.

Используя формулы (4) – (7) для каждого из режимов определяют напор H , полезную мощность $N_{\text{п}}$, и к.п.д. насоса η . Скорости движения жидкости в напорном и всасывающем трубопроводах для формулы (4) находят по выражению:

$$c = \frac{Q}{F} \quad (8)$$

Где: Q - расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$;

F - площадь проходного сечения трубопровода, м^2 .

По полученным данным строят характеристики насоса: $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

6. Содержание отчёта.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- краткие теоретические положения;
- схему экспериментальной установки;
- протокол испытаний;
- обработку результатов опыта;
- характеристики насоса;
- анализ полученных результатов.

Протокол испытаний

Лабораторная работа №

Исследование характеристик шестеренного насоса.

Группа:

Дата испытаний:

Исполнители:

Исходные данные:Плотность рабочей жидкости $\rho =$ кг/м³Разность точек уровней подключения манометра и вакуумметра $h_b =$ мДиаметр напорного трубопровода $d_n =$ мДиаметр всасывающего трубопровода $d_b =$ мК.п.д. электродвигателя $\eta_{эд} =$ **Результаты испытаний:**

№ опыта	P _м		P _в		V м ³	t с	Q м ³ /с	N _ф Вт	N _д Вт
	кг/см ²	Па	кг/см ²	Па					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Подпись исполнителей

Подпись преподавателя

РАБОТА №5**Изучение процесса фильтрации.**

Цель занятия: Изучить виды фильтров и фильтрующих перегородок.

Краткие теоретические сведения

По принципу действия фильтровальное оборудование делится на оборудование, работающее при постоянном перепаде давления либо при постоянной скорости фильтрации; по способу создания перепада давления на фильтровальной перегородке – на работающее под вакуумом либо под избыточным давлением; в зависимости от организации процесса – на оборудование непрерывного и периодического действия.

Избыточное давление может создаваться силами давления или центробежной силой. В зависимости от способа создания перепада давления фильтровальное оборудование может быть разделено на фильтры и центрифуги.

Фильтры, используемые для разделения суспензии, работают как под вакуумом, так и под избыточным давлением, периодически и непрерывно. К фильтрам, работающим под давлением, предъявляются повышенные требования к механической прочности. Их изготавливают по нормам Госгорконтнадзора для сосудов, работающих под давлением.

В фильтрах периодического действия осадок удаляется после прекращения процесса фильтрации, в фильтрах непрерывного действия – по мере необходимости без остановки процесса.

При разработке новых видов фильтровального оборудования следует ориентироваться на создание компактных аппаратов с развитой фильтровальной поверхностью, позволяющих проводить ее регенерацию без остановки технологического процесса.

Нутч-фильтр (рисунок 5.1.), работающий как под вакуумом, так и под избыточным давлением, широко распространен в малотоннажных производствах. Выгрузка из него осадка механизирована. Для сброса осадка фильтр снабжен перемешивающим устройством в виде однолопастной мешалки. Для удаления осадка из фильтра на цилиндрической части корпуса предусмотрен люк.

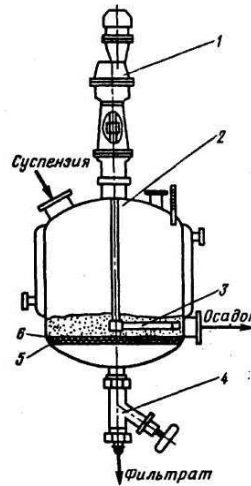


Рисунок 5.1. – Нутч-фильтр с перемешивающим устройством:
1 – привод, 2 – корпус фильтра, 3 – мешалка, 4 – спускной кран, 5 – фильтровальная перегородка,
6 – фильтровальная ткань

Суспензия и сжатый воздух подаются через отдельные штуцера, фильтрат удаляется через спускной кран 4. Фильтр снабжен предохранительным клапаном.

Цикл работы фильтра состоит из заполнения его суспензией, фильтрования суспензии под давлением, удаления осадка с фильтровальной перегородки при вращающейся мешалке и регенерации фильтровальной перегородки. В таких фильтрах может проводиться одновременно промывка осадка.

Для фильтрования суспензии применяют фильтровальные перегородки из картона, бейтинга и синтетических волокон. Преимуществами фильтровальных перегородок из синтетических волокон являются высокая механическая прочность, термическая и химическая стойкость.

Из синтетических волокон изготавливают фильтровальные перегородки с постепенно изменяющейся плотностью, что обеспечивает глубинное фильтрование суспензий, содержащих малое количество твердой фазы. Меняющаяся по глубине плотность фильтровального материала позволяет захватывать частицы по всей глубине фильтра. При этом крупные частицы задерживаются в наружных, а мелкие — в глубинных слоях фильтра. Селективное фильтрование обеспечивает высокую скорость фильтруемой среды, предотвращает закупоривание поверхностных пор и продлевает срок службы фильтров.

Рамный фильтр-пресс (рисунок 5.2.) используется для осветления виноматериалов, вина, молока и пива. Фильтрующий блок состоит из чередующихся рам и плит с зажатой между ними фильтровальной тканью или картоном. Рамы и плиты зажимаются в направляющих 6 зажимным винтом 1.5. Фильтр монтируют на металлической станине.

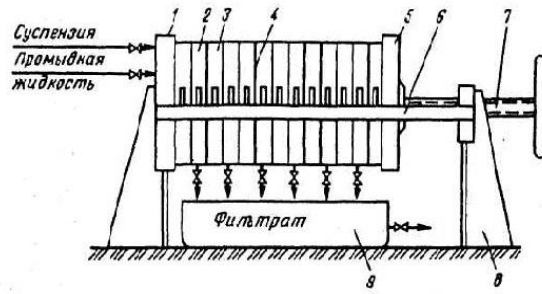


Рисунок 5.2. – Рамный фильтр-пресс:

1 – опорная плита; 2 – рама; 3 – плита; 4 – фильтровальная перегородка; 5 – подвижная плита;
6 – горизонтальная направляющая; 7 – винт; 8 – станина; 9 – желоб

Каждая рама и плита (рисунок 5.3.) имеют каналы для ввода суспензии и промывной жидкости. На поверхности плит с обеих сторон расположены сборные каналы 4, ограниченные сверху дренажными каналами, а снизу отводным каналом.

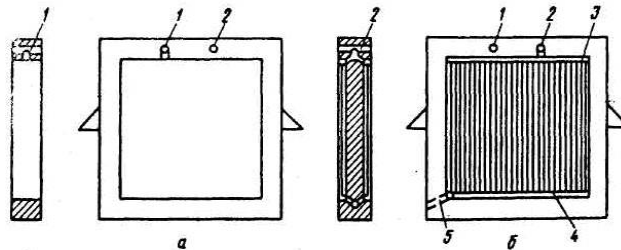


Рисунок 5.3. – Рама (а) и плита (б) фильтр-пресса:

1,2 – каналы для ввода суспензии и промывной жидкости; 3 – дренажный канал; 4 – сборный канал;
5 – отводной канал

При фильтровании (рисунок 5.3, а) суспензия под давлением подается через каналы в рамах и плитах и распределяется по всем рамам. Фильтрат стекает по дренажным и сборным каналам в плитах и удаляется через отводные каналы. При промывке осадка (рисунок 5.4, б) промывная жидкость под давлением вводится через соответствующие каналы, распределяется по рамам и проходит обратным током через фильтровальную перегородку, промывает осадок, а затем удаляется из фильтра через отводные каналы. При промывке отводные каналы всех нечетных плит блока должны быть закрыты.

Основной недостаток рамных фильтр-прессов – трудоемкость выгрузки осадка и замены фильтровальной перегородки. Для выгрузки осадка необходимы разборка вручную фильтровального блока и промывка плит и рам.

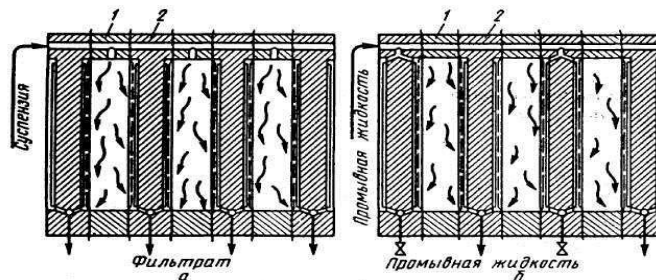


Рисунок 5.4. – Схема работы фильтр-пресса:

а – фильтрование; б – промывка осадка; 1 – рама; 2 – плита

Фильтр-пресс автоматизированный камерный с механизированной выгрузкой осадка (ФПАКМ) используют для разделения тонкодисперсных суспензий концентрацией $10...500 \text{ кг/м}^3$ при температурах до $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Является фильтром периодического действия. Он состоит из ряда прямоугольных фильтров (рисунок 5.5), расположенных вплотную один под другим, благодаря чему возрастает удельная площадь поверхности фильтрации по отношению к площади, занимаемой фильтром.

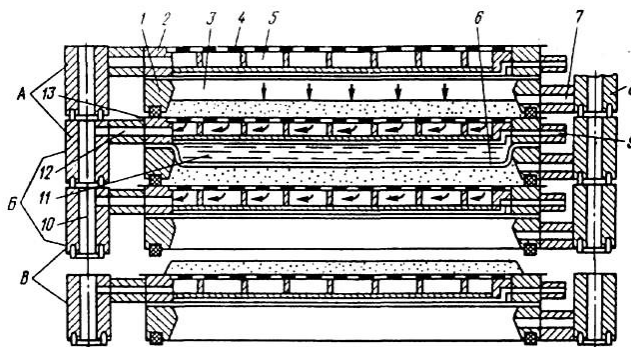


Рисунок 5.5 – Фильтр-пресс с горизонтальными камерами (ФПАКМ):

1 – нижняя плита; 2 – верхняя плита; 3 – пространство для суспензии и осадка; 4 – перфорированный лист; 5 – пространство для фильтра; 6 – эластичная диафрагма; 7, 9, 12 – каналы; 8 – коллектор для суспензии; 10 – коллектор для отвода фильтра; 11 – пространство для воды; 13 – фильтровальная ткань

В положении А в камеру из коллектора 8 последовательно поступают суспензия на разделение, жидкость для промывки и сжатый воздух для подсушки осадка. Фильтрат, промывная жидкость и воздух отводятся по каналам 12 в коллектор 10. В пространстве 11 по каналам 9 подается вода под давлением, которая с помощью водонепроницаемой диафрагмы 6 отжимает осадок (положение Б). Затем плиты раздвигаются и осадок удаляется из фильтра через образовавшиеся щели (положение В).

Барабанные вакуум-фильтры применяют при непрерывном разделении суспензий концентрацией $50...500 \text{ кг/м}^3$. Твердые частицы могут иметь кристаллическую, волокнистую, аморфную, коллоидальную структуру. Производительность фильтра зависит от структуры твердых частиц и снижается в указанной выше последовательности.

Барабанные вакуум-фильтры (рисунок 5.6) выпускают с внешней и внутренней фильтрующей поверхностью, которая обтягивается текстильной фильтровальной тканью. Вращающийся горизонтальный перфорированный барабан разделен перегородками на несколько секций одинаковой формы, которые за оборот барабана проходят несколько рабочих зон: фильтрации, обезвоживания, промывки, удаления осадка и регенерации фильтровальной ткани. Устройством, управляющим работой фильтра, является распределительная головка, через которую секции барабана в определенной последовательности подсоединяют к магистралям вакуума, сжатого воздуха и промывной жидкости.

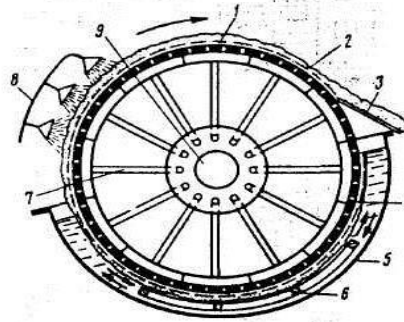


Рисунок 5.6 – Барабанный вакуум-фильтр с распределительной головкой:
 1 – перфорированный барабан; 2 – фильтровальная ткань; 3 – ножовое устройство;
 4 – секция; 5 – корыто; 6 – мешалка; 7 – труба; 8 – разбрызгиватель;
 9 – распределительная головка

В стадии фильтрования зона фильтра под фильтрующей тканью соединяется с вакуумом и фильтрат, находящийся в корыте, проходит через фильтровальную ткань. Осадок откладывается на ее поверхности. Промытый и подсушенный осадок непрерывно срезается ножом. Чтобы взвешенные частицы не отстаивались, корыто снабжено качающейся мешалкой.

Для извлечения пива и дрожжей из дрожжевой суспензии, образующейся при седиментации в бродильных чанах и танках, применяют барабанный вакуум-фильтр, изображенный на рисунок 5.7. Фильтровальный элемент состоит из крупноячеистой сетки, на которую накладывается мелкоячеистая сетка. Для улучшения условий фильтрования на мелкоячеистую сетку намывается слой вспомогательного материала — кизельгура либо картофельного крахмала. Пивная или дрожжевая суспензия, подаваемая из бака, при вращении барабана равномерно распределяется по фильтровальной поверхности, а дрожжевой осадок (лепешка) срезается ножом, установленным над баком.

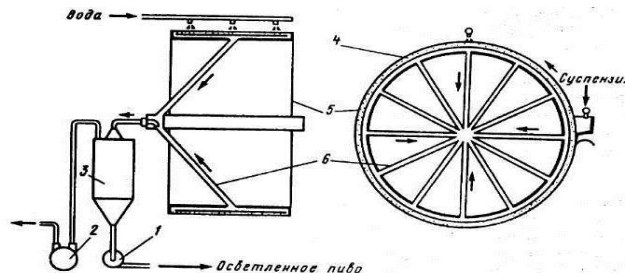


Рисунок 5.7 – Барабанный вакуум-фильтр:
 1 – насос для фильтрата; 2 – вакуум-насос; 3 – пеногаситель;
 4 – фильтровальный элемент; 5 – барабан; 6 – труба для фильтрата

Содержание сухих веществ в дрожжевой лепешке достигает 25...28 %. Обрызгивание подсыхающей лепешки водой способствует увеличению выхода пива примерно на 20 %.

Детали фильтра, находящиеся в контакте с фильтрующей средой, выполнены из нержавеющей стали. Все детали фильтра легко очищаются.

Схема фильтровальной установки с барабанным вакуум-фильтром по-

казана на рисунок 5.9. Суспензия подается в корыто фильтра, где установлена качающаяся мешалка, препятствующая сепарации крупных твердых частиц большой плотности. При погружении 30 % поверхности барабана в суспензию он подключается к вакуумнасосу. Фильтрат и промывная жидкость собираются в сборниках 3, где от них отделяется воздух, поступивший в фильтр во время обезвоживания и промывки осадка, и затем откачиваются насосами.

Дисковые фильтры (рисунок 5.8) применяют для разделения тонкодисперсных суспензий; они работают под давлением с намывным слоем вспомогательного вещества. Дисковый фильтр представляет собой вертикальную емкость с обогреваемой рубашкой. Внутри фильтра на полый вал 6 насажены дисковые металлические перфорированные фильтровальные элементы 1.5. На диски натягивают полипропиленовую или другую фильтровальную ткань, закрепляемую хомутами. Рабочее давление в фильтре достигает 0,5 МПа, в рубашке – 0,3 МПа.

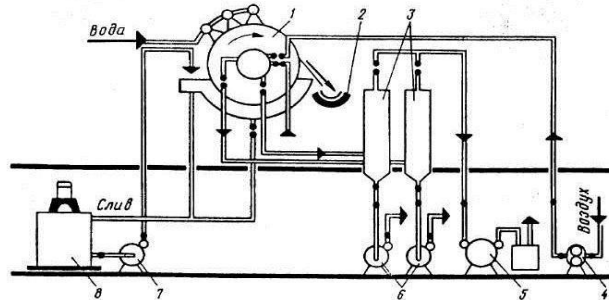


Рисунок 5.8 – Схема фильтровальной установки:

- 1 – барабанный вакуум-фильтр; 2 – приемник осадка; 3 – сборники фильтрата и промывной жидкости;
4 – воздуходувка; 5 – вакуум-насос; 6 – насосы для отбора фильтрата и промывной жидкости;
7 – насос для суспензии; 8 – ёмкость для суспензии

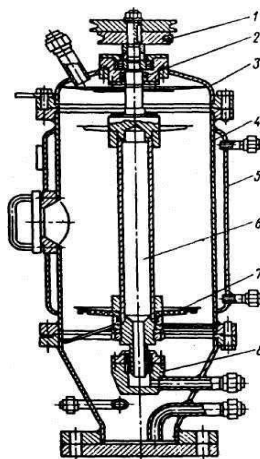


Рисунок 5.9 – Дисковый фильтр:

- 1 – шкив; 2 - сальниковое уплотнение; 3 – крышка; 4 - корпус фильтра; 5 – рубашка;
6 – вал; 7 - фильтровальный элемент; 8 – подпятник

В дисковых фильтрах предусмотрен центробежный сброс подсушенного осадка. Полый вал вместе с фильтровальными дисками приводится во вращение электро- и гидродвигателем. Частота вращения вала достигает 250 мин^{-1} . Вал имеет сальниковые тефлоновые уплотнения.

Перед фильтрованием на фильтровальные элементы намывают слой вспомогательного вещества, суспензия которого готовится в суспензаторе. Готовая суспензия прокачивается насосом через фильтровальные элементы до образования намывного слоя толщиной 15...30 мм. Фильтрат из дисков через отверстия в полом вала поступает внутрь вала и выводится из фильтра в суспензатор. Аналогичным образом проводится фильтрование суспензии. После окончания фильтрования осадок промывается обратным током фильтрата и подсушивается воздухом.

Ленточный фильтр (рисунок 5.10.) состоит из рамы, приводного и натяжного барабанов, между которыми натянута бесконечная перфорированная резиновая лента. Под ней расположены вакуум-камеры, соединенные в нижней части с коллекторами для отвода фильтрата и промывной жидкости. За счет вакуума лента прижимается к верхней части вакуум-камер. К резиновой ленте натяжными роликами 7 прижимается фильтровальная ткань, выполненная также в виде бесконечной ленты.

Суспензия подается на фильтровальную ткань из лотка 5. Фильтрат под вакуумом отсасывается в камеры и отводится через коллектор в сборник. Промывная жидкость подается через форсунки 2 на образовавшийся осадок и отсасывается в камеры, из которых через коллектор 9 отводится в сборник.

На приводном барабане фильтрующая ткань отделяется от резиновой ленты и огибает направляющий ролик. При этом осадок соскальзывает с фильтровальной ткани и падает в сборник осадка.

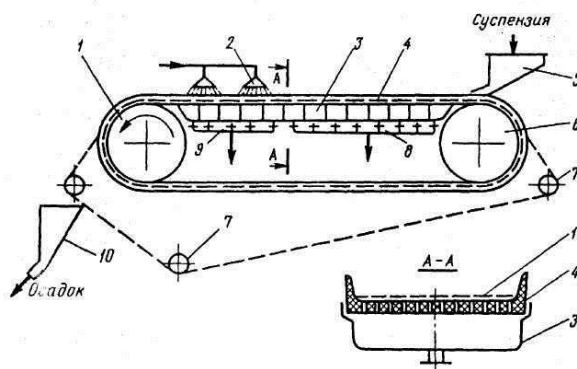


Рисунок 5.10 – Ленточный вакуум-фильтр:

1 – приводной барабан; 2 – форсунка; 3 – вакуум-камера; 4 – резиновая лента; 5 – лоток; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжные ролики; 8 – коллектор для отвода фильтрата; 9 – коллектор для отвода промывной жидкости; 10 – сборник осадка; 11 – фильтровальная ткань

При прохождении фильтровальной ткани между роликами 7 она промывается, просушивается и очищается.

Фильтрующие центрифуги периодического и непрерывного действия разделяются по расположению вала на вертикальные и горизонтальные, по способу выгрузки осадка – на центрифуги с ручной, гравитационной, пульсирующей и центробежной выгрузкой осадка. Главным отличием фильтрующих центрифуг от отстойных является то, что они имеют перфорированный барабан, обтянутый фильтровальной тканью.

В фильтрующей центрифуге периодического действия (рисунок 5.11.) суспензия загружается в барабан сверху. После загрузки суспензии барабан приводится во вращение. Суспензия под действием центробежной силы отбрасывается к внутренней стенке барабана. Жидкая дисперсионная фаза проходит через фильтровальную перегородку, а осадок выпадает на ней. Фильтрат по сливному патрубку направляется в сборник. Осадок после окончания цикла фильтрования выгружают вручную через крышку 3.

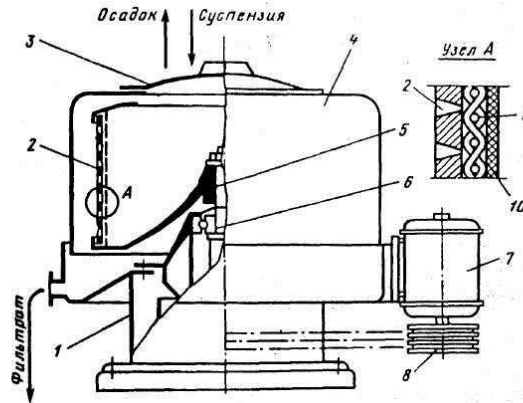


Рисунок 5.11 – Фильтрующая центрифуга периодического действия:
1 – станина; 2 – перфорированный барабан; 3 – крышка; 4 – кожух; 5 – ступица;
6 – подшипник; 7 – электродвигатель; 8 – шкив с ременной передачей;
9 – дренажная сетка; 10 – фильтрующая ткань

Конструкция фильтрующей центрифуги с перфорированным барабаном аналогична конструкции автоматической отстойной центрифуги с непрерывным ножевым съемом осадка.

В саморазгружающихся центрифугах (рисунок 5.12) осадок удаляется под действием гравитационной силы. Такие центрифуги выполняют с вертикальным валом, на котором располагается перфорированный барабан. Суспензия подается на загрузочный диск при вращении барабана с низкой частотой. Нижняя часть барабана имеет коническую форму, причем угол наклона делается большим, чем угол естественного откоса осадка. После окончания цикла фильтрования и остановки барабана осадок под действием гравитационной силы сползает со стенок барабана и удаляется из центрифуги через нижний люк.

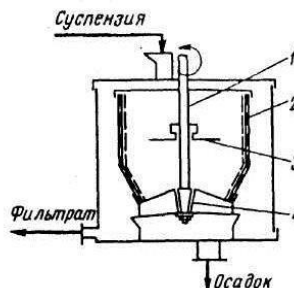


Рисунок 5.12 – Центрифуга с гравитационной выгрузкой осадка:
1 – вал; 2 – барабан; 3 – распределительный диск, 4 – упорная втулка

В непрерывно действующих фильтрующих центрифугах с пульсирующей выгрузкой осадка (рисунок 5.13) фильтрат из центрифуги выводится непрерывно, а осадок периодически выгружается из барабана пульсирую-

щим поршнем.

Поршень-толкатель перемещается в горизонтальном направлении в барабане с помощью штока, который находится внутри полого вала барабана. Шток вращается вместе с валом и совершает одновременно возвратно-поступательные движения (10... 16 ходов в минуту, длина каждого хода составляет примерно 0,1 длины барабана).

Сервомеханизм автоматически изменяет направление движения поршня.

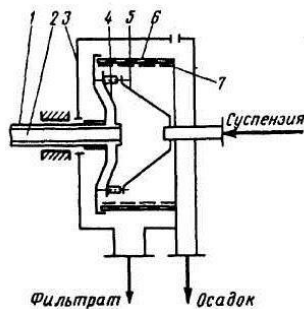


Рисунок 5.13 – Центрифуга непрерывного действия с пульсирующей выгрузкой осадка:

1 – полый вал; 2 – шток; 3 – корпус; 4 - поршень – толкатель; 5 – приемный конус;
6 – барабан; 7 – сито

Суспензия подводится по оси вала в приемный конус. В конусе имеются отверстия, по которым суспензия поступает в барабан. Внутренняя поверхность барабана покрыта фильтровальным ситом. Осадок, отложившийся на поверхности сита, промывается и перемещается поршнем к открытому концу барабана. Из барабана осадок выгружается в камеру для осадка.

Центрифуга непрерывного действия с центробежной выгрузкой осадка имеет конический перфорированный барабан, внутри которого вращается шнек со скоростью, несколько меньшей скорости вращения барабана. При вращении витки шнека снимают с барабана отложившийся осадок и перемещают его в нижнюю часть барабана, в камеру для осадка. Выгрузка осадка происходит под действием центробежной силы. При этом осадок не измельчается, его структура не изменяется, как, например, в центрифугах с ножевым срезом и выгрузкой осадка пульсирующим поршнем.

Контрольные вопросы: 1. Какое оборудование применяется для разделения неоднородных смесей? 2. Какое оборудование применяют для разделения неоднородных систем методом фильтрования? 3. Какие конструкции фильтров используют в пищевой промышленности? 4. Какие конструкции фильтрующих центрифуг применяют в пищевой промышленности? 5. Какие виды фильтрования вы знаете?

РАБОТА №6

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭКСТРАКТОРА.

Цель работы: Изучить эскиз и принцип действия ленточного экстрактора. Определить производительность, найти характеристики жмыха, поступающего в экстрактор.

Краткие теоретические сведения

Классификация экстракторов

Для того, чтобы оборудование для проведения экстрагирования в системе твердое тело - жидкость отвечало требованиям современного высокоэффективного производства (большая единичная мощность аппарата при низкой относительной металлоемкости, глубокое извлечение экстрагируемого вещества при минимальной длительности процесса и т. д.), оно должно обеспечивать протекание процесса в условиях, наиболее близких к противотоку при минимальных гидродинамическом сопротивлении относительно движению фаз, соотношении расхода масс экстрагента и твердых частиц, и суммарном внутреннем, и внешнем диффузионном сопротивлении.

Частицы, подвергаемые экстрагированию, весьма разнообразны по физическим свойствам (плотности, консистенции, упругости, собственной пористости, диффузионному сопротивлению и др.), форме и строению, причем эти свойства могут существенно изменяться в процессе. Велик и диапазон размеров частиц (от 10^{-6} м до 10^{-1} м). В связи с большим разнообразием физических свойств материалов, подвергающихся экстрагированию, размеров и форм частиц весьма многообразны и конструкции экстракторов.

Классификация их может быть основана на многих признаках. По режиму работу экстракторы делятся на периодические, полунепрерывные и непрерывные; по взаимному направлению движения экстрагента и твердых частиц - на противоточные, прямоточные, с периодическим процессом, процессом полного (идеального) смешения, процессом в слое и комбинированными процессами; по виду циркуляции - на экстракторы с однократным прохождением экстрагента, с рециркуляцией экстрагента и оросительные; по давлению в экстракторе - на атмосферные, вакуумные и работающие под давлением; по свойствам твердых частиц, участвующих в процессе, - на экстракторы для крупнозернистых, мелкозернистых, тонкодисперсных, пастообразных, волокнистых и других материалов.

Конструктивно основные типы экстракторов классифицируются по неоднородным признакам: по виду корпуса аппарата - колонные и камерные; по виду транспортного органа - шнековые, лопастные, щепные, ковшовые, ротационные, ленточные; по расположению корпуса аппарата - горизонтальные, вертикальные и наклонные.

По гидродинамическому характеру процесса, протекающего в аппарате, экстракторы делятся на аппараты с неподвижным слоем твердых частиц,

движущимся слоем и кипящим (взвешенным) слоем.

В название аппарата обычно входит один из перечисленных выше признаков, хотя в его конструкции имеются и другие важные конструктивные признаки, поэтому обычно название аппарата далеко не полно характеризует его основные конструктивные особенности. Наиболее общая классификация экстракторов по конструктивному принципу включает такие их типы: колонные, ротационные, шнековые (двухшнековые наклонные), оросительные, аппараты с кипящим слоем, камерные и батарейные.

ЭКСТРАКТОРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО И ПОЛУПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Экстракторы периодического и полупериодического действия относятся к несовершенному виду оборудования. Тем не менее во многих отраслях металлургической, химической, целлюлозно-бумажной, фармацевтической, пищевой и мясо - молочной промышленности они до сих пор имеют достаточно широкое распространение. Если для некоторых категорий получаемых экстрактов и настоев в отдельных отраслях фармацевтической, пищевой и мясо - молочной промышленности, где производятся небольшие партии продукции весьма многочисленных наименований, применение периодической аппаратуры можно считать оправданным, то для большинства перечисленных производств вопрос о переходе к непрерывно действующим аппаратам с режимом интенсивного массообмена между фазами является исключительно актуальным.

В качестве основных типов экстракторов периодического действия получили распространение камерные аппараты (реакторы) с механическим, пневматическим и пневмомеханическим перемешиванием, а также настоячные чаны с неподвижным слоем твердых частиц с циркуляцией (перколяторы) и без циркуляции экстрагента.

Камерные аппараты (реакторы) обычно представляют собой сосуды цилиндрической формы с плоским или коническим днищем, выполненные из обычной или нержавеющей стали и покрытые внутри (если экстрагент представляет собой агрессивную среду) слоем или несколькими слоями кислотоупорного материала.

При центральном аэролифте пульпа (смесь твердых частиц и экстрагента) сгребается мешалкой к центральной трубе, в которую подается воздух, поднимается по трубе вверх, вследствие меньшей плотности жидкости, содержащей воздушные пузыри, и растекается сверху по желобам к периферии аппарата. Затем частицы оседают на дно и вновь сгребаются к центру аппарата. Мешалка делает 2--4 об/мин.

В реакторах с периферическими аэролифтами воздух подается по трубкам 1 внутрь труб 2, отсюда пульпа попадает в центральную трубу 3 и затем на мешалку 4, с помощью которой разбрасывается по сечению аппарата и вновь попадает в центральную трубу.

Аппараты подобного типа имеют обычно высоту от 2 до 4,5 м и соответственно диаметр от 2 до 9 м.

Процесс в таких аппаратах протекает как периодический или, при соединении нескольких подобных аппаратов в виде каскада реакторов, как приближающийся к проточному.

Процесс в таких аппаратах протекает мало интенсивно, поскольку перемешивание происходит с очень небольшой скоростью и имеются условия для образования сгустков твердых частиц, в которые экстрагент мало или почти не проникает. Весьма медленным является и последующий процесс разделения твердых частиц и экстрагента. Кроме того, этим аппаратом свойственны все отмеченные выше недостатки периодического (замкнутого) и проточного процессов и известные недостатки периодического процесса вообще.

Экстрагирование в неподвижном (плотном) слое частиц жидкостью, фильтрующейся через этот слой, производят в аппаратах, которые носят название диффузоров, или перколяторов. Конструктивно такие аппараты представляют собой сосуд цилиндрической, конической или прямоугольной формы, имеющий в нижней части ложное перфорированное днище. Циркуляция экстрагента, фильтрующегося через слой, обеспечивается насосом. Больших размеров для пищевой и фармацевтической промышленности выполняют с мешалками. Процесс экстрагирования в этих аппаратах является периодическим.

Аппараты малых объемов для экстрагирования в плотном слое располагаются обычно вертикально и имеют комбинированную форму: в основной своей части - цилиндрическую и с одного или обоих концов - форму усеченного конуса. Верхнее отверстие служит для загрузки аппарата твердыми частицами, нижнее - для выгрузки. К этим отверстиям плотно прижимаются крышки с помощью специального механического или гидравлического устройства.

Разделительное сито может находиться над нижней или под верхней крышками диффузора.

Последовательное соединение группы из 4 - 16 таких аппаратов позволяет проводить процесс полупериодически. При этом он может протекать по двум схемам.

1. Определенный период времени во всех аппаратах жидкость неподвижна, затем происходит продвижение экстрагента из аппарата в аппарат. Такой процесс должен рассматриваться как комбинированный проточно-противоточный процесс, и число необходимых аппаратов или конечные параметры процесса должно рассчитываться по алгоритму.

2. После подключения очередного диффузора, со свежим материалом сразу же начинается движение экстрагента, которое прерывается только на период подключения очередного аппарата. В этом случае процесс приближается к противоточному.

Группа последовательно соединенных аппаратов носит название батареи. Для поддержания соответствующего температурного режима между

каждой парой диффузоров может устанавливаться теплообменник.

Замкнутая система коммуникаций позволяет периодически отключать один из аппаратов от циркуляционной системы, освобождать его полностью истощенного материала и заполнять свежим. После этого аппарат вновь включается в систему циркуляции и в него поступает наиболее обогащенный экстрагент, прошедший через все остальные $n - 1$ или $n - 2$ аппарата, и отключается следующий: аппарат, в который до этого поступал чистый растворитель. Чем больше число аппаратов, тем ближе процесс к непрерывному. Главным недостатком батарейных аппаратов, которые еще широко применяются в целлюлозно-бумажной, легкой, фармацевтической, пищевой и других областях промышленности, является большая затрата ручного труда при их эксплуатации, значительные потери экстрагируемого вещества (частицы нередко выгружаются вместе с последними порциями растворителя, поступившего в аппарат), большая металлоемкость и трудность регулирования процессов, невозможность его механизации и автоматизации. Достоинством этого аппарата является то, что неподвижно лежащий в нем слой частиц не разрушается в процессе экстрагирования; это во многих случаях обеспечивает улучшение гидродинамических условий процесса и более высокое качество экстракта, а также возможность осуществить любой температурный режим, поскольку экстрагент переходит из одного аппарата в другой через теплообменник.

Применение единичных аппаратов этого типа целесообразно для проведения экстрагирования настаиванием в тех случаях, когда процесс протекает особенно длительно или экстрактивные вещества получают в малых количествах, но очень многих наименований.

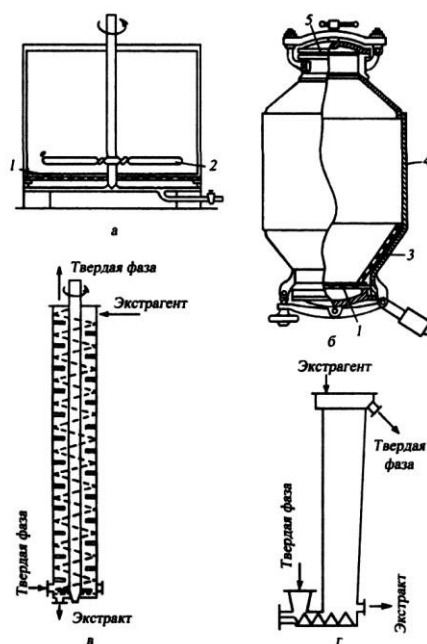


Рисунок 6.1 – Экстракционные аппараты:

а – экстрактор периодического действия с мешалкой; б – диффузор (перколятор);
 в – колонный аппарат со шнековым транспортером; г – колонный аппарат без транспортного устройства; 1, 3 – ложное дно; 2 – мешалка; 4 – корпус; 5 – крышка.

ЭКСТРАКТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Экстракторы непрерывного действия по сравнению с периодическими и полупериодическими кроме общеизвестных преимуществ любого непрерывного процесса перед периодическим (полное исключение затрат ручного труда, возможность автоматизации процесса, создание единичного аппарата большой производительности, равномерность потребления энергии и сырья и др.) имеют и такое важное преимущество, как улучшение массообменных характеристик процесса и, в частности, увеличение коэффициента массоотдачи от поверхности частиц к экстрагенту. Однако аппараты непрерывного действия имеют и ряд недостатков, главные из которых состоят в продолжном перемешивании экстрагента и твердых частиц, значительном разрушении последних, неравномерности протекания процесса.

Создание совершенного непрерывно действующего экстрактора большой единичной мощности может быть осуществлено только путем устранения всех этих важнейших недостатков аппарата.

Наиболее широко распространенной группой аппаратов непрерывного действия являются колонные. Эти аппараты по конструктивным признакам делятся на одноколонные и многоколонные, по расположению основного корпуса (корпусов) - на вертикальные, горизонтальные и наклонные, а по виду транспортного органа - на лопастные, шнековые и цепные.

Одноколонный аппарат может иметь лопасти 3, винтожным образом расположенные на вертикальном полем валу 2, и контрлопасти 4, закрепленные на корпусе аппарата 1 между лопастями и препятствующие вращению массы твердых частиц вместе с валом. Транспортный орган колонного аппарата в некоторых случаях представляет собой отдельные витки, в промежутке между которыми также находятся контрлапы. При значительном отличии от плотности твердых частиц от плотности экстрагента колонный аппарат может вообще не иметь основного транспортного органа. Сложной является система подачи твердых частиц в аппарат. Она обеспечивается специальным насосом (рис. 6.1, а и б), однако при этом требуется значительное обогащение жидкостью смеси твердых частиц с экстрагентом. Смесь подается в колонну над разделительным ситом 5. Отделяющийся этим ситом экстрагент частично идет на дальнейшую переработку (выпаривание, очистку), но большая его часть попадает в смеситель для образования смеси с твердыми частицами, направляющимися в аппарат. Необходимость отделения на сите 5 значительного количества жидкости создает тяжелый гидродинамический режим в этой зоне аппарата. Твердые частицы могут подаваться: в колонный аппарат специальным шнеком. При обоих способах подачи частиц в аппарат происходит значительное их разрушение, которое может существенно ухудшить массообмен в аппарате. В одноколонном аппарате дробление твердых частиц; имеет место и при их дальнейшей транспортировке - это ухудшает гидродинамические условия в процессе. В аппаратах этого типа трудно осуществить подвод тепла, который во многих случаях необходим

в процессе экстрагирования.

Достоинства одноколонного аппарата, которые можно отнести почти ко всем аппаратам колонного типа, состоят в том, что процесс в них протекает противоточно и непрерывно, вся масса частиц постоянно находится в жидкой фазе. Такие аппараты занимают малые площади, обладают, как правило, малой металлоемкостью (все внутреннее пространство аппарата используется полезно).

Для определения условий массообмена в экстракторе снимаются экстракционные кривые, для чего экспериментально устанавливаются концентрации экстрагируемого вещества в твердых частицах: и в жидкости в пробах, отобранных в ряде точек по длине аппарата. По известным, таким образом, концентрациям на каждом интервале - аппарата между точками «отбора проб, размеру частиц, времени пребывания частиц на интервале, коэффициенту диффузии (который может быть измерен для каждого интервала в лабораторных условиях) коэффициент массоотдачи для этого интервала вычисляется с помощью алгоритма обратного интервально-итерационного расчета; так, например, в случае использования номограмм необходимо вычислить отношение избыточных концентраций на концах интервалов (Z), определить величину критерия Фурье для интервалов (по известным коэффициенту диффузии, размеру частицы и времени пребывания частицы на интервале) и, зная q - соотношение расхода масс, по номограмме найти величину критерия Био.

Такое распределение величины массоотдачи можно объяснить следующим образом. В нижней части аппарата происходит некоторое уплотнение слоя твердых частиц, связанное с отделением экстрагента, удаляемого из колонны, и в связи с этим ухудшение гидродинамических условий обтекания частиц экстракционной жидкостью.

В средней зоне аппарата обычно устанавливается оптимальная гидродинамическая обстановка процесса. Смесь твердых частиц с экстрагентом хорошо перемешивается транспортирующим устройством и равномерно распределяется по сечению аппарата, чего не наблюдается в нижней его части. Величина массоотдачи на этом участке аппарата должна достичь своего максимума.

В верхней части аппарата, где частицы значительно раздроблены, наблюдается их слеживание, образуются отдельные сгустки частиц или «комки», внутрь которых поток жидкости не попадает. Аналогичное явление имеет место в случаях даже гораздо более интенсивного взаимодействия твердой и жидкой фаз.

Одновременно начинает сказываться тормозящее влияние устройства для выгрузки твердой фазы. Удельная нагрузка в этой зоне увеличивается, что ухудшает гидродинамические условия процесса экстракции.

Увеличение размера частиц в колонном аппарате, как и в других типах экстракторов, приводит к улучшению массообмена между частицами и экстрагентом.

Повышение соотношения расхода масс на большей части высоты аппарата ухудшает массообмен, так как под влиянием возрастающего потока жидкости частицы прижимаются с большей силой к транспортному органу, их слой уплотняется, что приводит к ухудшению гидродинамических условий в слое, уменьшению активной поверхности частиц.

Несколько разновидностей одноколонных экстракторов, предназначенных главным образом для переработки мелкораздробленных (порошковых) материалов, имеющих плотность, существенно отличную от плотности экстрагента, по конструкции приближается к колонным аппаратам для экстракции в системе жидкость-жидкость. Основным контактным устройством таких экстракторов являются тарелки. Экстракторы данного типа, как и жидкостные, могут иметь перемешивающие, вибрационные и пульсирующие устройства. Из многообразных конструкций многоколонных аппаратов в промышленности получили распространение двухколонный аппарат с шнековым транспортным органом, двухколонный аппарат с цепным транспортным органом, трехколонный аппарат со шнековыми транспортерами, многоколонный вертикальный аппарат с цепным транспортным органом.

В каждой из трех колонн вертикального шнекового экстрактора загрузочной 1, горизонтальной 2 и экстракционной 3 - находятся шнеки. Шнек 4 загрузочной колонны и шнек 5 экстракционной колонны подвешены с помощью вала на упорных подшипниках. В верхней части загрузочной колонны имеется цилиндрическое сито 6 для отделения экстракта, уходящего из аппарата, от твердых частиц.

Экстракторы этого типа получили распространение в химической, фармацевтической и пищевой промышленности.

Достоинствами вертикального шнекового экстрактора являются небольшие площадь и объем здания, занимаемого аппаратом, малая металлоемкость, хорошее использование всего объема аппарата, относительная простота конструкции и легкость обслуживания, а недостатками -- сильное дробление материала, запрессовка некоторых видов сырья (особенно, растительного), закручивание твердого материала вместе со шнеками.

Интенсивность массообмена по длине аппарата значительно изменяется и имеет следующие особенности: в загрузочной (А) колонне экстрактора коэффициент массоотдачи убывает, в горизонтальной (В) - несколько увеличивается, а в экстракционной (В) после незначительного убывания резко возрастает. Такой характер изменения коэффициента массоотдачи по высоте экстрактора объясняется следующим образом. В начале загрузочной колонны экстрагент имеет наибольшую концентрацию и соответственно большую вязкость. По направлению к горизонтальной колонне концентрация экстрагента уменьшается, что создает условия для увеличения коэффициента массоотдачи. Однако разрушаемость частиц, взаимная блокировка поверхности частицами ведет к ухудшению условий омывания их жидкостью.

Увеличение значений коэффициента массоотдачи в горизонтальной колонне также можно объяснить повышением относительной скорости дви-

жения экстракционной жидкости в этой части аппарата.

При переходе частиц из горизонтальной колонны в экстракционную величина коэффициента массоотдачи уменьшается, затем она увеличивается в экстракционной колонне.

В заключение отметим, что массообмен в аппаратах этого типа протекает недостаточно эффективно.

Двухколонный аппарат с цепным транспортным органом имеет в нижней части переходной округленный участок /, соединяющий вертикальные колонны 2. Все части корпуса в сечении представляют собой прямоугольник. Внутри корпуса по направляющим движутся две роликовые цепи S, к которым прикреплены на определенном расстоянии (0,5-0,6 м) прямоугольные рамки, 4 с натянутыми на них цепями. Цепи приводятся в движение барабаном 5 от привода, имеющего электродвигатель.

Частицы твердого, материала располагаются между рамками, поэтому при движении они не деформируются. В этом большое достоинство аппарата. В вертикальной загрузочной колонне условия процесса особенно благоприятны, так как слой частиц на рамке расположен равномерно. Однако при прохождении через дуговую часть корпуса, материал смещается относительно рамки, что дает возможность экстрагенту проходить над слоем твердых частиц. Неравномерное распределение материала остается на рамках и в экстракционной колонне, поэтому жидкость проходит в той части, где слой материала меньше, а основная масса его омывается экстрагентом гораздо хуже.

В результате этого массообменные характеристики аппарата весьма похожи на показанные выше характеристики для трехколонного шнекового аппарата.

Многоколонные аппараты с цепным транспортным органом 2 во многом аналогичны двухколонным с цепным транспортным органом. Твердые частицы небольшими слоями лежат на сетках 1, что создает благоприятные условия для осуществления противотока, при этом частицы не подвергаются разрушению. Легко осуществлять заданный температурный режим по аппарату, так как малое сечение аппарата позволяет хорошо его нагреть через стенки корпуса. Однако такие аппараты сложны в эксплуатации, занимают большой объем и площади помещений по сравнению с одноколонными. Кроме того, после перехода из одной колонны в другую равномерность расположения слоя части на сетке меняется, что несколько нарушает гидродинамический режим взаимодействия жидкой и твердой фаз.

Особенно высокие значения коэффициента массоотдачи в первой вертикальной колонне. Действительно, на этом участке создаются наиболее благоприятные гидродинамические условия процесса - частицы равномерно заполняют межсетчатые пространства. Равномерное движение экстрагента в этой колонне способствует хорошему отводу тепла от греющей поверхности и быстрому нагреванию всей массы вещества в колонне.

В других вертикальных участках аппарата коэффициент массоотдачи

хотя и выше, чем на смежных, но значительно ниже, чем в первой колонне. Связано это главным образом с тем, что во все последующие вертикальные участки частицы поступают после сжатия и смещения в переходных коленах. Следовательно, в этих вертикальных участках частицы расположены на сетках неравномерно и омываются экстрагентом значительно хуже, чем в первой колонне.

Ротационные аппараты бывают в основном двух видов: аппараты, корпус которых вращается вокруг горизонтальной оси - барабанного типа и аппараты, корпус которых вращается вокруг вертикальной оси - карусельного типа.

Ротационный аппарат с вертикальной осью вращения (оросительный):

Ротационные аппараты барабанного типа имеют цилиндрический корпус, вращающийся на катках. Внутренняя полость аппарата по всей его длине разделена по диаметру дырчатой перегородкой 2. На внутренней поверхности корпуса расположены винтовые перегородки 2, не доходящие до центра аппарата. В центральной части аппарата находятся наклонные перегородки 3 (рис. 6.14, б), соединяющие между собой винтовые перегородки соседних витков. Аппарат заполнен смесью частиц и жидкостью только до уровня наклонных перегородок (примерно $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ объема). При вращении барабана экстрагент, находящийся всегда в нижней части аппарата между сплошными винтовыми витками, перемещается вдоль аппарата, а твердые частицы увлекаются дырчатой перегородкой 2, отделяются на ней от жидкости и после определенного угла поворота барабана по наклонным перегородкам 3 сползают в полость между соседними витками и, таким образом, перемещаются по аппарату в противоположном направлении.

Процесс экстрагирования в каждом промежутке между витками (камере) протекает прямоточно, а переход между камерами осуществляется по принципу противотока, т. е. имеет место комбинированный процесс. Транспортная система аппарата проста, и деформация твердых частиц не происходит.

Главным недостатком аппаратов этого типа является очень низкий коэффициент использования объема и трудность поддержания необходимого температурного режима по его длине.

В аппаратах ротационного типа коэффициент массоотдачи с увеличением размера частиц возрастает более значительно, чем в аппаратах других типов. Это связано с особенностями процесса в ротационных аппаратах, где масса частиц разделена на независимые слои, не сжимаемые общим потоком жидкости. Пористость такого слоя в большей степени зависит от размера частиц.

Увеличение соотношения расхода масс твердых частиц и экстрагента не приводит к сильному сжатию частиц, так как масса частиц разделена на независимые слои, поэтому обнаружена прямая пропорциональность между соотношением расхода масс и коэффициентом массоотдачи.

Ротационные экстракторы карусельного типа выполнены в виде ци-

линдра, высота которого примерно вдвое меньше диаметра. Вращающийся в корпусе ротор разделен радиальными перегородками на 12-18 секций. Днище либо является сетчатым и вращается вместе с ротором, тогда каждый сектор днища присоединяется к ротору на шарнирах и может в нужный момент откидываться для выгрузки твердых частиц, либо днище неподвижное сплошное и имеет окно для выгрузки. В последнем случае обод и перегородки ротора плотно прижаты к днищу и при вращении ротора трутся о днище (так же, как и нижний слой частиц, загружающих каждую секцию). Под каждым сектором имеется сборник экстрагента и насос, откачивающий жидкость из данного сектора, над сектором - орошающее устройство. Собранная под сектором жидкость направляется насосом на орошение соседнего сектора (в направлении, противоположном вращению ротора). Таким образом, достигается противоток между твердыми частицами и экстрагентом. Следовательно, карусельный экстрактор является одновременно и оросительным.

Главными достоинствами карусельных экстракторов являются: соблюдение противотока между фазами, весьма малая степень разрушения частиц в процессе экстрагирования хорошее использование объема аппарата, относительная простота конструкции. Недостаток этих экстракторов -- неравномерность процесса, так как в условиях неподвижного слоя жидкость не одинаково проникает в поры по всему объему материала и в процессе участвует не вся действительная поверхность частиц. При орошении * жидкость движется в слое с малой скоростью. Это тоже отрицательно влияет на массообмен. Наконец, процесс в таких аппаратах не является строго непрерывным, поскольку пока идет выгрузка материала из одной секции и загрузка в другую (иногда стекания жидкости из третьей) ротор находится в неподвижном положении.

Протекающий в аппарате этого типа процесс в известной мере приближается к процессу в батарейных аппаратах, однако экстрактор намного компактнее батарейного.

Оросительные экстракторы относятся к типу аппаратов, в которых не вся масса твердых частиц находится в постоянном контакте с жидкостью. Однако это не должно рассматриваться как недостаток, так как жидкость, движущаяся по поверхности твердого тела в виде пленки, в большей мере интенсифицирует процесс на границе раздела фаз, чем сплошная среда.

Главным недостатком этого способа взаимодействия жидкости и твердых частиц является то, что на протяжении определенного участка длины аппарата жидкость имеет одинаковую концентрацию, что приводит к известному нарушению принципа противотока.

В случае большого количества таких участков и небольшой длины каждого из них процесс может рассматриваться как комбинированный (полное смешение на каждой ступени и противоток при переходе от ступени к ступени) либо с большим приближением как чисто противоточный.

По конструктивному принципу оросительные аппараты делятся на

ленточные, ковшовые и шнековые. В свою очередь ковшовые аппараты разделяются на вертикальные и горизонтальные.

Ленточный экстрактор имеет стальной корпус 1. Внутри корпуса расположен ленточный транспортер 4, пластины которого прикреплены к двум цепям, приводящимся в движение звездочками 3. Пластины имеют ребра жесткости, на которые укладываются перфорированные листы.

Материал, поступающий в аппарат через бункер 2, движется слоем высотой 0,6-1,2 м по верхней ветви транспортера. Над слоем материала расположены распылители 7, обеспечивающие равномерное распределение растворителя над слоем материала. Под лентой установлены воронки б, в которые попадает мисцелла после того, как она прошла через слой материала. Число воронок равно числу ступеней экстрагирования. Из каждой воронки жидкость попадает в соответствующий центробежный насос б, который подает экстрагент в определенный распылитель. При этом жидкость обычно направляется не на тот участок, под которым она собрана, а на смежный, расположенный в направлении, противоположном движению ленты, вследствие чего обеспечивается переход жидкости от ступени к ступени по принципу противотока. Частицы лежат небольшим слоем и мало деформируются. Процесс в аппарате протекает по сложной схеме: поперечный ток на каждом участке (в сущности, процесс, полного смешения) и противоток при переходе от участка к участку. Конструкция - сложная, металлоемкая, не обеспечивающая хорошего использования объема аппарата. Ремонт и обслуживание аппарата трудоемки.

Вертикальный ковшовый экстрактор имеет стальной корпус 7, в верхней части которого расположен дозатор твердого материала 2. Внутри корпуса расположена бесконечная цепь, одетая на звездочки 3. К цепи прикреплены ковши 4 с твердым материалом для экстрагирования. С торцевых сторон ковша имеются карманы, в которые подается чистый растворитель 5 или экстрагент 6.

Карманы соединены между собой трубками с отверстиями, через которые подаваемые форсунками жидкости поступают на орошение материала в расположенные ниже ковши. Днище ковша представляет собой рамку с густой проволочной сеткой, расположенную над оросительными трубками.

В верхней части транспортера имеется специальный опрокидывающий механизм, который переворачивает и стряхивает ковш над бункером для приемки шрота.

Материал загружается сверху, в верхний ковш спускающегося ряда и орошается с помощью форсунок и трубок в ковше растворителем, частично обогащенным экстрагирующим веществом, после прохождения через поднимающийся ряд ковшей. Проходя через частицы в ковше и дырчатое дно, экстрагент поступает в следующий ковш. Таким образом, в опускающемся ряду ковшей имеет место прямоточный процесс. Верхние ковши поднимающегося ряда орошаются таким же образом, как и опускающийся ряд, но чистым растворителем; следовательно, в этом ряду имеет место противоточ-

ный процесс. Жидкость, прошедшая через последний ковш этого ряда, собирается на дне аппарата и направляется в верхний ковш опускающегося ряда.

Горизонтальные ковшовые экстракторы работают по тому же принципу, что и ленточные: группа ковшей одновременно орошается жидкостью, которая собирается под ковшами и направляется на орошение соседней группы ковшей, расположенной в направлении, противоположном движению транспортера.

В отличие от ленточного экстрактора, в ковшовом горизонтальном экстракторе используются обе его ветви.

Хотя ковшовые экстракторы и более производительны, чем ленточные, они обладают теми же недостатками: нарушение противотока, большие габариты, плохое использование объема аппарата.

Оросительный экстрактор с шнековым транспортным органом значительно менее металлоемок, чем рассмотренные выше оросительные экстракторы. Двухшнековый наклонный аппарат представляет собой корытообразный наклонно установленный корпус с рубашками на внешней поверхности для обогрева паром. Внутри корпуса*имеющего в поперечном сечении сообразную форму, расположены два вращающиеся навстречу друг другу шнека, опирающиеся на ряд равномерно расположенных по длине аппарата подшипников, они частично заходят один в другой, чем предотвращается вращение частиц вместе со шнеками. Перед нижней торцевой стенкой аппарата находится сито, которое вместе со стенкой образует камеру для отделения экстрагента. Сито очищается вращающимися скребками. Над головной частью аппарата находится приемный бункер, одна из стенок которого является продолжением нижней торцевой стенки аппарата. Шнеки приводятся во вращение двумя специальными приводами, установленными у нижней и верхней торцевых стенок аппарата. Для удаления частиц из аппарата в верхней его части имеется колесо с черпаками. Растворитель подается в аппарат специальными поворотными патрубками с соплами в верхней части аппарата над последними витками шнеков.

Двухшнековые аппараты по характеру перемешивания фаз, возможностям продольного перемешивания и типу интегральной кривой выхода твердых частиц из аппарата наиболее близки к экстракторам колонного типа.

Главная из этих конструктивных особенностей состоит в том, что аппарат разделен на пять однотипных секций, на стыке которых установлены подшипники, служащие опорой для валов транспортирующих органов. Рамы, поддерживающие подшипники, играют роль контр-лап, а транспортный орган (его витки) имеет в местах установки подшипников разрывы, так что концы витков играют роль, близкую к роли лап в колонных аппаратах.

Характер движения экстрагируемых частиц и экстрагента внутри каждой секции и на стыке секций, где возникает возможность более энергичного перемешивания фаз, имеет, таким образом, существенные отличия.

Максимумы интенсивности массообмена приходятся на участки,

наиболее близко расположенные к местам разрыва витков транспортирующего органа.

В средней части каждой секции аппарата, гщ частицы менее интенсивно перемешиваются, величина коэффициентов массоотдачи имеет наименьшее значение.

В уменьшении общей интенсивности массообмена в хвостовой части экстрактора, наряду с факторами, связанными с изменением свойств экстрагируемых частиц, определенное значение имеет дополнительное разрушение частиц, вызванное интенсивным перемешиванием на стыке секций аппарата, которое ухудшает гидродинамические условия процесса. Двухшнековые наклонные аппараты имеют наименьшую из всех широко применяемых в промышленности типов экстракторов металлоемкость, занимают наименьший объем здания, имеют меньший расход энергии и меньшую стоимость всей установки по сравнению с другими аппаратами такой же производительности. Конструкция их достаточно проста и доступна для эксплуатации и ремонта. Недостатками аппаратов этого типа является рециркуляция частиц и экстрагента по длине аппарата, значительное дробление твердых частиц и трудности в создании необходимого температурного режима в аппарате (особенно, в аппаратах больших размеров).

Существует несколько видов экстракторов, которые невозможно причислить ни к одной из основных рассмотренных групп аппаратов. Это, например, отстойносмесительные экстракторы для переработки тонкодисперсных частиц, приближающиеся к подобным аппаратам для системы жидкость-жидкость, разного типа секционные аппараты, в которых имеет место интенсивное перемешивание фаз, а затем их разделение для передачи в соседнюю секцию. В аппаратах такого типа широко используются различные методы интенсификации массообмена между фазами (перемешивание, пульсации, низкочастотные механические колебания, кипящий слой). Следует, однако, иметь в виду, что нарушение противотока в каждой секции такого аппарата при значительных величинах критерия Фурье может привести к ухудшению всех показателей процесса, несмотря на то, что в каждой секции массообмен будет весьма эффективен.

Достоинство этого аппарата заключается в возможности проводить экстрагирование из частиц малых размеров или значительно деформированных частиц при больших значениях коэффициента массоотдачи, т. е. значительно интенсифицировать процесс, легко поддерживать необходимый температурный режим в аппарате. Когда температура кипения выше, чем допустимая по технологическим соображениям, процесс необходимо проводить под вакуумом. В этом случае требуется специальное устройство для загрузки и выгрузки из аппарата частиц твердого материала (турникет или мешалка и насос для нагнетания и удаления смеси твердых частиц и экстрагента).

В таких аппаратах имеет место нарушение противотока - в промежутке между витками происходит полное смешение.

Многочисленность конструкций экстракторов связана с большим раз-

нообразии видов сырья, перерабатываемого в этих аппаратах. Если, например, твердые частицы легко разрушаются в процессе экстрагирования, то необходимо применять экстракторы оросительного типа; при частицах, мало упругих и склонных к слеживанию, предпочтительно применение многоколонных и двухшнековых аппаратов.

Определенное значение имеет и то, что ни одна из существующих конструкций экстракторов не отвечает всем требованиям, предъявленным к аппаратам этого типа: протекание строго противоточного процесса с малым внешним диффузионным сопротивлением при малых размерах частиц, минимальная металлоемкость, малые габаритные размеры аппарата, простота конструкции, доступность для эксплуатации и ремонта.

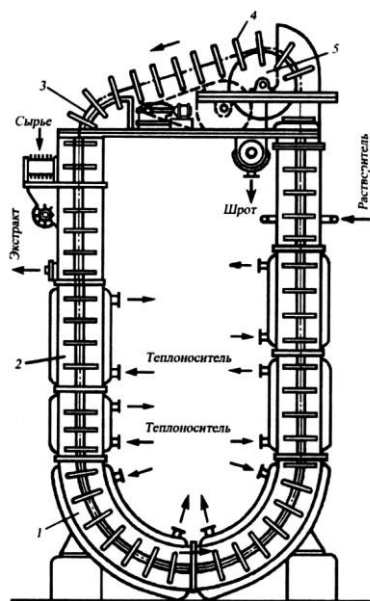


Рисунок 6.2 – Диффузионный аппарат непрерывного действия:

- 1 – круглый участок; 2 – вертикальная колонна;
- 3 – роликовая цепь; 4 – рамы;
- 5 – приводной барабан.

ОСНОВЫ ВЫБОРА И РАСЧЕТА ЖИДКОСТНЫХ ЭКСТРАКТОРОВ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

Жидкостная экстракция представляет собой процесс извлечения вещества, называемого целевым компонентом, из одной жидкой фазы в другую. Две взаимно нерастворимые жидкости и распределяемый между ними целевой компонент образуют экстракционную систему.

Существуют экстракционные системы двух типов:

- 1) органическая фаза - распределяемый "компонент- водная фаза;
- 2) органическая фаза-распределяемый компонент - органическая фаза. Распределяемыми (извлекаемыми) компонентами могут быть органические, неорганические вещества и комплексные соединения.

Таким образом, в процессе экстракции участвуют две жидкие фазы - экстрагент и исходный раствор. Получаемые после экстракции фазы называются экстрактом и рафинатом.

При экстракции веществ достигаются следующие цели:

- 1) избирательное извлечение вещества из исходного раствора;
- 2) разделение веществ, содержащихся в исходном растворе и получение их в чистом виде;
- 3) концентрирование извлекаемых веществ.

Экстрагент - это органический растворитель, экстрагирующий вещество из исходного раствора. В большинстве случаев жидкостная экстракция осложняется химической реакцией. В таких процессах ионы вещества или незаряженные частицы в исходном растворе первоначально вступают во взаимодействие с компонентами экстрагента, а затем продукты реакции растворяются в экстрагенте. Органический реагент, который входит в состав экстрагента (либо применяется как самостоятельная фаза) и образует с извлекаемым компонентом комплекс или соль, способные экстрагироваться, называется экстракционным реагентом. Для улучшения физических (плотность, вязкость) или экстракционных (например, избирательность) свойств экстрагента экстракционный реагент растворяют в инертном растворителе. Под инертностью растворителя подразумевается неспособность образовывать соединения с извлекаемым веществом.

Каждый экстрагент при экстрагировании определенного компонента (например, металла) имеет предельную емкость. При ее достижении экстрагент насыщается. Концентрация насыщения данного экстрагента (емкость) может быть определена после многократной обработки после многократной обработки в воронке нескольких свежих порций исходного раствора. Обработка проводится одной порцией экстрагента до тех пор, пока количество компонента в экстрагенте не станет постоянным. Значения предельной емкости для различных экстрагентов изменяются в широких пределах. На практике стараются избегать максимального насыщения экстрагента, так как с увеличением насыщения возрастает вязкость, что приводит к ухудшению показателей работы экстракционного оборудования.

Емкость экстрагента, измеряемая обычно в мг-экв извлекаемого вещества, приходящихся на единицу мольного объема или массы органической фазы, должна иметь возможно большую величину, так как в противном случае применение даже высокоселективного экстрагента может оказаться неэкономичным из-за необходимости иметь в системе большое количество экстрагента.

В экстракционных процессах жидкости после их смешения расслаиваются. В простых случаях расслоение определяется взаимной не растворимостью фаз и различием их физических СВОЙСТВ, однако иногда оно происходит в замкнутой области, поскольку вода имеет «полуую» структуру, в пустотах которой могут располагаться молекулы экстрагентов, образуя при этом соединения внедрения.

Наличие области расслоения - первое требование к экстрагенту. Практически не менее важна малая растворимость экстрагента в воде. Хорошее расслоение при малой растворимости обеспечивается наличием в молекуле экстрагента неполярной гидрофобной части - радикала, который чаще всего представлен углеводородными группами. Аналогичный эффект достигается введением в молекулу экстрагента длинной алкильной боковой цепи.

Добавка трибутилфосфата и других нейтральных фосфор-органических соединений или высокомолекулярных спиртов к органической

фазе снижает растворимость экстрагентов и в ряде случаев резко увеличивает коэффициенты распределения (так называемый синергетический эффект).

Необходимо учитывать, что в ряде случаев цена экстрагентов находится в пределах от 500 до 2500 руб. за 1 т, поэтому уже при потерях 100 мг/л (100 г/м^3) дорогие экстрагенты можно применять при концентрациях извлекаемого металла и несколько граммов на 1 л исходного раствора при тис металла, незначительно отличающейся от цены экстрагента. Следовательно, стоимость извлекаемого металла определяется минимальную концентрацию в водном растворе, при которой экстракция будет экономически выгодной.

Процессы экстракционного извлечения и разделения металлов идут, как правило, путем смешения органической и водной фаз с последующим их разделением. Чем больше разность плотностей органического и водного слоев и чем меньше вязкость экстрагента, тем легче (быстрее) идет их разделение. Поэтому обычно работают с разбавленными экстрагентами, используя в качестве разбавителей неполярные малоактивные и устойчивые жидкости: бензол, толуол, керосин и т. д. Иногда, наоборот, утяжеляют органический слой, используя в качестве разбавителя четыреххлористый углерод, хлороформ и т. д.

Межфазное натяжение на границе раздела должно быть достаточно высоким для ускорения коалесценции (соединения) несмешивающихся жидкостей при их отстаивании. Однако слишком большое межфазное натяжение приводит к увеличению энергии, затрачиваемой на создание дисперсии смеси, а жидкости с малым межфазным натяжением образуют стабильные эмульсии.

Существенное влияние на величину межфазного натяжения оказывают (как правило, снижая его) примеси, которые адсорбируются на поверхности раздела фаз - поверхностно-активные вещества (ПАВ), поэтому технические жидкости почти всегда обладают межфазным натяжением меньше стандартного.

Экстрагент должен быть стабильным, не изменяться под действием таких окислителей, как, например, азотная кислота, не полимеризоваться, не окисляться кислородом воздуха и не изменяться при многократном нагревании. Необходимо также принимать во внимание возможность гидролиза экстрагентов, который может привести к образованию коррозионно-активных соединений. Экстрагент должен иметь низкое давление насыщенных паров, что обеспечивает возможность проведения процесса в открытой аппаратуре. При этом уменьшаются его потери за счет испарения. В целях безопасности температура вспышки экстрагента должна быть достаточно высокой.

Реэкстракция представляет собой процесс обратного извлечения вещества из экстракта путем обработки специальным раствором, который называют реэкстрагентом, а получаемый продукт (чаще всего это раствор) - реэкстрактом. В качестве реэкстрагента используют воду, водные растворы, нерастворимые в экстрагенте органические вещества.

Реэкстракцию можно осуществлять одним из следующих способов:

- 1) промывка органической фазы;
- 2) осаждение металла непосредственно из органической фазы;
- 3) селективное извлечение компонента, если в органической фазе содержится несколько металлов.

При реэкстракции достигаются следующие цели:

- 1) выделение вещества из экстракта;
- 2) разделение веществ (избирательная реэкстракция);
- 3) концентрирование извлекаемых веществ;
- 4) регенерация экстрагента для повторного использования (в некоторых случаях для регенерации экстрагента принимают перегонку, при этом отгоняется и конденсируется либо экстрагент, либо получаемый целевой компонент).

Выбор реэкстрагентов зависит от механизма экстракции. Из эфиров и нейтральных фосфорорганических соединений металлы легче реэкстрагируются водой, из кислых фосфорорганических соединений их можно реэкстрагировать кислотой или щелочью. Обычно применяются концентрированные кислоты, чтобы сдвинуть равновесие реакции в требуемом направлении. При использовании щелочей после реэкстракции образуются растворимые или нерастворимые гидроокиси. Реэкстракция аминов может происходить в результате замещения, гидролиза, комплексообразования и осаждения.

Регенерация экстрагента может быть осуществлена также ректификацией, выпариванием, кристаллизацией и т. д.

Химическая реакция между экстрагентом и компонентами водного раствора должна быть обратимой, так как иначе регенерация экстрагента будет затруднена или невозможна. Для кислотных и хелатообразующих экстрагентов процесс экстракции можно сделать обратимым путем обработки органической фазы минеральной кислотой. Добавление карбоновых и фосфорных кислот в стехиометрическом количестве по отношению к количеству металла в органической фазе обычно достаточно для полной реэкстракции металла и регенерации экстрагента. Для хелатообразующих экстрагентов с возрастанием прочности экстрагируемого комплекса увеличивается концентрация кислоты, необходимой для реэкстракции. Если используется очень сильная кислота или донорный атом сильноосновен, то может происходить протонирование атома-донора с соответствующей потерей кислоты. Это вызывает снижение эффективности реэкстракции, а иногда приводит к тому, что ион металла может вновь экстрагироваться из реэкстракта органической фазой в виде анионного комплекса. Вследствие этого иногда используют способ реэкстракции, независимый от pH: прямое восстановление металла в органической фазе водородом.

Для аминов и сольватирующих экстрагентов в качестве реэкстрагентов обычно применяют разбавленные растворы, содержащие лиганды. Несмотря на то, что реэкстракция анионами, не содержащимися в органической фазе,

иногда проходит эффективно, их использование нежелательно, так как в этом случае возникает проблема дополнительной перезарядки экстрагента в форму, удобную для последующей экстракции.

Обычно жидкостная экстракция используется в тех случаях, когда прямые методы разделения смесей непригодны или, когда, несмотря на недостатки экстракционных способов разделения, затраты на другие способы оказываются большими.

Контрольные вопросы: 1. Каковы достоинства и недостатки применения ленточного экстрактора? 2. В чем заключается расчет экстракторов? 3. Какие конструкции экстракторов применяются в пищевой промышленности?

СПИСОК РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакин, И. А. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / И. А. Бакин, В. Н. Иванец ; Кемеровский государственный университет. – 2-е изд., исправ. и доп. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2020. – 235 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600301> – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
2. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / Д. М. Бородулин, С. А. Ратников, Е. А. Вагайцева, М. Т. Шулбаева ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018. – 263 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574113> – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
3. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / авт.-сост. Е. С. Нечаева ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018. – 184 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574114> – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
4. Вобликова, Т. В. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / Т. В. Вобликова, С. Н. Шлыков, А. В. Пермьяков. – Ставрополь : Агрус, 2013. – 212 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277522> – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
5. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю.Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536> – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
7. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2005. – 760 с. - Текст : непосредственный.
8. Малахов, Н. Н. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник для студ. вуз. / Н. Н. Малахов, Ю. М. Плаксин, В. А. Ларин. – Орел : ОГУ, 2001. – 687 с. - Текст : непосредственный.
9. Процессы и аппараты пищевых производств : методические указания и контрольные задания для студентов специальности 260601 заочной, сокращенной и дистанционной форм обучения / ЮЗГУ; сост.: В. А. Кудрявцев, Л. Е. Кудрявцева. – Курск : ЮЗГУ, 2011. - 44 с. – Текст : электронный.
8. minpromtorg.gov.ru- Официальный сайт минпромторга России

9. tpprf.ru – Официальный сайт торгово-промышленной палаты России
10. kursk.tpprf.ru – Курская торгово-промышленная палата
9. <http://www.rosmintrud.ru> - Официальный сайт Министерства труда и социальной защиты РФ.
10. <http://biblioclub.ru> - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
11. <http://www.consultant.ru> - Официальный сайт компании «Консультант Плюс».