

## Производство рыбной муки и жира прессовым способом

В технологии кормовых и технических продуктов прессовый способ выработки рыбной муки и жира является универсальным и широко применяется на рыбообрабатывающих судах и береговых предприятиях.

Из всех применяемых технологических схем производства рыбной муки и жира наиболее экономически целесообразной и технически совершенной является прессово-сушильная схема (рис. 1), предусматривающая использование подпрессовых бульонов. Она дает возможность получать так называемую цельную рыбную муку с повышенным протеиновым фактором и большим содержанием микроэлементов и витаминов, а также жир высокого качества. Применение вакуум-выпарных станций для упаривания обезжиренных бульонов и возвращение белковых веществ в жом повышает выход рыбной муки (на 20% к массе готового продукта) и обеспечивает получение продукта высокого качества благодаря повышенному протеиновому фактору и большому содержанию микроэлементов и витаминов.

Материальный баланс сырья, полуфабрикатов и готовой продукции по основным процессам технологической схемы производства рыбной муки и жира графически представлен на рис. 2.

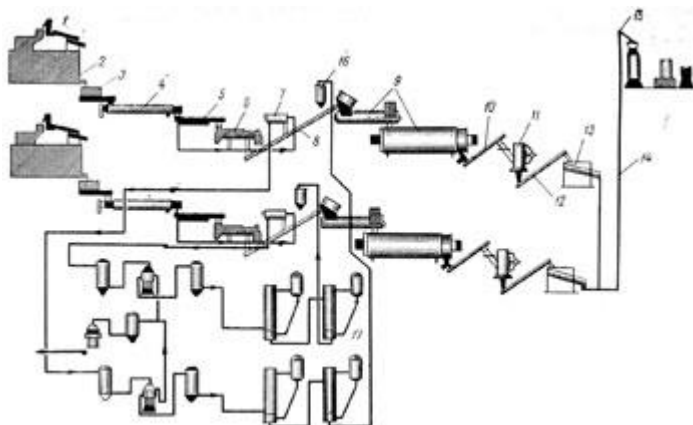


Рис. 1. Прессово-сушильная схема производства цельной муки и жира: 1 - система приема рыбы от рыбонасоса; 2 - система подачи сырья в производство; 3 - бункер-дозатор; 4 - варильник; 5 - шнек с отцеживателем жиросодержащей жидкости; 6 - пресс; 7 - центрифуга горизонтальная; 8 - шнек-смеситель; 9 - сушильные барабаны; 10 - шнек для подачи сушенки на размол; 11 - дробилка; 12 - шнек транспортный с охладителем муки; 13 - вибросито с магнитным сепаратором; 14 - подача муки на упаковку; 15 - система наполнения мешков, взвешивания их и передачи в трюм на хранение; 16 - бак концентрированного бульона, поступившего от вакуум-выпарных установок на смешивание с жомом; 17 - вакуум-выпарные установки

При применении прессово-сушильной схемы производства рыбной муки без использования подпрессовых бульонов расход сырья на выработку 1 т рыбной муки возрастает на 17%, и, как правило, наблюдаются излишние затраты по основным статьям производства.

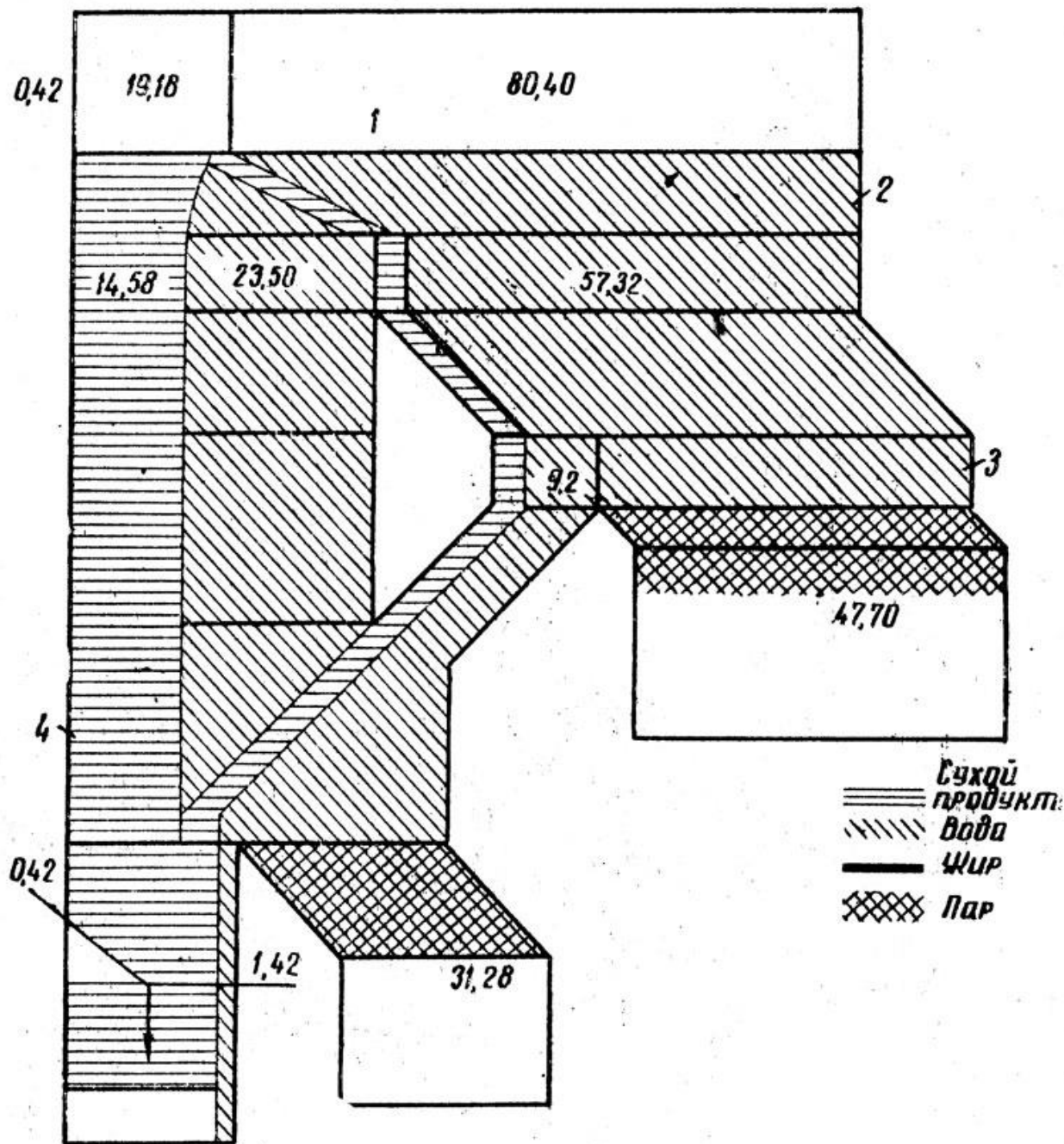


Рис. 2. Материальный баланс сырья, полуфабриката и готовой продукции по основным процессам производства рыбной муки и жира по прессово-сушильной схеме: 1 - процесс разваривания; влаги испарением; 2 - прессование; 3 - удаление 4 - высушивание жома

## Измельчение сырья

Обрабатываемое сырье состоит из мускульных, костных и жировых тканей, в клетках которых заключены жир и вода.

При разваривании крупного нераздробленного сырца освобождение жира из глубинных слоев жиросодержащих тканей затруднено и требует значительного времени и непроизводительных расходов. Кроме того снижаются качество и выход, готовой продукции. Жир, находящийся в толстых слоях нераздробленных тканей, замедляет процесс разваривания вследствие малой его теплопроводности. Наружные слои слишком развариваются и при прессовании обогащают белком жидкую фазу, внутренние же слои жировой ткани прогреваются недостаточно, заключенный в них жир не извлекается, а остается с белковыми веществами в кормовой муке, что также существенно понижает выход жира и снижает срок хранения муки.

Измельчение сырья облегчает выход из него жира и воды. При механическом разрушении мясо-костной ткани получают разрозненные мелкие куски сырца с большой поверхностью, легко поддающиеся воздействию высоких температур в процессе разваривания. Измельчение сырья облегчает доступ пара и подогретого воздуха к жиросодержащим клеткам.

Механическое дробление сырья является важным фактором, влияющим на весь дальнейший процесс обработки, поэтому техника измельчения должна строго соответствовать принятому способу обработки. Для уяснения связи механического дробления сырья с дальнейшими технологическими операциями рассмотрим, как измельчение влияет на последующие процессы варки и сушки.

Жирное сырье, поступающее на варку, подвергается воздействию пара, который, соприкасаясь с тканями, разрушает клетки и освобождает заключенные в них жир и воду. В первую очередь разваривается наружная ткань (первый слой) и пар получает доступ к следующим слоям ткани. Каждый из этих слоев содержит жир, который плохо проводит тепло. Следовательно, до тех пор, пока жиросодержащая ткань не разрушена, действие пара на глубинные клетки замедлено. За некоторый промежуток времени  $At$  в разваренных наружных слоях ткани в результате непосредственного воздействия пара происходит сложный физико-химический процесс: белок, все более измельчаясь, частично переходит во взвешенное состояние и при последующем прессовании удаляется вместе с жиросодержащей жидкостью. Следовательно, чем больше путь, который проходит тепловая энергия пара или газа от поверхности до глубинных клеток развариваемых кусков, тем больше тепловое сопротивление, тем длительнее процесс варки, тем дольше внешние слои тканей подвергаются действию высокой температуры, а это приводит к потерям белка и к снижению усвояемости муки. Таким образом, скорость разваривания рыбы находится в прямой зависимости от степени измельчения

сырья; чем мельче сырье, тем скорее оно проваривается, отдавая заключенный в клетках жир, и тем меньше уходит протеина в прессовую жидкость.

Тощее сырье в процессе обработки разваривается меньше, но его также целесообразно измельчать для улучшения сушки. Первый (наружный) слой, соприкасаясь с теплоносителем, отдает влагу, подсыхает и уплотняется, образуется корка. Второй слой, лежащий ниже, находится в непосредственном соприкосновении с обезвоженным слоем. Благодаря разности концентраций растворов жидкость диффундирует наружу через высушенный слой, преодолевая создающееся на ее пути препятствие в виде уплотненной корки.

Когда сырье содержит значительный процент клейдающих веществ, нередко бывает, что продукт после длительной сушки в результате образования поверхностной корки имеет вид комьев, влажных внутри, т. е. интенсивность образования комьев при высушивании сырья зависит от степени его измельчения.

Итак, чем крупнее кусок, тем больше путь для выхода влаги из глубинных слоев клеток наружу, тем большее сопротивление встречает испаряющаяся из тканей вода, задерживаемая клейдающей коркой, замедляющей диффузию, тем длительнее высушивание (в результате чего получается плохо просушенный полуфабрикат с большим содержанием влаги внутри комьев) и тем ниже качество муки вследствие превращения легко усвояемых протеинов в трудно усвояемые. Важно установить, до какой степени следует измельчать его, чтобы создать наилучшие условия варки и сушки. Допустим, что жирное сырье измельчают до кашеобразного состояния и подвергают варке. В этом случае обеспечен кратчайший срок выварки жира, что является, на первый взгляд, положительным фактором. Однако при кашеобразном состоянии среды нет возможности отпрессовать разваренную массу, так как она будет проходить через сетку пресса вместе с жиросодержащей жидкостью. В этом случае нормальный процесс прессования будет нарушен, и фактически вместо выработки рыбной муки будет осуществляться только вытопка жира.

При прессовом способе производства муки и жира крупное сырье и тушки жирных рыб принято измельчать до получения кусков размерами 10 - 20 мм (по трем измерениям), мелкую рыбу, например хамсу и тюльку, пускать в обработку без измельчения, крупных тощих рыб измельчать на куски размерами 20 - 30 мм.

При переработке мин тая на рыбную муку и жир лучшие показатели получаются тогда, когда сырье измельчают на куски размером 100 - 150 мм (по длине рыбы). Такие куски после разваривания при прессовании хорошо уплотняются и дают лучший выход жома и жиросодержащей жидкости, чего нельзя достичь в случае дробления мин тая на мелкие куски. Мелко измельченный мин тай при проваривании переходит в кашеобразное состояние и при прессовании эта масса почти не отпрессовывается, а вместе с жиросодержащей жидкостью уходит через зерные сетки и в дальнейшем

сильно затрудняет работу декантаторов. На производствах, специализирующихся на мин тае, для дробления сырья вместо дробилок могут быть использованы обычные рыборезки, применяемые на консервных заводах, с увеличенным шагом дисковых ножей.

**Рыборезки.** Для измельчения рыбного сырья применяют рыборезки и дробилки различных конструкций.

Рыборезка системы ВНИЭКИПродмаш, работающая по принципу отсекания (рис. 3), состоит из чугунного корпуса и вращающегося в нем ротора. Ротор выполнен в виде двух усеченных корпусов, сопряженных малыми основаниями. В специальных пазах, вдоль образующих конусов установлены в шахматном порядке три пары ножей, которые повернуты относительно оси ротора на некоторый угол, что повышает эффективность резания сырья.

В корпусе рыборезки укреплен клинообразный опорный нож, перемещением которого вдоль направляющих регулируется зазор между этим ножом и вращающимися ножами ротора. Зазор должен быть равен 5 - 8 мм.

Ротор получает вращение от электродвигателя, установленного на одной плите с рыборезкой, и связан с валом эластичной муфтой. Массивный ротор при вращении создает значительные запасы кинетической энергии и тем самым дает возможность измельчать и относительно крупное сырье.

#### *Техническая характеристика*

Производительность, <i>т/ч</i> . . . . .	5
Диаметр ротора, <i>мм</i> . . . . .	580
Число оборотов ротора в 1 <i>мин</i> . . . . .	950
Потребляемая мощность, <i>квт</i> . . . . .	4,5
Габариты, <i>мм</i> . . . . .	1513×1325×1405
Масса, <i>кг</i> . . . . .	800

Этой рыборезкой комплектуются в соответствии с параметрическими рядами жиромучные установки производительностью 15, 30 и 50 - 70 г в сутки по сырию.

Рыборезка фирмы "Атлас" работает на том же принципе отсекания, что и рыборезка системы ВНИЭКИПродмаш, но имеет несколько иное число и расположение ножей в роторе меньшего веса. В результате вращения ротора создается в несколько раз меньший запас кинетической энергии, чем в отечественных дробилках. Рыборезки этой фирмы при использовании крупного сырья (катран, скат и др.) работают с перебоями и по существу не обеспечивают полного измельчения крупного сырья.

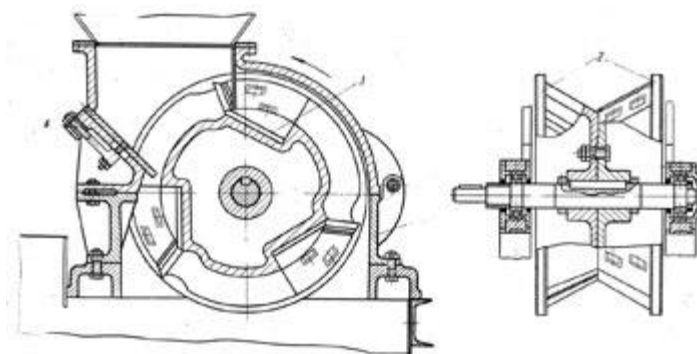
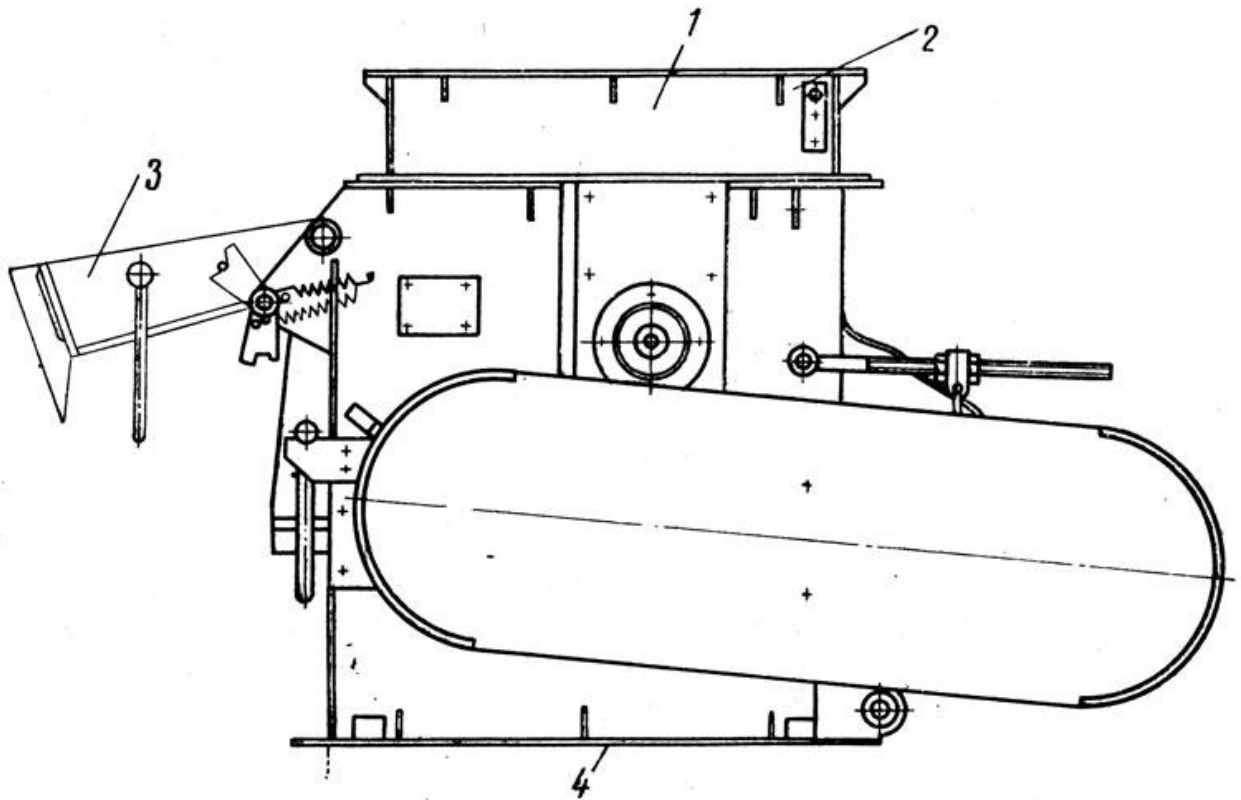


Рис. 3. Рыборезка системы ВНИЭКИПродмаш: 1 - чугунный корпус; 2 - ротор; 3 - ножи ротора; 4 - стационарный нож; 5 - винт, регулирующий зазор между ножами на роторе и стационарным ножом

Дробилка системы Гипрорыбпрома (рис. 4) предназначена для измельчения крупного рыбного сырья и отходов крабового производства. Наличие зазора между ротором и зубьями может быть  $8 \pm 2$  мм. Перед началом работы кривошипный механизм дробилки регулируется на величину эксцентриситета до 7 мм и с помощью секундомера проверяется допустимое число оборотов вала подачи сырья. Нормальная работа храпового механизма, приводящего в движение устройство подачи сырья, обеспечивает получение на валу крутящего момента, равного 2500 кг см. При этом пружины на тяге должны давать суммарный прогиб, равный 20 мм. Производительность дробилки до 5 т/ч по сырью при массе отдельных кземпляров до 15 кг. Мощность электродвигателя составляет 8квтпри скорости вращения 1500 об/мин.





*Рис. 4. Дробилка для измельчения крупного сырья и отходов крабового производства производительностью до 5 т/ч по сырью: 1 - подача сырья; 2 - воронка для загрузки сырья; 3 - плита откидная для осмотра и промывки; 4 - выход дробленого сырья*

Рыбо резка, работающая на принципе разрыва тканей, представляет собой вращающийся барабан с асаженными на нем в шахматном порядке зубцами. Барабан аключен в кожух, укрепленный на станине. Внутри кожуха иже барабана расположена зубчатая гребенка, которая может пускаться, чем предупреждаются поломки механизмов от случайного попадания в машину кусков металла и т. п. Измельчение сырья основано на разрыве тканей ударами зубьев при проходе его через зазоры гребенки.

**Приспособления для отбора металлических примесей.** Для тбора металлических примесей из сырья при подаче его в ыборезки стали применяться специальные приспособления, ак, в рыбомучных установках системы "Альфа Лаваль" металлическая лента, по которой идет сырье в ыборезку, на определенном участке намагничивается и ферропримеси здесь задерживаются. На судах типа "Атлантик", где работают рыбо-мучные установки ГДР, ыборезка защищена. Неподвижный нож имеет штифт, который срезается при попадании металлических предметов, нож при этом отводится в сторону. Клиноремный привод также имеет предохранительную муфту со срезными штифтами.

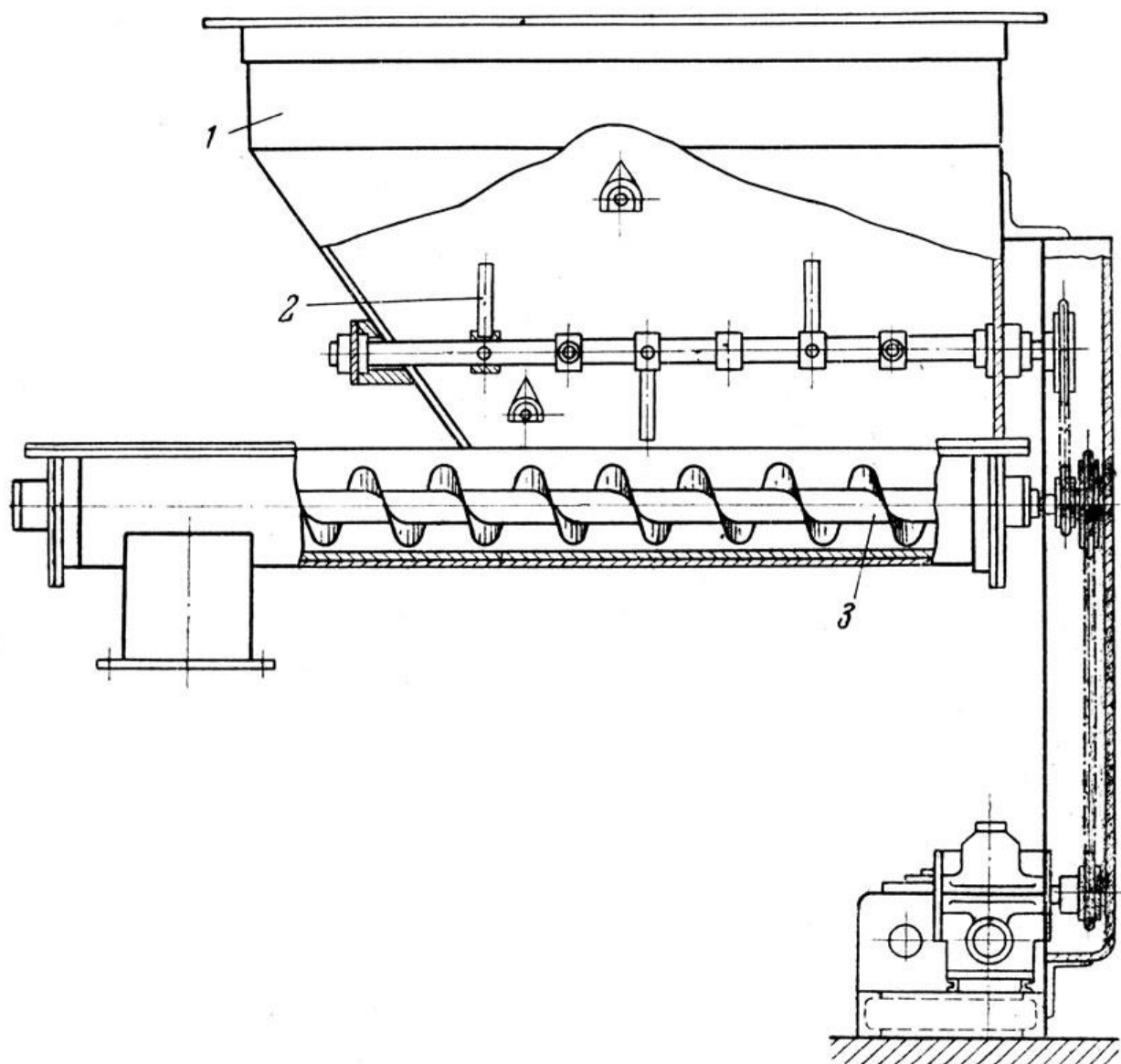


Рис. 5. Бункер со шнековым дозатором: 1 - бункер; 2 - воошитель; 3 - питающий шнек

**Бункер-дозатор.** Для более равномерной подачи сырья на разваривание в последнее время широко стали применять бункеры-дозаторы для приема дробленого сырья, которые размещают под дробилками.

На рис. 5 показан бункер со шнековым дозатором системы ВНИЭКИПродмаш. Использование указанных бункеров в жиромучных установках обеспечивает необходимую регулировку и дает возможность соблюдать установленный режим работы и регулировать скорость прохождения сырья в процессе обработки.

Бункер-дозатор имеет верхний и нижний датчики уровня для замера сырья. При срабатывании датчика автоматически отключается рыбoreзка. Нижний датчик указывает на отсутствие сырья. Нижняя часть шнекового бункера завершается фланцем, который соединяется со шнековым дозатором. Желоб имеет выходной патрубок, в котором размещается датчик уровня,



автоматически отключающий подачу сырья при превышении установленного уровня в варильнике.

Выходной патрубок шнекадозатора устанавливается на ходной патрубок варильника, тем самым обеспечивается прямая подача сырья в варильник без каких-либо других транспортных приспособлений.

### *Техническая характеристика*

Объем бункера, м <sup>3</sup> . . . . .	1,4
Диаметр шнека-дозатора, мм . . . . .	240
Шаг шнека-дозатора, мм . . . . .	135
Скорость шнека, об/мин	
максимальная . . . . .	32,2
минимальная . . . . .	7,2
Привод дозатора	
мощность электродвигателя, квт . . . . .	1
скорость электродвигателя, об/мин . . . . .	1390
Габариты, мм . . . . .	2474×1660×2300
Масса, кг . . . . .	733

## **Разваривание**

Процесс варки считается наиболее важным моментом в роизводстве жира, поскольку в результате термической обработки сырья белок свертывается, а клетки, содержащие жир, азрушаются. Одновременно происходит стерилизация материала, что крайне важно, так как сырье может быть обсеменено бактериями.

Продолжительность варки сырья зависит от его ассортимента, степени свежести и температуры варки. Белки, входящие в состав тела рыбы, денатурируются и коагулируются не при одной и той же температуре, поэтому нельзя допускать переваривания. При сильной гомогенизации жиросодержащей жидкости, когда происходит более тонкое разделение капелек жира, получается высокодисперсная жидкая среда, которая совершенно не отстаивается и не выделяет жира при центрифугировании вследствие чрезвычайного возрастания трения.

Для разрушения высокодисперсной среды в нее вводят кислоты и основания, а также поваренную соль, которые при нагревании жидкости способствуют выделению жира.

Лучшие технико-экономические показатели получают, когда мин тай после разделки сразу без дробления поступает в паровые вибраторы и слегка проваривается в морской роде. Такая обработка мин тая обеспечивает интенсивное обезвоживание, удаление из сырья до 10% влаги и некоторое уплотнение мяса, получение в дальнейшем хорошо уплотненного жома, что обуславливает нормальное проведение прессования и высушивания.

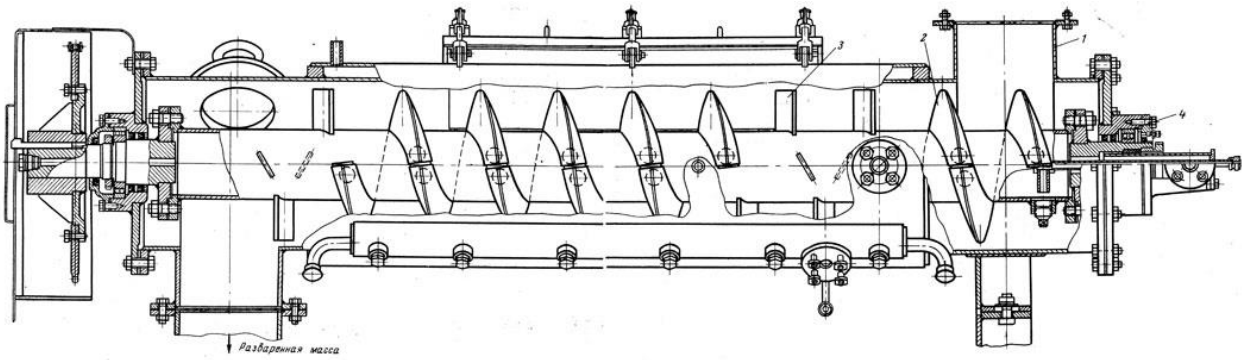


Рис. 6. Варильник непрерывного действия, применяемый для агрегатированных установок марки Аsub1/sub-ИВТ/2 системы ВНИЭКИПродмаш: 1 - патрубок для подачи сырья; 2 - лопасти шнека; 3 - ворошитель; 4 - приводная станция

Соблюдение режима варки, установленного в зависимости от ассортимента обрабатываемого сырья, обеспечивает почти полное использование содержащихся в этом сырье ценных веществ, получение полноценного продукта и сведение потерь к минимуму.

**Варильники.** В производстве кормовой муки и жира из рыбного сырья применяются варильники периодического и непрерывного действия.

Варильники непрерывного действия сконструированы таким образом, что первые 2/3 времени варки материал подвергается нагреву до максимальной температуры, а последнюю треть времени поддерживается температура на определенном уровне.

Варильники, применяемые в новейших жиромучных установках, состоят из горизонтального цилиндра с паровой рубашкой и из внутреннего ротора, сконструированного в виде винта с полым, нагреваемым паром валом и такими же лопастями. Ротор приводится во вращение двигателем с бесступенчато регулируемого передаточного механизма таким образом, что скорость его вращения точно регулируется в зависимости от ассортимента сырья.

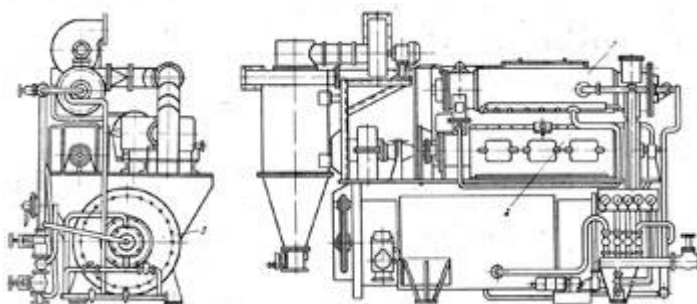
Непрерывно действующий варильник ВНИЭКИПродмаша (рис. 6) цилиндрической формы небольшого размера для рыбомучных установок судового типа производительностью 5 - 6 т в сутки по сырью. Он имеет паровую рубашку и ротор. На валу ротора приварены витки шнека. В процессе вращения ротора сырье продвигается в глубь варильника и при этом разваривается. Вращение ротора осуществляется от электродвигателя через вариатор скоростей, редуктор и цепную передачу. Варильник, собранный в один агрегат с прессом и сушилкой, показан на рис. 7.

Для наблюдения за процессом разваривания сырья и производством ремонта цилиндр варильника снабжен смотровым люком. Контроль температуры разваривания проводится с помощью двух дистанционных термометров, датчики которых установлены в средней части варильника и на

выходе разваренной массы. Регулирование уровня развариваемого сырья в варильнике осуществляется датчиком уровня.

### Техническая характеристика

Производительность по сырью, кг/ч . . . . .	250
Диаметр цилиндра (внутренний), мм . . . . .	350
Длина цилиндра, мм . . . . .	1990
Диаметр шнека, мм . . . . .	320
Шаг шнека, мм . . . . .	160
Число оборотов варильника в 1 мин . . . . .	1,48
Расход пара при давлении 5 ат, кг/ч . . . . .	48
Габариты, мм . . . . .	2530×610×650
Масса, кг . . . . .	750



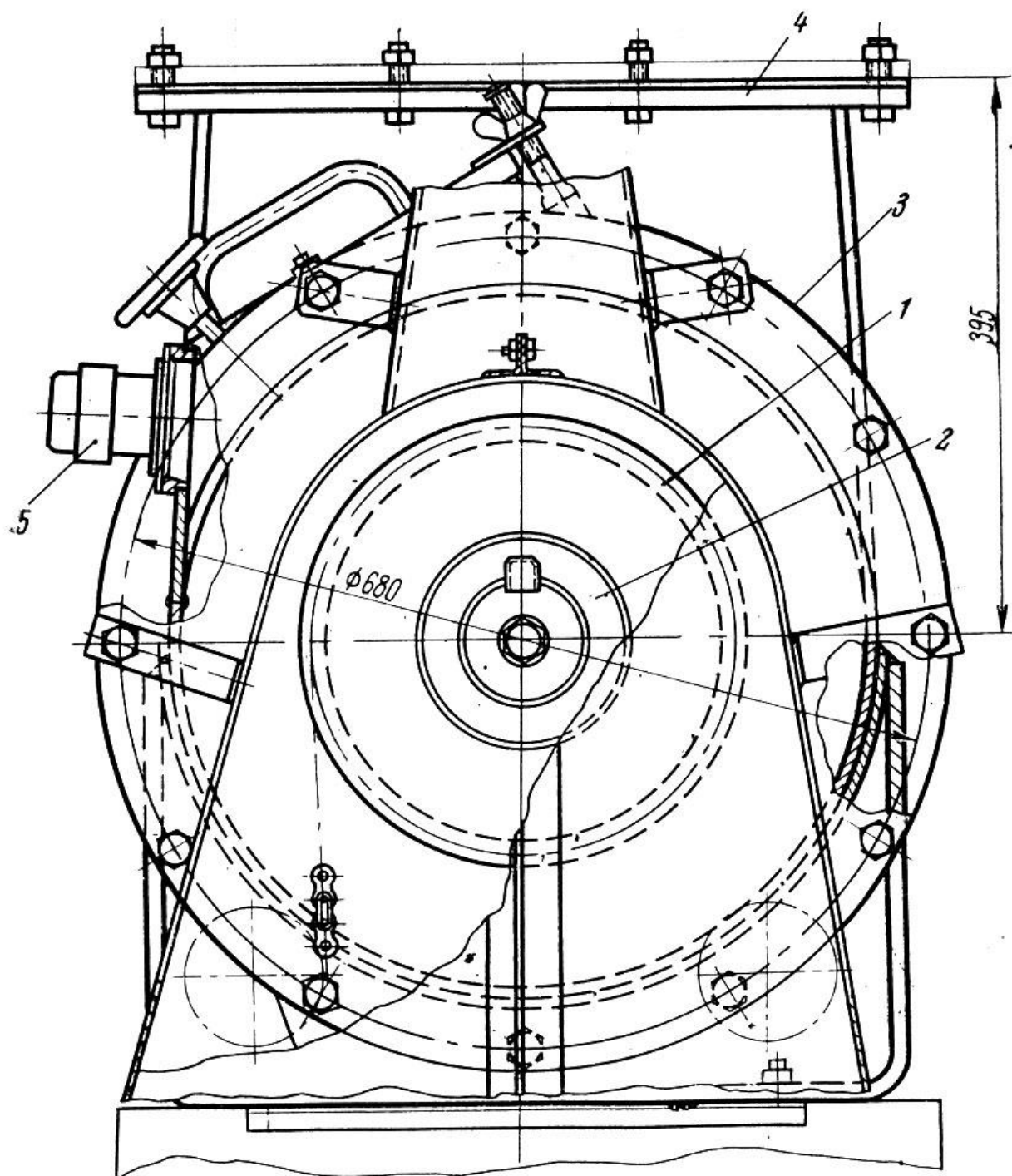
*Рис. 7. Варильник, собранный в один агрегат с прессом и сушилкой; 1 - варильник; 2 - пресс; 3 - сушилка*

Непрерывно действующий варильник, применяемый для жиромучных установок судового типа производительностью 30 - 35 т в сутки по сырью, по конструкции почти не отличается от непрерывно действующего варильника ВНИЭКИПродмаша.

### Техническая характеристика

Производительность по сырью, кг/ч . . . . .	1450
Диаметр цилиндра (внутренний), мм . . . . .	600
Диаметр шнека, мм . . . . .	580
Число оборотов вала варильника в 1 мин . . . . .	0,43—1,64
Габариты, мм . . . . .	2975×850×840
Масса, кг . . . . .	900





*Рис. 8. Непрерывно действующий варильник для судовых жиромучных установок производительностью 70 г в сутки по сырью: 1 - шнек; 2 - вал шнека; 3 - кожух варильника; 4 - крышка варильника; 5 - датчик уровня*

Непрерывно действующий варильник судово типа производительностью 70 г в сутки по сырью (рис. 8) стоит из цилиндра с паровой рубашкой и ротора, представляющего собой трубу с полыми витками шнека, в который поступает пар. При повороте ротора осуществляется не только продвижение сырья вдоль варильника, но и дополнительный его нагрев. Ротор приводится в движение от электродвигателя через вариатор скоростей, редуктор и цепную передачу. В верхней части варильника со стороны привода располагается загрузочная горловина, к которой крепится шнековый дозатор. Паровая рубашка

варильника разделена на три секции, каждая из которых имеет самостоятельную паровую систему. В нижней части цилиндра сосредоточены штуцера для подачи острого пара во внутреннюю полость цилиндра. Контроль за температурой варки осуществляется дистанционным термометром. На корпусе варильника с нижней стороны имеется камне-уловитель для улавливания камней и металлических частиц. Варильники последней модели имеют меньшую массу и энергоемкость благодаря более развитой поверхности нагрева (подача пара в полые витки шнека).

### *Техническая характеристика*

Производительность по сырью, <i>т/ч</i> . . . . .	2,1—2,9
Диаметр цилиндра, <i>мм</i> . . . . .	400
Длина цилиндра, <i>мм</i> . . . . .	7000
Диаметр шнека, <i>мм</i> . . . . .	370
Шаг шнека, <i>мм</i> . . . . .	250
Число оборотов вала варильника в 1 <i>мин</i> . . . . .	1,44 (макс. 7)
Мощность электродвигателя, <i>квт</i> . . . . .	4,5
Габариты, <i>мм</i> . . . . .	8430×1500×2890
Масса, <i>кг</i> . . . . .	3742

Передача разваренной массы из варильника в пресс осуществляется шнеком с отцеживателем в нижней части короба. Это обеспечивает свободный сток избытка жиросодержащей жидкости из разваренной массы, что облегчает и улучшает процесс прессования. Внутренняя полость шнека в верхней части соединена с вентиляционной системой, которая отсасывает пары и дурнопахнущие газы в конденсатор, где они и осаждаются в водной среде.

## **Прессование**

Рыбное сырье, вышедшее из варильника, представляет собой разваренную массу, подготовленную для разделения на жир, воду и белковые вещества. Прессованием достигается отделение жидкой части от плотной массы.

Обработка рыбного сырья способом прессования осуществляется для максимального отжатия жидкости из разваренной массы; при этом учитываются физико-химические свойства массы. Разваренная масса в зависимости от температуры окружающей среды может содержать жир различной вязкости. Для предупреждения потерь при прессовании создают обычно такие температурные условия, при которых жир находился бы в жидком состоянии и легко удалялся из прессуемой массы. Для этого прессы обогревают.

На результаты прессования большое влияние оказывает степень свежести сырья. Так, исследованиями Н. Ф. Вородимова на судах типа "Тропик" установлено, что сардинопс при хранении на палубе без охлаждения приобретает мазеобразную консистенцию, разваренная масса из такого сырья



плохо прессуется, через зеев с бульоном уходит много белковых веществ, жом получается с большим наличием влаги и жира, а сушильные барабаны работают с перегрузкой, мука получается влажной, жирной и подгорелой. При прессовании недоваренной массы, когда ткани недостаточно разрушены действием теплоносителя и жир находится в жировых клетках, массу в прессе дополнительно прогревают, достигая надлежащего ее разваривания и нормального выхода жиросодержащей жидкости. Затраты на дополнительный нагрев массы компенсируются увеличением выхода жира.

При поступлении излишне переваренной массы, когда ткани отдали в жиросодержащую жидкость не только жир, но и взвешенные мелкие белковые частицы (хлопья), процесс прессования ведут иначе. Мелкие белковые частицы легко увлекаются жидкостью, поэтому, для предотвращения потерь этих частиц при прессовании понижают степень отжатия массы, сокращая продолжительность пребывания ее в прессе.

Исследованиями по обработке сардиноса и ставриды в районе Уолфиш-Бей (Атлантический океан) установлено, что на выход жома и жиросодержащей жидкости существенное влияние оказывает температура разваривания. Данные, характеризующие эту зависимость, приводятся в табл. 21.

Предварительная проварка рыбного сырья повышенной влажности (особенно мин тая) в течение 10 мин в водной среде и последующая обработка по обычной прессово-сушильной схеме дают возможность получать продукт высокого качества.

Такая обработка рыбного сырья положительно влияет на последующие процессы удаления жиросодержащей жидкости и высушивания жома. Прессование разваренной массы идет более равномерно с достаточно полной выпрессовкой жиросодержащей жидкости. При этом получают рассыпчатый жом с большой поверхностью испарения и хлопьевидную сушенку, способную быстро набухать, что очень важно при приготовлении специальных кормовых смесей.

При переработке океанических тощих нежирных рыб (хека, мерлузы и других) в процессе прессования с жиросодержащей жидкостью уходит до 10% белка в виде мелких взвешенных частиц, из которых вибросито отделяет от 1,5 до 3%. Остальная часть поступает вместе с жиросодержащей жидкостью на центрифуги. Получаемый при центрифугировании шлам идет на высушивание или в жом.

Показатели	Температура разваривания, °С					
	75	80	85	90	95	100
<b>С а р д и н о с</b>						
Выход, % к сырью						
жома . . . . .	54,4	52,7	42,1	39,8	34,1	33,7
подпрессовой жидкости . . . . .	45,6	47,3	57,9	60,2	65,9	66,3
Содержание жира в бульоне, % . . . . .	5,26	6,71	9,21	9,10	9,30	9,36
<b>С т а в р и д а</b>						
Выход, % к сырью						
жома . . . . .	—	53,7	51,6	46,7	40,4	39,7
подпрессовой жидкости . . . . .	—	46,3	48,4	53,3	59,6	60,3
Содержание жира в подпрессовой жидкости, % . . . . .	—	2,42	2,86	2,9	3,0	2,94

Таблица 21

**Прессы.** Для отжима жиросодержащей жидкости из разваренной массы применяют периодически и непрерывно действующие прессы различных конструкций.

В прессах периодического действия массу помещают в сосуд и, повышая давление (при помощи различных простых или сложных устройств), отжимают жиросодержащую жидкость.

Недостатком периодически действующих прессов являются незначительная производительность и потребность в большом количестве рабочих для их обслуживания. В настоящее время они почти полностью вытеснены более совершенными непрерывно действующими прессами, широко применяемыми в рыбной промышленности.

Непрерывно действующие винтовые прессы состоят из одного или двух винтов, помещенных в ситчатом корпусе. Диаметр вала винта увеличивается по направлению к выходу из пресса, в то же время уменьшается расстояние между лопастями винта и таким образом происходит компрессия материала. Однако необходимым условием для достижения компрессии является наличие трения между сеткой и материалом, так как в противном случае происходит вращение материала вокруг винта без осуществления компрессии. В связи с этим стали применять прессы, оборудованные двумя винтами, вращающимися в противоположных направлениях таким образом, что лопасти одного винта проходят в просветах между лопастями другого, чем обеспечивается пропуск материала через пресс без его вращения вокруг винта.

Непрерывно действующий одношнековый пресс марки А1-ИВБ производительностью 5 - 6 т в сутки по сырью, применяемый на судовых рыбомучных установках, состоит из разъемной зеерной коробки, шнекового вала, загрузочной камеры, поддона для стока жидкости и привода.

Зеерная коробка состоит из двух сварных секторов, которые крепятся хомутами к корпусу пресса, образуя цилиндрическую-перфорированную поверхность, на внутренней части которой размещаются зеерные пластины. Пластины имеют отверстия диаметром 3,2 и 1,2 мм. Ситчатые пластины пресса выполняются из нержавеющей стали, а диаметр лопастей точно соразмерен с внутренним диаметром коробки из ситчатых пластин, благодаря чему не происходит закупорки перфорации во время работы.

Для прогрева пресса перед работой, а также для продувки отверстий зеерных пластин в загрузочную камеру подводится острый пар. Прессование разваренной массы проводится путем уменьшения прессующего пространства между витками шнека и зеерной коробкой. Кроме того, для лучшего прессования шаг шнекового вала по его длине уменьшается в сторону выхода жома. Степень прессования регулируется специальным устройством, состоящим из подпружиненного конуса на выходе жома. Полученный таким способом отпрессованный жом продавливается шнеком через кольцевое пространство, созданное зеерной коробкой и конусом, и попадает в шнек, который и передает его необходимыми дозами в сушилку.

#### *Техническая характеристика*

Внутренний диаметр зеера, мм . . . . .	210
Диаметр шнекового вала, мм . . . . .	205
Число оборотов шнека в 1 мин . . . . .	3,1—9,3
	2,77—8,31
	2,44—7,32
Потребная мощность (привод общий для прес-са и варильника), квт . . . . .	2,9
Габариты, мм . . . . .	2935 × 1435 × 760

Схема привода одношнекового пресса и варильника показана на рис. 9.

В двухшнековых непрерывно действующих прессах, применяемых для отделения жиросодержащей жидкости на судовых жиромучных установках марки ИЖР производительностью 30 - 35 т в сутки по сырью (рис. 10), разваренная масса, попадая между винтами пресса, продвигается в глубь камеры и при этом благодаря увеличению внутреннего диаметра винтов и уменьшению шага постепенно спрессовывается. Отпрессованная жиросодержащая жидкость через перфорированные решетки стекает в поддон, откуда насосом отводится на обработку.

Промывка зеерной решетки осуществляется путем подачи острого пара и воды в рубашку пресса через специальный коллектор с восемью трубками, приваренными штуцерами с четырех сторон к рубашке пресса. Путем подачи острого пара и воды проводится предварительная пропарка, после чего белковая масса из отверстий зеерной решетки легко смывается водой.

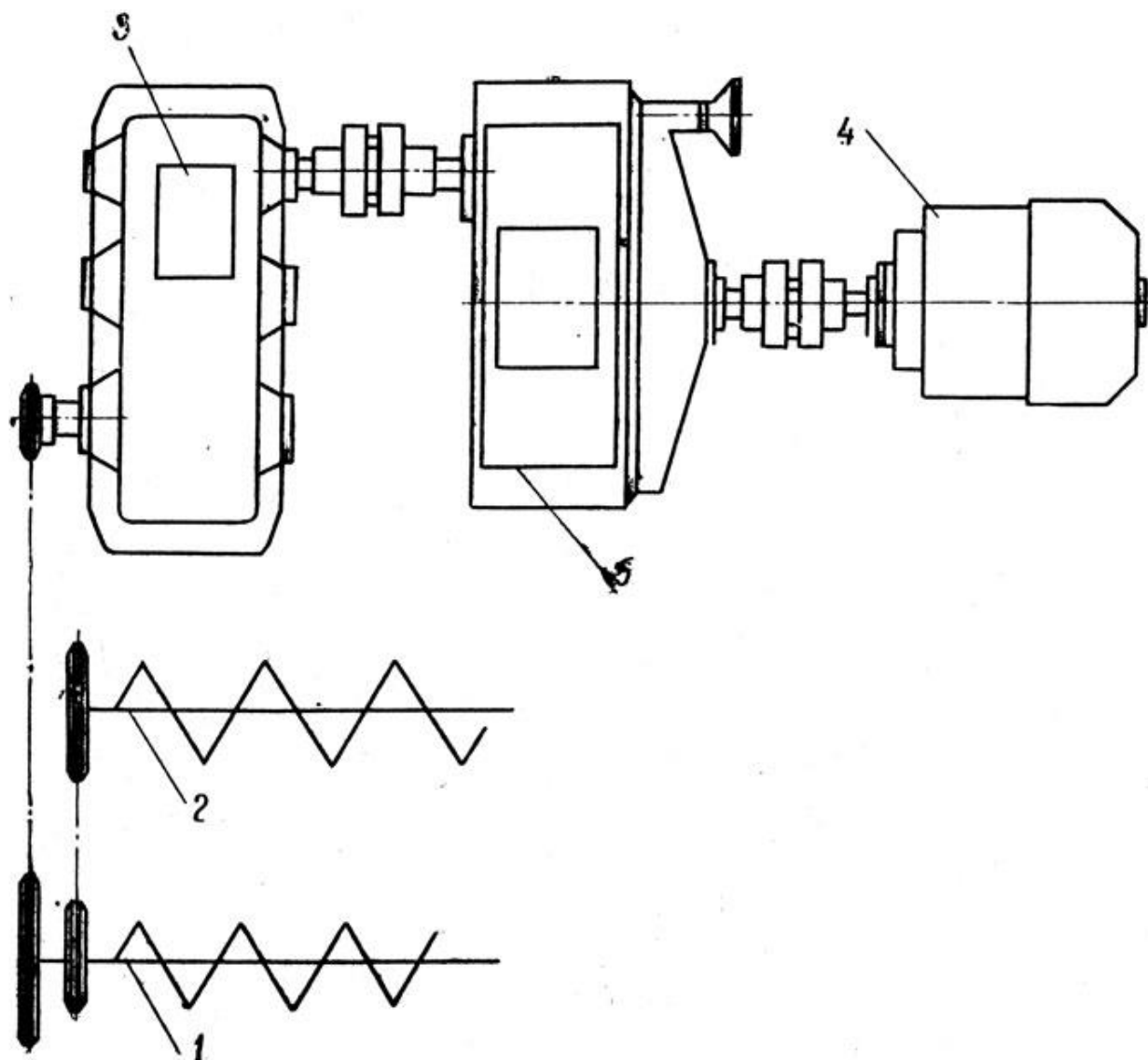


Рис. 9. Схема привода одношнекового пресса и варильника марки А1-ИВБ: 1 - вал пресса; 2 - вал варильника; 3 - редуктор ЦДН - 35; 4 - электродвигатель; 5 - вариатор

Пресс приводится в движение от электродвигателя через вариатор, редуктор, цепную передачу и шестерни, которые располагаются в корпусе пресса. Варильник и пресс работают синхронно.

#### Техническая характеристика

Производительность по сырью, <i>т</i> в сутки . . . . .	30—35
Внутренний диаметр зеера, <i>мм</i> . . . . .	214
Диаметр шнекового вала, <i>мм</i> . . . . .	210
Число оборотов шнека вала в 1 <i>мин</i> . . . . .	1,64—4,92
Привод . . . . .	общий для пресса и варильника
Мощность электродвигателя, <i>квт</i> . . . . .	5
Габариты, <i>мм</i> . . . . .	4410×1100×700
Масса, <i>кг</i> . . . . .	1750

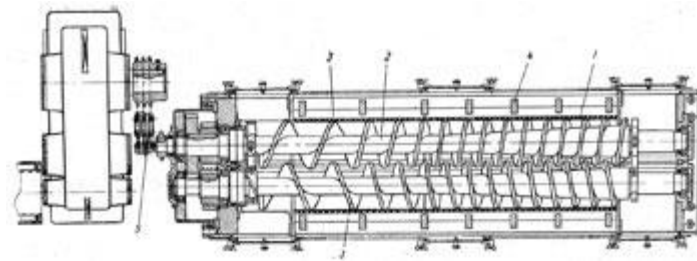
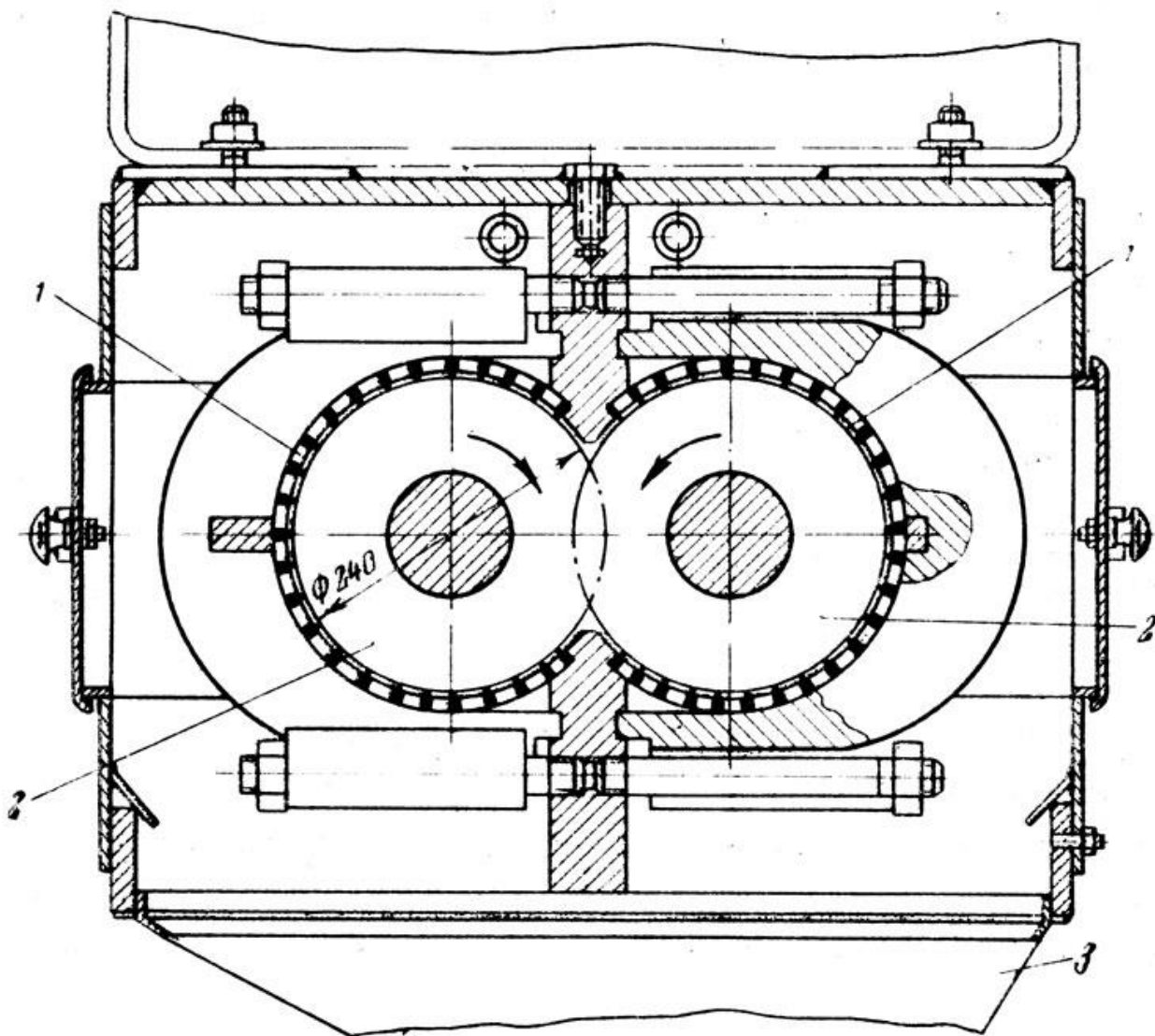


Рис. 10. Двухшнековый непрерывно действующий пресс для жиро-мучных установок производительностью 30 - 35 т в сутки по сырью марки ИЖР системы ВНИЭКИПродмаш: 1 - зеренная решетка; 2 - вал шнека; 3 - шнек; 4 - траверза; 5 - приводная станция

Двухшнековый пресс марки А<sub>1</sub>-ИЖР в судовом исполнении производительностью 2,5 т/ч состоит из двух параллельных шнековых валов сварной конструкции, вращающихся в зерном цилиндре. Шнековые валы имеют коническую форму. Левый шнек, если считать со стороны подачи разваренной массы, имеет левую, а правый - правую нарезку. Применение двойного шнека обеспечивает хорошее прессование разваренной массы, исключает проворачивание прессуемой массы со шнеком и создает благоприятные условия для осевого перемещения прессуемой массы.





*Рис. 11. Зеерная решетка двухшнекового пресса марки АрИЖР  
производительностью 2,5 т/ч по сырью: 1 - зеерная решетка; 2 - шнеки пресса;  
3 - поддон для сбора жиросодержащей жидкости*

Зеерный цилиндр выполнен из тонких перфорированных листов нержавеющей стали, прикрепленных к внутренней стороне толстых листов из малоуглеродистой стали с большими отверстиями. Такая конструкция зеера (рис. 11) дает большую перфорированную площадь для стока отпрессованной жиросодержащей жидкости. Кроме того, такая конструкция зеера исключает засорение отверстий.

Перфорированные листы удерживаются в нужном положении центральными и боковыми планками. Между перфорированными листами помещается распорка, обеспечивающая зазор. Зазор между шнеками пресса и перфорированными листами составляет 0,5 - 1,0 мм.

Для сбора и отвода бульона на станине, под зеерным цилиндром крепится поддон с отводной трубой. Привод шнеков осуществляется от

индивидуального электродвигателя через вариатор и клиноременную передачу.

Перед тем как начать прессование разваренной массы, в загрузочную камеру подводится острый пар для подогрева пресса и продувки отверстий зернового цилиндра.

### *Техническая характеристика*

Производительность, <i>т/ч</i>	
по сырью . . . . .	2,5
по жому . . . . .	1,5
Количество шнековых валов . . . . .	2
Диаметр шнекового вала, <i>мм</i> . . . . .	240
Число оборотов шнековых валов в 1 <i>мин</i> . . . . .	1,5
Рабочее число оборотов в 1 <i>мин</i> . . . . .	3,5—4,5
Мощность, <i>квт</i> . . . . .	7
Число оборотов в 1 <i>мин</i> . . . . .	980
Габариты, <i>мм</i> . . . . .	4500×1420×1400
Масса, <i>кг</i> . . . . .	2385

В двухшнековых прессах шнеки работают в противоположных направлениях, что исключает проскальзывание жома в процессе прессования. В этом заключается преимущество двухшнековых прессов перед одношнековыми (лучшая и более полная выпрессовка жиросодержащей жидкости из разваренной массы).

Двухвинтовые прессы фирмы "Атлас" (рис. 12) нашли широкое применение в отечественной и зарубежной практике при комплектовании крупных жиромучных линий производительностью от 50 до 800 т в сутки по сырью в основном на судах. Два параллельных прессующих винта находятся в корпусе пресса и движутся в противоположных направлениях. Первый винт имеет левую резьбу, а второй правую, при этом конец крыла винта у выхода отпрессованной массы почти соприкасается с дном противоположного винта. Объем резьбы у входа в 4 - 5 раз больше объема последней резьбы. Редукция объема от винта к винту оказывает большое влияние на степень прессования разваренной массы и выполняется по заранее разработанному регламенту. Винты пресса подразделены на два узла - один из них питает пресс, а другой механически воздействует на прессуемую массу. Необходимое уменьшение объема прессуемой массы создается в результате выдавливания через зер пресса жиросодержащей жидкости. В данной системе прессов полностью исключается провертывание прессуемой массы.

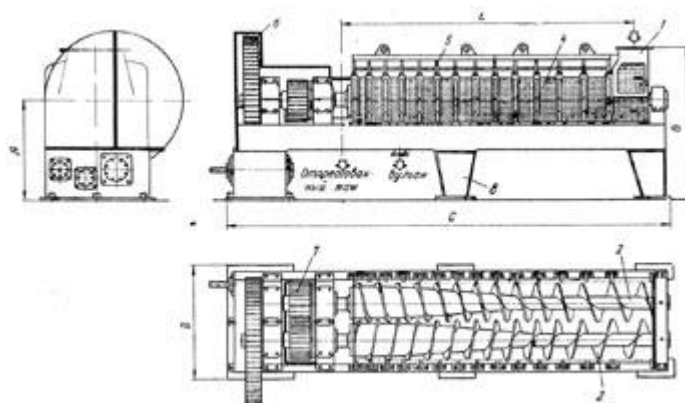


Рис. 12 .Непрерывно действующий шнековый пресс фирмы 'Атлас', применяемый для комплектования крупных жиромучных линий производительностью от 50 до 800 т в сутки по сырью: 1 - входной патрубок для разваренной массы; 2 - питательные винты; 3 - плита зеера; 4 - зеерная решетка; 5 - траверза; 6 - шестерня для привода пресса; 7 - ведущие шестерни; 8 - станина

Разваренная масса подвергается воздействию прессуемых шнеков, уплотняется и заметно уменьшается в объеме, при этом всякая возможность вращения материала вместе с винтом полностью устраняется.

Корпус пресса облицован листами перфорированной нержавеющей стали (толщиной около 1 мм). Эти листы имеют опору из толстых чугунных плит и дают более крупную перфорацию. Обе плиты соединяются на заклепках в секции длиной не более 1 м. Такое оформление обеспечивает большую свободную площадь для стока жидкости от пресса и возможность подбирать необходимую величину отверстий, которые желательно иметь для любой части пресса из шести возможных измерений.

На каждое отверстие между двумя зеерными плитками ставится одна дистанционная часть, вследствие чего между ними получается зазор, равный дробному числу дюйма, дающий зеерным плитам возможность при нагреве расширяться. Винты пресса обогреваются паром.

При малом давлении пользуются более крупными, а при большом более мелкими отверстиями. При этом обеспечивается снижение потерь мелких частиц белка из жома с жиросодержащей жидкостью.

Прессы приводятся в действие от электродвигателя с переменными скоростями при помощи клиноременной передачи. Для самых больших прессов применяют паровые машины с переменными скоростями.

При пуске в работу пресса поддерживается минимальная скорость до заполнения прессовальной камеры разваренной массой слоем не выше 12,5 см над крыльями шнека. Постепенно скорость повышается до 3,5 об/мин. Однако

в зависимости от качества и состояния разваренной массы скорость и производительность повышаются.

Содержание влаги в жоме обычно остается в пределах от 50 до 56%. При соблюдении режима работы и нормального проваривания сырья жом обычно содержит влаги не более 48 - 50%, а иногда остаточная влажность составляет 45%.

Наилучшие результаты получаются тогда, когда пресс работает бесперебойно при постоянной и равномерной подаче разваренной массы. При неравномерной и слишком слабой подаче разваренной массы сила давления заметно понижается, а содержание жира и влаги в жоме быстро повышается.

Хорошие результаты прессования достигаются при слаженной работе непрерывно действующих варочных агрегатов, которые должны обеспечивать подачу хорошо проваренной рыбы.

Двухшнековые прессы фирмы "Атлас" выпускаются разных типоразмеров, производительностью от 2 до 40 *т/ч* (табл. 22).

Характеристика работы прессов. Степень давления зависит от уменьшения пространства между стенками шнека и прессовальной камерой. По мере продвижения рыбной массы в глубь прессовальной камеры пространство между винтом и стенками цилиндра уменьшается, а давление на массу увеличивается. Давление постоянно возрастает в продольном направлении за счет возрастающего трения прессуемого материала о нарезку винта, в результате происходит значительное уплотнение массы и соответствующее отжатие фракции. Прессуемая масса, проходя к выходному отверстию, действует на конус, преодолевает сопротивление пружины, отодвигает конус на определенный зазор и выходит из пресса. Упругость прижимающих конус пружин рассчитана на требуемое сопротивление.

#### *Техническая характеристика*

Общая масса пресса, <i>кг</i> . . . . .	8900
Масса верхней части цилиндра пресса, <i>кг</i> . . . . .	1000
Номинальное число оборотов винта пресса в 1 <i>мин</i> . . . . .	3,5
Передача редуктора . . . . .	1:74
Потребляемая мощность при номинальном числе оборотов, <i>л. с.</i> . . . . .	16—29
Мощность электродвигателя, <i>л. с.</i> . . . . .	35

Отпрессованная из массы жиросодержащая жидкость стекает через сетку прессовальной камеры и по жиропроводу поступает в баки. Плотный осадок (жом) вытесняется из пресса через зазор у конуса и поступает на разрыхлитель. Если прессованная масса недостаточно полно отжата (сырье переварена или

отверстия решеток пресса закупорены), она выходит из пресса в полужидком виде.

Производительность, т/ч	Потребляемая мощность, л. с.	Габариты, мм					Масса, т
		A	B	C	D	E	
2—3	10	920	1370	2910	1070	1793	3,2
35—40	100	1600	2400	8670	2000	5424	35

Таблица 22

При обработке сырья, из которого легко отжимается жиросодержащая жидкость, число оборотов шнека пресса увеличивается, чем достигается повышение пропускной способности пресса. Если жиросодержащая жидкость трудно отделяется от разваренной массы, то уменьшают число оборотов шнека.

При прессовании недоваренного сырья давление на конус спрессованной массы получается такое, что конус отодвигается на максимальный зазор, и жом выходит из пресса с повышенным содержанием жира, что также нежелательно.

В случае засорения прессовальных сеток и прекращения стока жиросодержащей жидкости пресс продувают паром при пуске его вхолостую. Если же сетки пресса сильно закупорены и очистить их струей пара не удастся, пресс разбирают, сетки снимают и обрабатывают их паром или опускают на несколько мин ут в крепкий, хорошо подогретый раствор соды.

Отпрессованная плотная масса при надлежащих условиях прессования содержит обычно около 40% влаги. Среднее содержание влаги в отпрессованной массе составляет около 38%. Качество прессования практически определяется путем сжатия в руке выходящего из пресса жома; при этом на ладони не должно оставаться следов влаги, а комок после сжатия в руке должен распадаться.

В процессе прессования отпрессовывается от 50 до 75% жиросодержащей жидкости по отношению к направленному в обработку сырью (включая 10 - 12% конденсата от пара, затрачиваемого на разваривание рыбы в варильниках).

Весовое количество выходящей жиросодержащей жидкости из-под пресса рассчитывают по химическому составу сырья:

а) количество отжатой массы G

$$G = \frac{Bl}{mn} + \left( \Pi - \frac{\Pi n}{100} \right) + \left( \Pi \frac{\Pi n}{100} \right) \frac{Ж}{100},$$



где  $l$  - количество отжатой массы;

$B$  - количество влаги в отпрессованной массе, %;

$\Pi$  - количество плотных веществ, %;

$n$  - количество плотных веществ, переходящих в жиросодержащую жидкость, %;

$\mathcal{Ж}$  - количество жира в отпрессованном плотном остатке, %;

$m$  - количество жиросодержащей жидкости, %.

Первое слагаемое соответствует количеству влаги в отпрессованной массе, второе - характеризует количество плотных веществ и третье - количество жира в жоме.

После преобразования формулы получим, что

$$G = \frac{(100 - n)(1 + 0,01\mathcal{Ж})}{100 - B}.$$

Учитывая содержание жира в готовой муке (10%), можно рассчитать истинный выход жома  $V_1$

$$V_1 = 0,9\Pi \quad (\text{при } n = 12\% \text{ и } \mathcal{Ж} = 10\%);$$

б) количество жиросодержащей жидкости  $V_2$ , выходящей из-под пресса, включая конденсат

$$V_2 = 12 + 100 - 0,9\Pi = 112 - 0,9\Pi.$$

Сырой жом без разрыхления плохо и медленно высыхает, поэтому в зависимости от схемы производства и расположения оборудования отпрессованный жом подается в приемник разрыхлителя самотеком или при помощи шнека. При разрыхлении недопустимо избыточное дробление, так как оно вызывает дополнительные потери.

**Декантер.** Большие экспериментальные работы, проведенные на ряде индустриальных предприятий жиромучного производства в разных условиях и с разным ассортиментом сырья, дали возможность обосновать переход от винтовых прессов непосредственно к центрифугам типа декантера. Механическая сила, используемая в винтовых прессах, заменяется центробежной силой декантера. Использование декантера для разделения сваренной рыбы на две фазы - жидкую и твердую - явилось новым техническим решением, дающим большой экономический эффект. Декантер дает лучший эффект отделения жира, чем винтовой пресс, что особенно важно для рыбной

муки с низким содержанием жира. Площадь, занимаемая декантером, значительно меньше площади, необходимой для пресса. Использование декантера обеспечивает получение очень рыхлой и однородной твердой фазы, легко поддающейся высушиванию, хорошо поглощающей бульон-концентрат в случае производства цельной муки.

Плотная фаза, выходящая из декантера, содержит больше воды, чем жом (примерно 63%, тогда как в жоме после прессования остается 50 - 55% влаги), поэтому при этом способе нагрузка на сушилку несколько возрастает.

В последнее время вместо прессов начали применяться **центрифуги большой производительности** в особенности там, где разваренная рыба имеет мягкую консистенцию и мелкое волокно. Принцип работы таких центрифуг заключается в следующем. Суспензия вводится через неподвижную подающую трубу во вращающийся узел ротора, где скорость ее движения увеличивается до рабочей. Твердые вещества, будучи более тяжелыми, чем жидкость, отбрасываются на стенки ротора центробежной силой и перемещаются по направлению к секции осушения твердых веществ по винтовому конвейеру, вращающемуся со скоростью, несколько отличающейся от скорости ротора. Так, твердые вещества поднимаются по наклонной секции от уровня жидкости, при этом жиросодержащая жидкость вытесняется из твердых веществ под воздействием центробежной силы.

### **Разрыхление**

Разрыхление жома для облегчения и ускорения процесса сушки (особенно в тех случаях, когда в жоме перед сушкой вводится концентрированный бульон и требуется измельчение жома) осуществляется с помощью разрыхлителей.

**Разрыхлитель марки "А1-ИЖМ-7"** системы ВНИЭКИПродмаш состоит из сварного корпуса, выполненного из стальных листов, внутри которых вращается ротор. Ротор представляет собой вал, расположенный на двух сферических роликоподшипниках. На валу закреплены девять пар молотков посредством распорных колец и гаек. В нижней части разрыхлителя, вблизи от молотков ротора расположен сетчатый лист с квадратными отверстиями размером 20x20 мм. Корпус разрыхлителя со стороны опор ротора закрыт съемными стальными листами. При необходимости осмотра ротора лист снимается путем поворота маховика. Привод ротора осуществляется от индивидуального электродвигателя через клиноременную передачу.

### Техническая характеристика

Производительность по жому, кг/ч . . . . .	750
Диаметр ротора, мм . . . . .	400
Число пар молотков . . . . .	9
Число оборотов ротора в 1 мин . . . . .	1620
Электродвигатель . . . . .	АО-52-4
Мощность, квт . . . . .	7
Число оборотов в 1 мин . . . . .	1440
Габариты, мм . . . . .	1610×1302×1565
Масса, кг . . . . .	520

Разрыхлитель соединен с предварительной сушилкой шнеком, расположенным в корытообразном коробе. Жом продвигается шнеком к загрузочному люку сушилки. Кроме жома в шнек подается белковая масса с горизонтально-осадительных центрифуг и концентрированный бульон с вакуум-выпарных станций. Во время продвижения жома вдоль шнека белковая масса и концентрированный бульон перемешиваются, тем самым обеспечивается равномерное насыщение жома бульоном. Привод шнека осуществляется от индивидуального электродвигателя через червячный редуктор и цепную передачу.

### Техническая характеристика

Производительность, т/ч . . . . .	8,5
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	1,7
Габариты, мм . . . . .	8687×630×770
Масса, кг . . . . .	751

### Обработка жиросодержащей жидкости

В жиросодержащей жидкости содержится от 7 до 18% белковых и минеральных веществ, перешедших в нее в процессе прессования в виде механических примесей и эмульгированной воды.

Скорость осаждения твердых частиц из жиросодержащей жидкости обратно пропорциональна плотности и вязкости жидкой среды, поэтому чем выше вязкость жиросодержащей жидкости, тем труднее выделяется жир.

В обычных отстойниках разделение жиросодержащей жидкости на слои происходит за счет разности удельных весов компонентов этой жидкости. В нижнем (первом) слое скапливаются крупные частицы белковых веществ, частицы неизвлеченного жира, а также соли и другие примеси. Во втором слое сосредоточивается вода, содержащая жировую эмульсию, взвешенные белковые частицы, воду и жир. Третий слой состоит в основном из жира, включающего значительное количество воды, и взвешенных белковых частиц. В четвертом слое сосредоточивается относительно чистый жир с незначительным количеством воды и механических взвесей. На поверхности верхнего (пятого) слоя имеется иногда пена.

В процессе отстаивания третий слой жидкости постепенно разделяется на два слоя, из которых верхний переходит в четвертый слой, а нижний - во второй. Однако это разделение бывает неполным и между жировым и водным слоями остается прослойка непрозрачной, очень стойкой и богатой жиром эмульсии.

При достаточно длительном отстаивании часть жира из четвертого жирового слоя поднимается и постепенно переходит в третий, а затем во второй слой, оставшиеся частицы находятся во взвешенном состоянии в воде (как и некоторое количество твердых частиц).

Процесс распределения жидкости по слоям ускоряется при нагревании, в результате уменьшается вязкость жира.

Плотность любого рыбьего жира почти постоянна, плотность воды может быть увеличена растворением в ней соли. Для создания большей разности удельных весов разделяемых жидкостей в жиросодержащую жидкость добавляют соль и тем самым увеличивают плотность воды.

Повышение температуры не только увеличивает разницу между весом компонентов жиросодержащей жидкости, но и создает разницу в их поверхностном натяжении, что также ускоряет отстаивание жира. Нагревание жиросодержащей жидкости ведут равномерно, не допуская образования в жидкости обратных токов.

Вязкость жиросодержащей жидкости зависит от вида обрабатываемого сырья. Жиросодержащая жидкость, полученная при обработке жирного сырья, содержит меньше клейдающих веществ и, следовательно, ее вязкость обычно меньше вязкости жидкости, которая получается при обработке тощего сырья.

Жидкость может представлять собой эмульсию, трудно поддающуюся разделению. В этих случаях эмульсию разрушают введением солей металлов (электролитов), например поваренной соли или хлористого кальция, обеспечивая таким образом осаждение коллоидов. Коагуляция обуславливается нейтрализацией электрического заряда коллоидной частицы ионом противоположного знака. Активность электролита зависит от валентности ионов и резко возрастает с увеличением последней.

Обработку жиросодержащей жидкости осуществляют обычно в отдельном помещении, в котором размещается необходимое оборудование. Обработка жиросодержащей жидкости проводится по технологической схеме, приведенной на рис. 13.

Разделение жидкости, основанное только на использовании разницы в удельном весе ее компонентов, происходит медленно. Для быстрой очистки жира применяют центрифугирование.

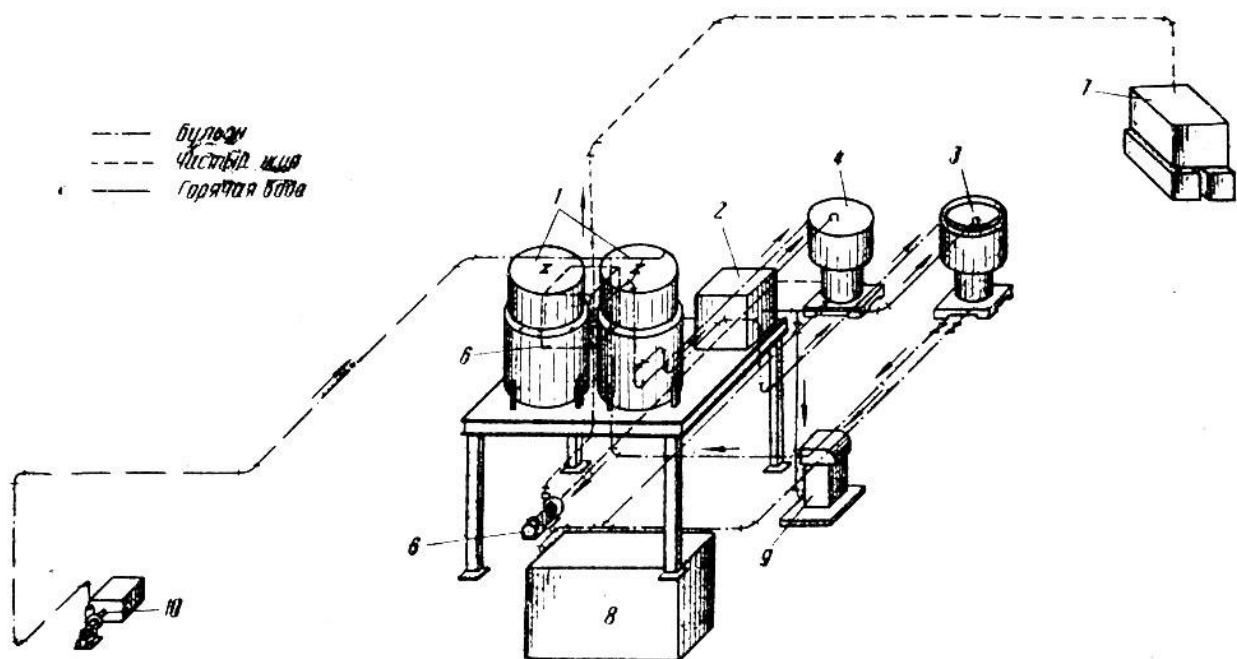


Рис. 13. Технологическая схема обработки жиросодержащей жидкости: 1 - жиростойники; 2 - бак для горячей воды; 3 - грязевой сепаратор; 4 - жировой сепаратор; 5 - промежуточный бак для жира; 6 - насос для перекачивания очищенного жира в емкости; 7 и 8 - жиρούловители; 9 - машина для мойки тарелок сепараторов; 10 - насос

## Центрифугирование

Наиболее надежным способом очистки жира от примесей является центрифугирование, основанное на использовании центробежной силы, которая во много тысяч раз превосходит действие силы тяжести частиц. Очистка жира при помощи центробежной силы обеспечивает постоянное и безостановочное выделение твердых или жидких примесей, даже при незначительной разности в их удельных весах.

Обработка жиросодержащей жидкости центрифугированием обеспечивает быструю и полную очистку жиров от примесей без применения отстойников и фильтрпрессов, поэтому отстойники почти полностью вытеснены центробежными жирочистителями.

Центрифуги применяются в рыбной промышленности либо в качестве очистителей, либо в качестве сепараторов.

Для предварительного отделения более или менее крупных взвешенных частиц применяется горизонтально-осадительная центрифуга, которая обеспечивает лучшую первичную очистку жиросодержащей жидкости от белковых веществ и облегчает окончательную очистку жиров.

Горизонтально-осадительная центрифуга марки А1-ИЖМ-8 (рис. 14) состоит из барабана, внутри которого размещен конический шнек. Барабан



укреплен на двух радиально-сферических шарикоподшипниках. Привод барабана осуществляется от индивидуального электродвигателя через клиноременную передачу, а шнек приводится в движение от редуктора со скоростью несколько меньшей скорости движителя барабана.

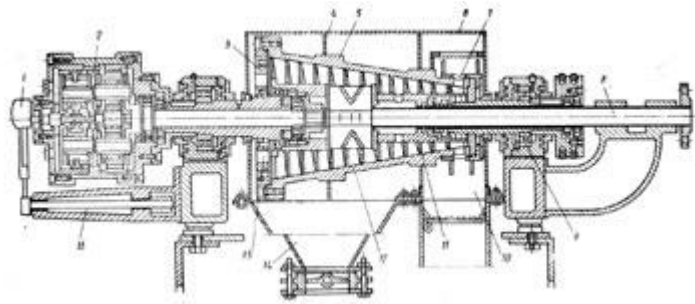
Конический барабан заключен в специальный кожух, имеющий откидную крышку. Нижняя часть кожуха образует два диффузора, в один из которых все время выбрасывается жидкая фракция, а в другой плотный остаток. Диффузоры снабжены шиберами, предназначенными для закрывания их во время мойки барабана. Для предотвращения попадания жидкой фазы в зону плотного остатка кожух разделен перегородками (ребрами). Кроме того, коническая поверхность барабана имеет цилиндрические пояса, препятствующие перемещению жидкости по барабану.

Для очистки от белковых примесей подпрессовый бульон подается по питающей трубе через полую ось в полость барабана, где он центробежной силой отбрасывается к периферии, а шнек, вращающийся с несколько меньшими оборотами, чем барабан, непрерывно сгоняет скопившийся по периферии барабана плотный осадок в сторону узкой части барабана. В узкой части барабана имеется отверстие овальной формы, через которое плотная масса выходит в пространство между отражателем и барабаном, а оттуда шнеком отводится в диффузор.

Освобожденная от механических примесей жиросодержащая жидкость непрерывно удаляется через четыре "окна", находящихся на противоположной стороне барабана. Окна эксцентрично расположены во фланцах, укрепленных болтами на торцовой стенке барабана. Благодаря такому устройству обеспечивается необходимая регулировка расстояния выходных окон от оси барабана и достигается необходимая степень очистки и влажности плотного остатка на выходе.

Очистка барабана заметно улучшается в том случае, когда окна располагаются ближе к оси барабана, но при этом ухудшается отжим плотного остатка. При расположении окон ближе к периферии барабана степень очистки бульона снижается, зато плотный остаток выходит с меньшей влажностью. Система очистительного устройства дает возможность вести работу по четырем возможным вариантам путем соответствующего изменения положения окон и фланцев на барабане.

При форсированной очистке бульона с повышенным содержанием механических частиц контроль за работой очистительных устройств усиливается и тем самым предотвращается образование на стенках барабана уплотненного слоя механических примесей.



*Рис. 14. Горизонтально-осадительная центрифуга: 1 - механизм автоматического включения при перегрузках центрифуги; 2 - муфты; 3 - фланцы, с помощью поворота которых меняется расстояние окон; 4 - ребра для предотвращения попадания жидкости в зону плотного осадка; 5 - цилиндрический пояс; 6 - кожух, в который заключен барабан; 7 - овалы отверстия для удаления осадка; 8 - подача бульона; 9 - цапфа; 10 - диффузор для удаления жидкой фракции; 11 - окна для выброса очищенной жидкости; 15 - кронштейн крепления механизма выключения*

С горизонтально-осадительных центрифуг выходит шлам влажностью 63 - 65%.

### *Техническая характеристика*

Производительность, кг/ч . . . . .	3000
Число оборотов барабана в 1 мин . . . . .	3300
Число оборотов шнека в 1 мин . . . . .	3776
Температура подаваемого бульона, °С . . . . .	70—80
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	7
Габариты, мм . . . . .	1830×1424×2014
Масса, кг . . . . .	805

Средние показатели, характеризующие состав жиросодержащей жидкости после обработки ее в горизонтально-осадительной центрифуге, приведены в табл. 23 (данные получены в процессе испытания центрифуги на Астраханском рыбокомбинате при использовании в качестве сырья мороженой кильки).

Компоненты жиросодержащей жидкости	Содержание (в %) после обработки в течение, дней												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Жир . . . . .	Следы			3,0	4,0	2,0	1,0	Следы	5,0	Следы	3,0	4,0	
Взвешенные белковые частицы													
легкие . . . . .	7,0	5,0	5,0	2,0	2,0	1,0	9,0	3,0	4,0	6,0	2,0	2,0	2,0
тяжелые . . . . .	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Следы	1,0	0,5	1,0

*Таблица 23*

Сравнительные данные, характеризующие состав жиродержащей жидкости после обработки ее на горизонтально-осадительной центрифуге системы НОГШ - 325 приведены в табл. 24 (в качестве сырья использовали мороженую кильку).

Компоненты жиродержащей жидкости	Содержание (в %) после обработки в течение, дней													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Жир . . . . .	Следы	1,0	2,0	Следы	3,0	3,0	2,0	6,0	4,0	3,0	5,0	1,5	1,5	2,5
Взвешенные белковые частицы														
легкие . . . . .	10,0	14,0	5,0	1,0	5,0	1,0	2,0	2,0	2,0	3,0	Следы	2,0	1,0	2,0
тяжелые . . . . .	—	1,0	—	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	4,0

Таблица 24

Горизонтально-осадительная центрифуга системы НОГШ - 325 работает более устойчиво и обеспечивает лучшую очистку жиродержащей жидкости, чем центрифуги других систем и пока что незаменима в работе.

*Техническая характеристика*

Производительность по осадку, кг/ч . . . . .	400—500
Габариты, мм . . . . .	1512×1465×525
Масса, кг . . . . .	682
Ротор	
наибольший диаметр, мм . . . . .	125
длина конической части, мм . . . . .	1039
число оборотов в 1 мин . . . . .	2500—3500
диаметр сливного порога, мм . . . . .	230—280
мощность двигателя, квт . . . . .	7

Для очистки рыбьего жира применяется также горизонтально-осадительная центрифуга ВНИЗКИП родмаш марки Т1-ИЖС-6.

*Техническая характеристика*

Габариты, мм . . . . .	2525×1165×688
Масса, кг . . . . .	725
Производительность по обрабатываемой жидкости, кг/ч . . . . .	3000
Число оборотов в 1 мин	
барабана . . . . .	3800
шнека . . . . .	3776
Температура, °С	
подаваемого бульона . . . . .	60—80
воды для промывки . . . . .	95
Давление избыточное, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	3
Мощность двигателя, квт . . . . .	8

На жиромучных установках небольшой производительности применяются вибрационные просеивательные машины "Модель 24 Вайброскрин". Такие машины установлены на судах, имеющих жиромучные установки производительностью до 35 т в сутки по сырью.

По технико-экономическим показателям вибрационные просеиватели (вибросита) не могут конкурировать с центрифугами. Поэтому в новых установках вместо вибросит стали широко применяться центрифуги, дающие возможность получать белок более высокой концентрации.

## Сепарирование

Сепарирование осуществляют для разделения двух жидкостей с одновременным отделением от них твердых частиц.

Процесс осаждения частиц в центробежном поле сепаратора протекает следующим образом. Частица, выделяющаяся из суспензии, под действием центробежных сил получает определенное ускорение. При этом относительно движению она испытывает сопротивление  $R$ , складывающееся из силы давления и силы трения. Сопротивление напорю вызывает ежесекундную потерю импульса относительно движения между частицами и жидкостью, обусловленную ослаблением потока, образованием вихря (водоворота), разделением на слои и т. п., и является равнодействующей всех сил давления. Сопротивление трению представляет собой равнодействующую всех сил трения.

Общее сопротивление как сумма отдельных компонентов приходится на самый большой поперечный разрез частицы и направлено перпендикулярно направлению движения.

$$R = CF \frac{\gamma tlv^2}{2g},$$

где  $F$  - самая большая поверхность поперечного разреза частицы;

$\gamma t l$  - удельный вес жидкого носителя;

$g$  - ускорение силы тяжести (земное ускорение);

$v^2$  - относительная скорость между частицей и жидким носителем;

$C$  - безразмерный коэффициент сопротивления, зависящий от образования вихря (водоворота) и трения.

Известно, что водоворот является функцией вида частицы и состава ее поверхности, плотности и вязкости жидкого носителя, а также и относительной скорости. Поэтому  $c$  не является константой.

Коэффициент сопротивления постоянен в том случае, когда имеются геометрически подобные течения (потoki). Критерием является число Рейнольдса  $Re$ . Следовательно, значение  $c$  зависит от  $Re$ .

$$c = f(Re)$$
$$Re = \frac{D\rho flv}{n},$$

где  $D$  - характеристическое измерение частицы, например диаметр шарообразной частицы;

$\rho fl$  - плотность жидкого носителя;

$n$  - динамическая вязкость;

$v$  - кинематическая вязкость жидкого носителя.

Таким образом, скорость разделения жидкости уменьшается с уменьшением частицы, а также разницы в их плотности и с увеличением вязкости клеевого бульона.

Установлено, что производительность сепараторов заметно возрастает при уменьшении пути осаждения. Это уменьшение пути осаждения достигается установлением в цилиндрическом барабане набора конических тарелок, через промежуточные камеры которых протекает обрабатываемая жидкость. На рис. 15 изображена схема тарельчатого барабана, в котором обеспечивается разделение и осветление обрабатываемой жидкости. Частица считается выделенной из жидкости тогда, когда она достигла нижней боковой поверхности ближайшей более высокой тарелки и скользит в связывающем слое по нижней боковой поверхности в грязевую камеру.



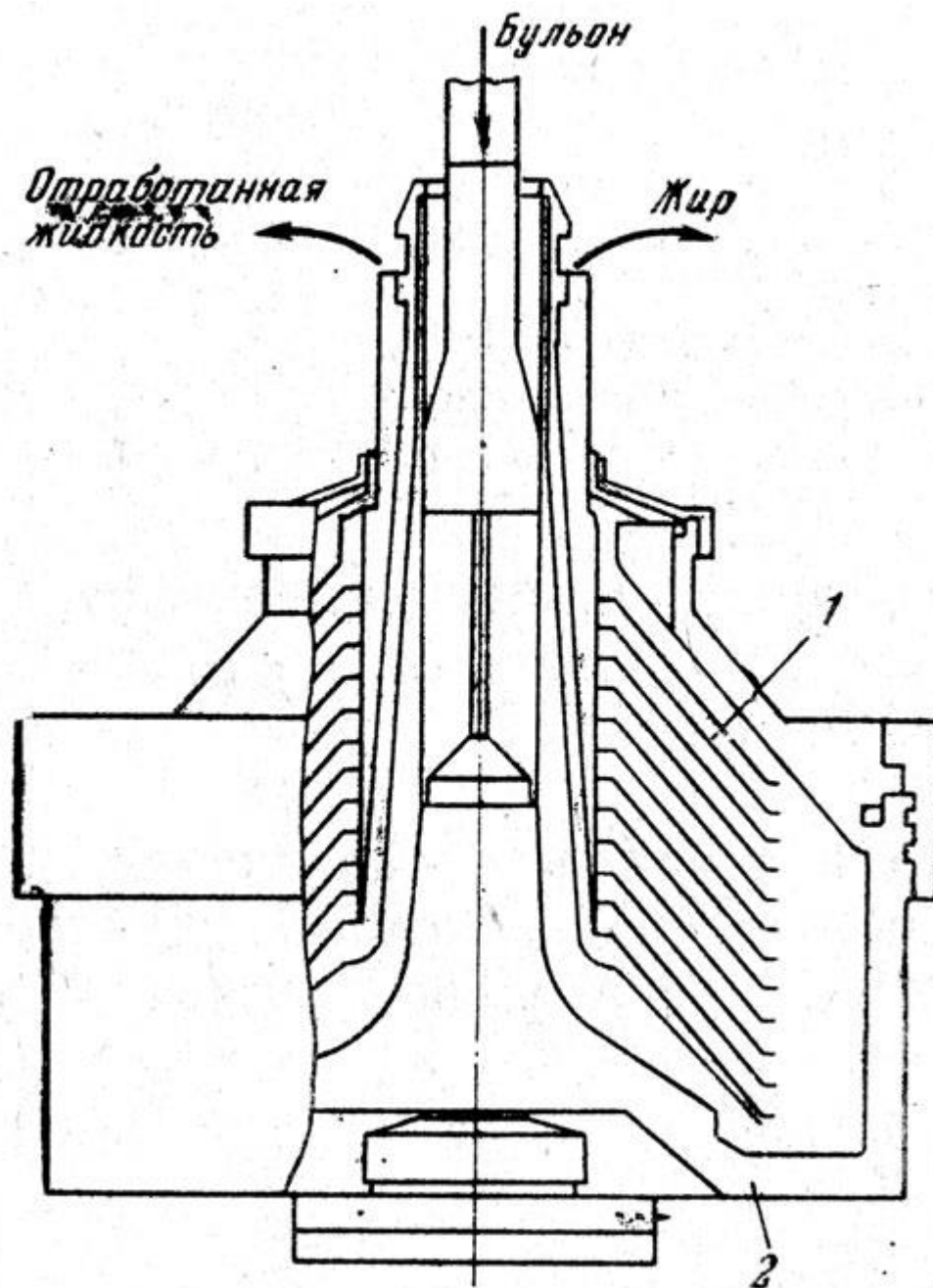
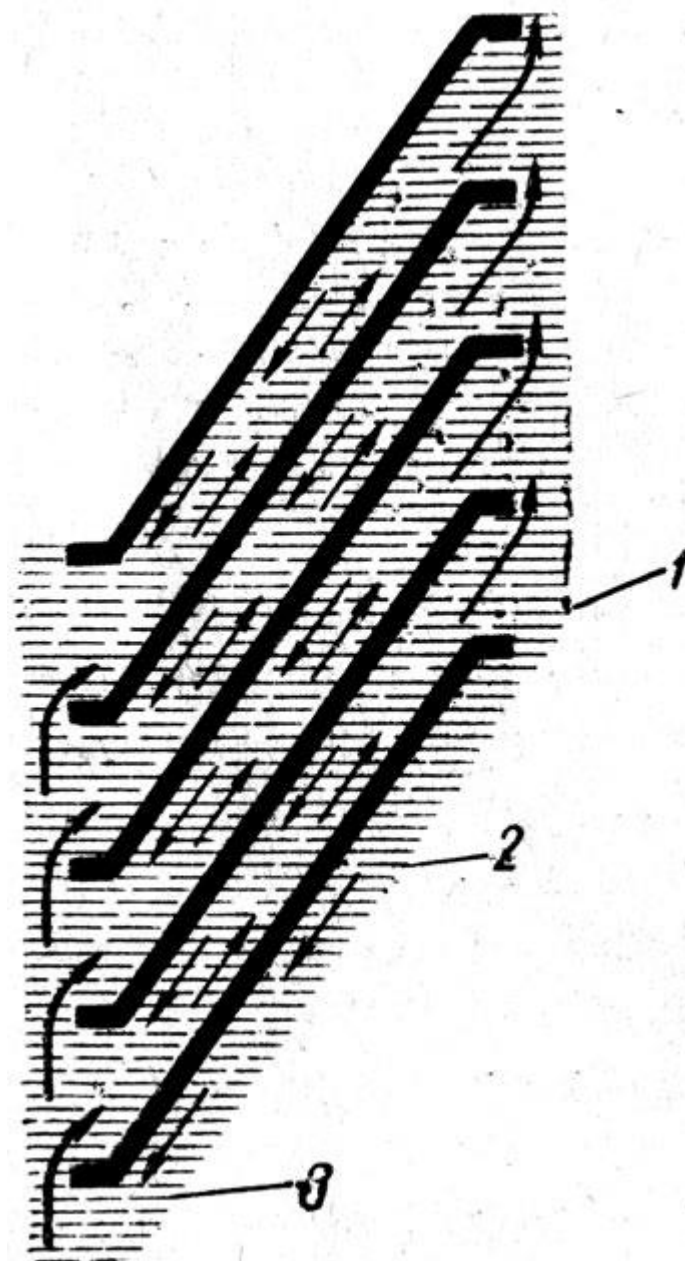


Рис. 15. Тарельчатый барабан, предназначенный для осветления бульона: 1 - тарелка; 2 - замыкающая тарелка



*Рис. 16. Схема осаждения примесей в промежуточных камерах тарельчатого барабана: 1 - стекающий чистый жир; 2 - стекающие примеси; 3 - загрязненный жир*

В процессе осаждения между тарелками на жидкость действуют следующие факторы:

количество жидкости равномерно распределяется по всем промежуточным камерам между тарелками;

жидкость, которая поступает в промежуточные камеры (рис. 16) получает ускорение, направленное внутрь. Таким образом частица испытывает ускорение, направленное к внутреннему краю тарелки. Это ускорение незначительно отличается от ускорения самой частицы жидкости;

скорость жиросодержащей жидкости между тарелками возрастает на пути от внешнего края тарелки к внутреннему ее краю. Скорость твердой частицы в продольном направлении тарелки будет незначительно отличаться от скорости жидкости, поэтому ее можно приравнять к скорости жидкости.

Движение жидкости и твердых частиц в ротационной системе радиальное, на них действует ускорение Кориолиса. Это ускорение образуется из вектора скорости жидкости и вектора угловой скорости. Его главный компонент обнаруживается (сказывается) в направлении течения. Можно показать, что как ускорение частицы, так и ускорение Кориолиса по сравнению с центробежным ускорением ничтожно малы.

При решении вопроса ускорения центрифугирования учитывают скорость погружения частиц в разделительных камерах, которая всегда находится в квадратной зависимости от их диаметра, и при размельчении этих частиц указанная скорость заметно снижается, что вызывает замедление и осложнение сепарирования.

Технологический режим очистки жира проходит при температуре сепарируемого жира и подаваемой воды 85 - 95°C. Содержание жира в отработанной воде должно быть не более 0,5%; количество жировых примесей и влаги в зависимости от кислотного числа жира (по ГОСТ 13 - 04 - 60) показано ниже.

Кислотное число	Примеси жира и влаги, % не более
5,0	0,4
10,0	1,0
20,0	1,5

**Сепараторы.** Основной рабочей частью является барабан (рис. 17), вращающийся вокруг вертикальной оси со скоростью от 5 до 10 тыс. *об/мин*. Поступающая в барабан жиросодержащая жидкость под действием центробежной силы разделяется на слои по вертикали в результате различной плотности входящих в ее состав компонентов. Более тяжелые фракции располагаются по периферии на стенках барабана, а более легкие - ближе к центру.

Разделение жидкости на составные части ускоряется, когда жидкость в сепараторе проходит тонким слоем, что достигается введением в барабан конических тарелочек, расположенных одна над другой с небольшими промежутками. Более тяжелые и крупные частицы и вода отделяются в нижней части барабана, а жир передвигается между коническими тарелками по направлению к оси барабана, подвергаясь в это время очистке. Чистый жир перемещается по тарелкам кверху - к выходу из барабана, не соприкасаясь с новыми порциями поступающего жира.

Фактическая производительность таких сепараторов достигает 1600 - 1700 л/ч по жидкости.

Окончательно очищают жир (от следов воды) на втором, быстроходном сепараторе.

Сепаратор марки А<sub>1</sub>-ИСИ-М (рис. 18) применяется в жиромучных линиях системы ВНИЭКИПродмаш в комплекте с горизонтально-осадительными центрифугами.

Переход через критические числа оборотов происходит плавно без излишних вибраций.

Средний расход буферной воды составляет 20 л/ч.

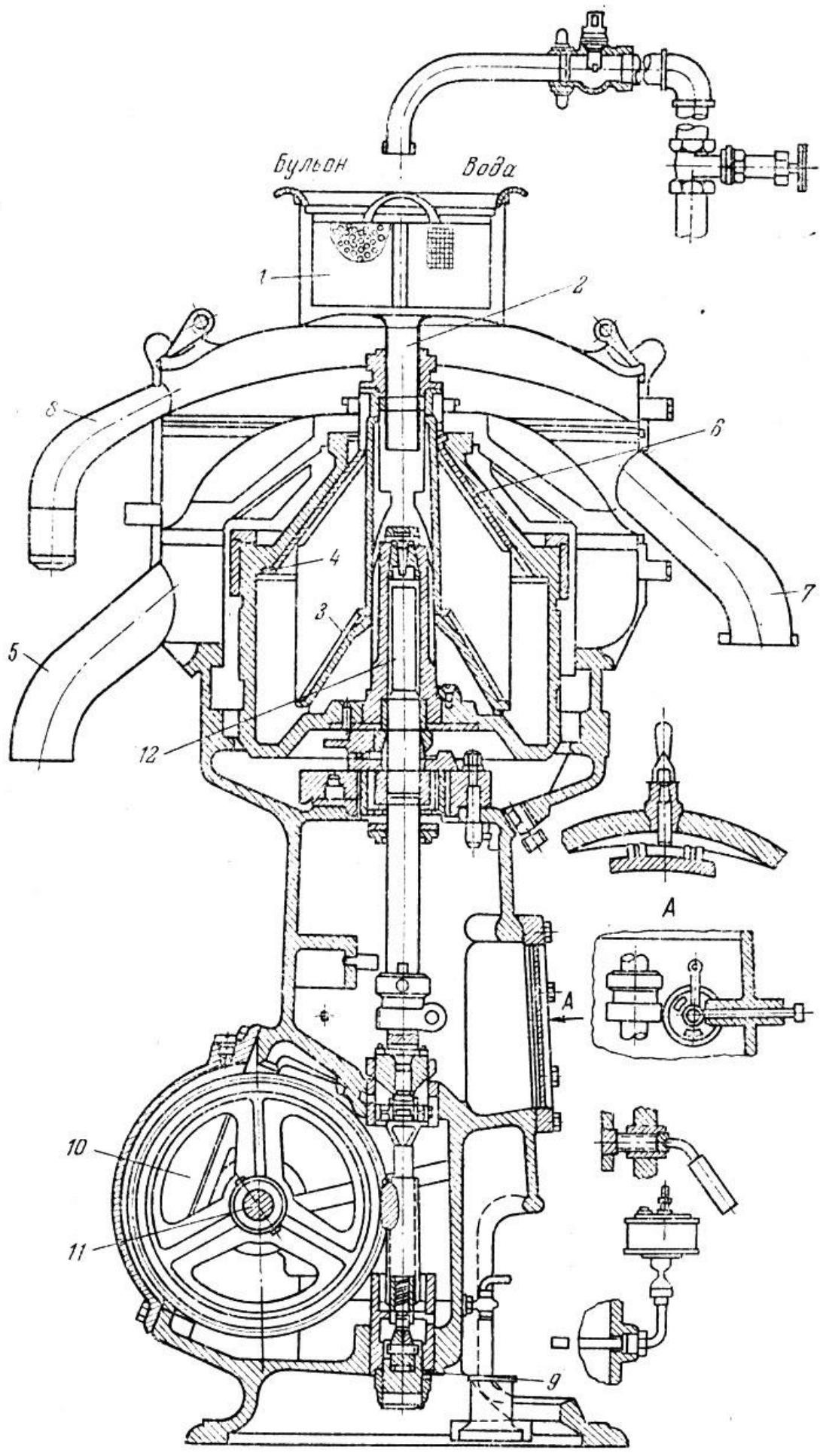




Рис. 17. Жировой сепаратор: 1 - приемный сборник с фильтр-сеткой; 2 - питательная труба; 3 - место расположения тарелок барабана; 4 - сопла для выброса плотных частиц; 5 - сборник для плотных частиц; 6 - разделительная тарелка; 7 - сборник для грязевой воды; 8 - сборник для жира; 9 - пружина подпятника; 10 - червячное колесо; 11 - вал червячного колеса; 12 - веретено барабана

### Техническая характеристика

Диаметр барабана, мм . . . . .	460
Число оборотов барабана в 1 мин . . . . .	6000
Емкость шламowego пространства, л . . . . .	7,4
Количество комплектных тарелок, шт. . . . .	107
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	8
Габариты, мм . . . . .	1270×1040×1165
Масса сепаратора с электродвигателем, кг . . . . .	980
Продолжительность набора барабанной рабочей скорости, мин . . . . .	8—9
Потребная мощность, квт	
в пусковой период . . . . .	18
на холостом ходу . . . . .	5
под нагрузкой . . . . .	7,5

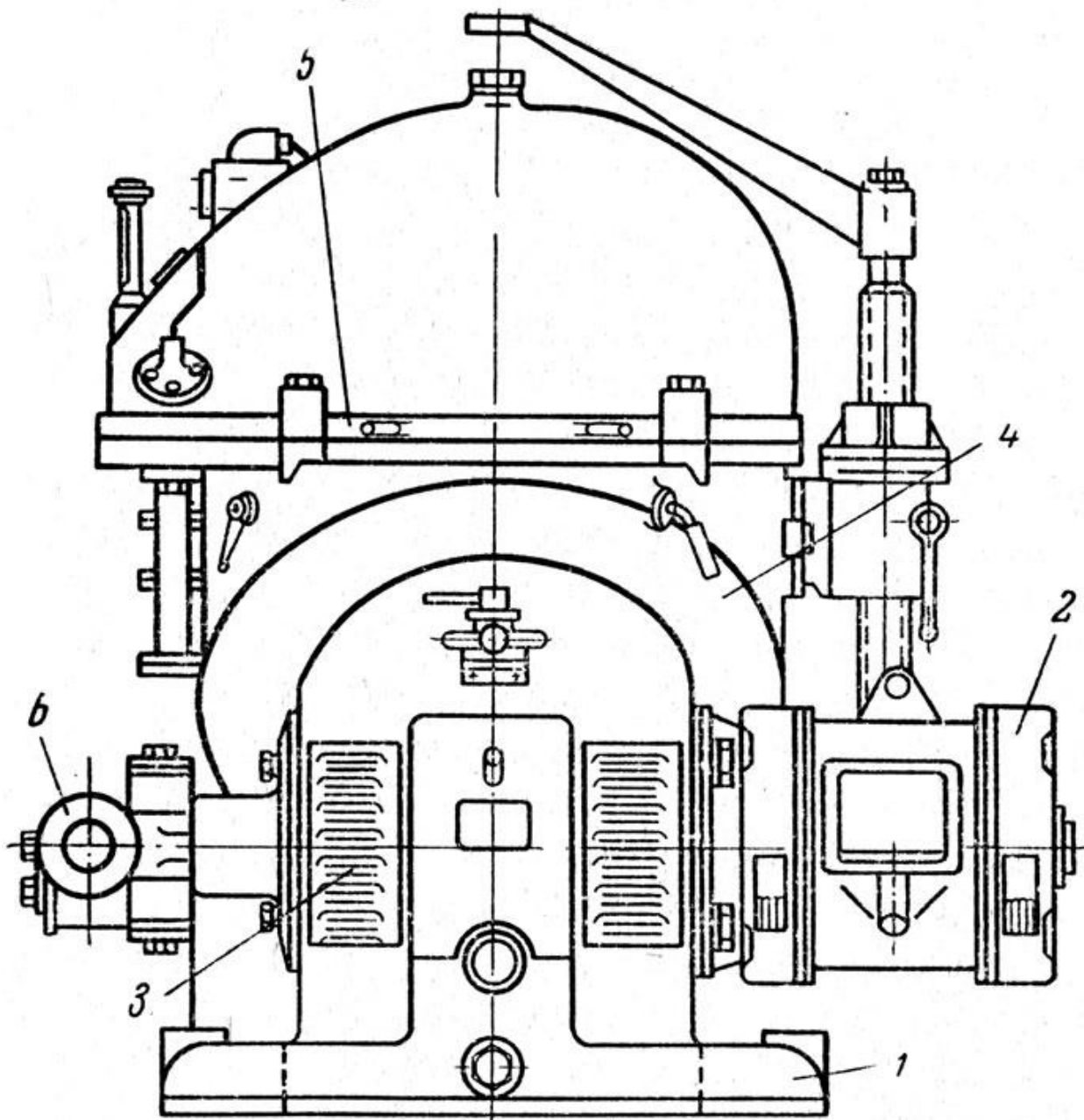


Рис. 18. Сепаратор для первичной очистки жира марки АРИСИМ  
 Болошинского машиностроительного завода: 1 - станина; 2 -  
 электродвигатель; 3 - приводной регулирующий механизм; 4 - контрольная  
 камера; 5 - крышка барабана; 6 - патрубок отводной трубы

Удельная металлоемкость сепаратора АГИСИ-М на 1 л отсепарированного бульона не превышает 0,5 кг . Потребная мощность составляет 0,0033 квт на 1 л отсепарированного бульона.

Для окончательной очистки жира применяют сепаратор марки И С А, состоящий из станины, приводного механизма, тахометра, барабана и приемо-выводного устройства, которое обеспечивает непрерывную спаренную работу с сепаратором ИСМ-М, принимая от него жир на окончательную очистку.

Данный сепаратор имеет открытый подвод для направляемого на очистку жира и открытый сток готового жира и загрязненной воды.

Производительность, <i>т/ч</i> . . . . .	600—2100
Рабочее число оборотов барабана в 1 <i>мин</i> . . . . .	6500
Количество комплектных тарелок в барабане, шт. . . . .	75—85
Продолжительность набора барабаном рабочей скорости, <i>об/мин</i> . . . . .	4—8
Габариты, <i>мм</i> . . . . .	1110×515×1137
Масса барабана, <i>кг</i> . . . . .	135

Установлено, что сепаратор модели АГИСИ-М обеспечивает полное извлечение жира из жиросодержащей жидкости, которая после этого пригодна для обработки на вакуум-выпарных установках для получения концентрированного бульона.

Применение сепаратора с центробежной выгрузкой шлама (рис. 19) исключает трудоемкую работу по очистке барабана, наполненного плотными веществами. Конструктивное оформление таких сепараторов позволяет применять их как пурификаторы, или кларификаторы. Все части сепаратора, соприкасающиеся с жидкостью, а также колпак станины изготовлены из нержавеющей стали. Опорные места горизонтальных и вертикальных частей привода оснащены шарикоподшипниками, смазка которых обеспечивается центральной масляной ванной. Сепаратор приводится в движение посредством находящегося сбоку и укрепленного на фланцах двигателя через центробежную фрикционную муфту и шпунтованное винтовое колесо на веретено. Находящийся на противоположной стороне и укрепленный на фланцах двойной зубчатый масляный насос приводится в движение через эластичную кулачковую муфту от горизонтального передаточного вала.

Все подводящие и отводящие трубопроводы имеют окошки, благодаря которым обеспечивается постоянный контроль за работой сепаратора.

Барабан сепаратора оснащен специальным устройством для удаления шлама, управляемым гидравлическим способом. Весь процесс работы сепаратора может регулироваться вручную или с помощью программного управления. Один из зубчатых масляных насосов предусмотрен для подвода жира на очистку, другой - для отвода очищенного жира. Клеевая вода удаляется самотеком. Барабан собирают для пурификации в тех случаях, когда сепарации подвергается жиросодержащая жидкость, освобожденная от белковых механических взвесей. Степень обезвоживания жира зависит от выбора регулирующего диска, размер которого определяется удельным весом жира и клеевой воды. Сепаратор оснащен необходимым набором регулировочных дисков разного диаметра, рассчитанных на разные плотности жира и клеевой воды.

Производительность, л/ч . . . . .	от 1500 до 4000
Габариты, мм . . . . .	1400—1680×900— 920×1440—1490
Масса, кг . . . . .	855—1240

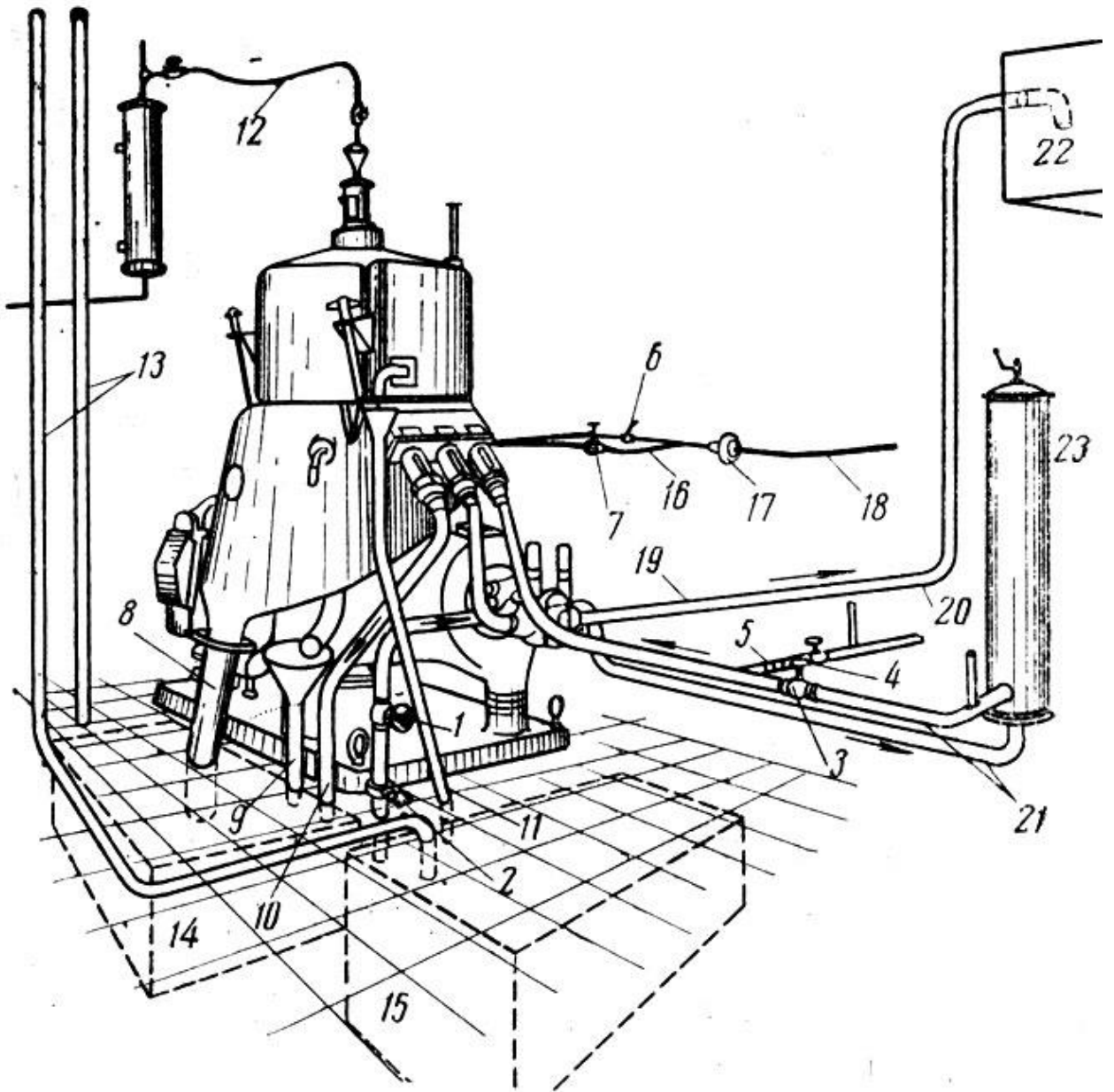


Рис. 19. Сепаратор с центробежной выгрузкой шлама: 1 - запорный клапан во всасывающем трубопроводе; 2 - регулируемая диафрагма; 3 - запорный клапан в нагнетательном трубопроводе; 4 - запорный клапан в водопроводе; 5 - диафрагма; 6 - открытый клапан; 7 - запорный клапан; 8 - сток шлама; 9 - перелив воды для раскрытия и закрытия ротора; 10 - сток воды; 11 - перелив барабана; 12 - дополнительный водопровод; 13 - отсос воздуха; 14 - сборник для шлама; 15 - сборник для загрязненного жира; 16 - арматура для воды (раскрытие и закрытие ротора); 17 - сито; 18 - напор 2 ат; 19 - трубопровод чистого жира; 20 - водопровод; 21 - трубопровод для подачи жира; 22 - резервуар для чистого жира; 23 - устройство для подогрева жира



Получивший широкое распространение центробежный сепаратор Де Лавалья работает непрерывно. Накапливающиеся в барабане загрязнения периодически выбрасываются, в то время как сепаратор продолжает работать с полным числом оборотов. Использование таких самоочищающихся сепараторов обеспечивает непрерывную работу и высокий выход жира.

## Электрофлотация

Одним из новых способов обезжиривания бульона является электрофлотационный способ, основанный на разделении жидких фаз. При этом способе обеспечивается почти полное извлечение жира из бульона, прошедшего сепараторы. Эффективность процесса электрофлотации жира зависит от плотности тока на электродах, продолжительности процесса и высоты слоя обрабатываемой жидкости. При оптимальной плотности тока  $10 \text{ ма/см}^2$  и высоте слоя жидкости 80 - 100 см процесс флотации жира практически заканчивается через 3 мин. Эффект обезжиривания при указанных параметрах достаточно высок и составляет 92 - 88%. При электрофлотационном способе обработки клеевой жидкости содержание взвешенных частиц в ней уменьшается более чем в 5 раз. Электрофлотационные установки питаются постоянным током пониженного напряжения (5 - 10 в). Расход электроэнергии на обработку  $1 \text{ м}^2$  жидкости составляет 0,15 кВт · ч.

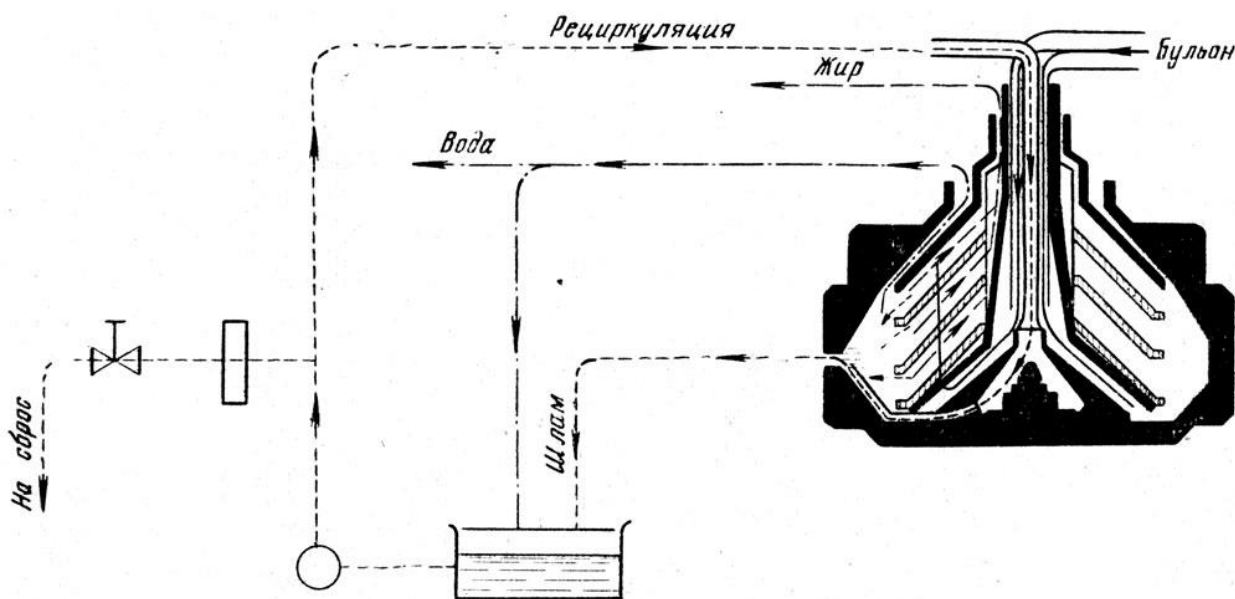


Рис. 20. Автоматическая рециркуляционная установка для очистки бульона и шлама от жира

## Упаривание обезжиренного бульона

Общее содержание жира в клеевой воде, выходящей из сепаратора, зависит от эффективности действия жиромучной установки в целом, температуры сепарирования, от вида и качества сырья и технологии разваривания и прессования получаемой массы.



В клеевой воде (отсепарированном бульоне) иногда содержится эмульгированный жир, особенно при обработке несколько задержанного сырья. В таких случаях она может возвращаться автоматически в систему для повторного сепарирования по схеме, указанной на рис. 20. Повторная сепарация повышает выход рыбьего жира. Таким образом рециркуляционная система позволяет извлекать дополнительное количество жира и направлять на упаривание бульон с меньшим содержанием жира. В процессе обработки клеевая вода, представляющая собой коллоидную систему, претерпевает изменения по следующей схеме

Грубодисперсная система    Коллоиды    Молекулярно-дисперсная система  
Дисперсия → возникновение ← конденсация  
Коагуляция ← уничтожение → растворение

Клеевая вода после очистки бульона от жира проходит все стадии вязкости, начиная от вязкости чистой воды и кончая бесконечно большой вязкостью клеевой воды, прошедшей процесс упаривания и сгущения в выпарных установках. В концентрированных бульонах вязкость уменьшается настолько быстро, что замечается явление, аналогичное плавлению твердого гомогенного тела.

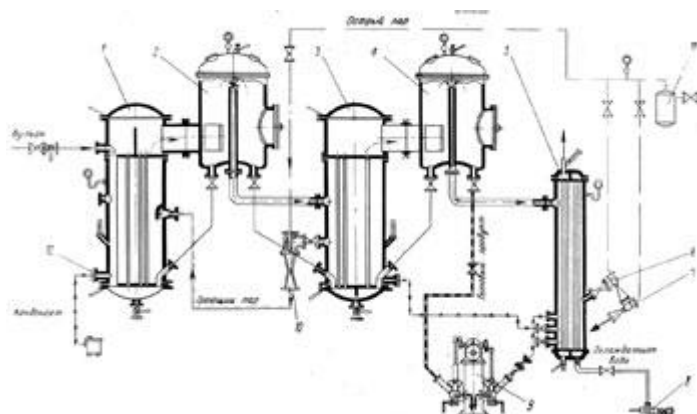
Следовательно, степень дисперсности студня ниже степени дисперсности жидкого его раствора и выше степени дисперсности твердого тела, из которого он получается набуханием. В этих границах степень дисперсности может иметь любую величину, поэтому основным принципом многоступенчатой обработки клеевой воды является постепенное выпаривание воды в теплообменниках, соединенных между собой таким образом, что пар, выходящий из одного выпарного аппарата, служит греющим паром для другого выпарного аппарата.

Передача тепла будет осуществляться только тогда, когда будет существовать разность между температурой пара и температурой клеевой воды. В связи с этим давление пара в последующей ступени всегда ниже давления пара в предыдущей ступени.

**Вакуум-выпарные установки.** Для получения концентрированного бульона применяются установки промышленного типа, работающие под давлением и вакуумом. Установки, работающие на низкотемпературном режиме с эжекцией пара под вакуумом во всех ступенях испарения, чаще всего используются в стационарных условиях. Установки, работающие под давлением и вакуумом с конденсацией паров во второй вакуум-выпарной ступени, широко применяются на судовых жиромучных производствах.

Вакуум-выпарная двухступенчатая установка непрерывного действия марки ИВ-2Н (рис. 21), работающая на низкотемпературном режиме производительностью 390 кг/ч по испаряемой влаге (вакуум создается эжекцией пара) имеет два калоризатора с испарителями первой и второй

ступени, конденсатор, эжекторную группу, необходимые насосы и бак для сбора концентрированного бульона. Калоризатор первой ступени выполнен в виде сварного цилиндра.



*Рис. 21. Вакуум-выпарная двухступенчатая установка непрерывного действия марки ИВ-2Н ВНИЭКИПродмаш: 1 - калоризатор; 2 - испаритель первой ступени; 3 - калоризатор второй ступени; 4 - испаритель второй ступени; 5 - конденсатор; 6 - пусковой эжектор № 2; 7 - пусковой эжектор № 1; 8 - насос для охлаждения воды; 9 - насос для концентрированного клевого бульона; 10 - термокомпрессор; 11 - каплеуловитель; 12 - регулировочное кольцо*

В торцах нижней части цилиндра имеются трубчатые решетки, состоящие из 64 вертикальных трубок и трубы большого сечения для приема и подачи бульона на упаривание. Бульон непрерывно стекает под нижнюю трубчатую решетку, а затем в трубное пространство, которое является зоной кипения упариваемого бульона.

Во избежание пригорания частичек белка в трубках в зоне поступления пара имеется предохранительный козырек, который воспринимает основной ток пара. Доведенный до кипения бульон непрерывно отводится в испаритель по трубе, установленной под некоторым углом, что дает возможность создавать в испарителе вихревое движение, ускоряя тем самым выделение частичек пара из бульона. Полученный таким образом вторичный пар направляется в межтрубное пространство калоризатора второй ступени как греющий пар, а клеевая вода в калоризатор второй ступени для выпаривания из нее воды необходимой концентрации.

Устройство вакуум-выпарной установки предусматривает возможность возврата бульона обратно в калоризатор первой ступени, если потребуется необходимость повторного удаления влаги из бульона для повышения его концентрации.

В процессе работы выпарной установки бульон в калоризаторе первой ступени начинает кипеть при температуре 80° С; благодаря поддержанию необходимого разрежения.

Отсос паров проводится через испаритель. Соковый пар из испарителя протягивается термокомпрессором через межтрубное пространство калоризатора второй ступени, где он частично конденсируется, отдавая тепло на обогрев бульона во второй ступени. Другая часть сокового пара в смеси с острым паром, пройдя термокомпрессор и получив при этом заданные параметры, поступает на обогрев бульона в первой ступени. Концентрация бульона по ступеням регулируется путем возврата части бульона из испарителей в калоризатор той же ступени на повторное упаривание.

Первоначальное разрежение на установке создается двумя пусковыми эжекторами, подключенными к межтрубному пространству конденсатора.

Производительность по испаряемой влаге, кг/ч . . . . .	390
Габариты, мм . . . . .	4370 × 2950 × × 4522
Масса, т . . . . .	4,8
Температура охлаждающей воды, °С . . . . .	28
<b>Расход</b>	
воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	5
пара, кг/ч . . . . .	250
Давление острого пара, ат . . . . .	5
<b>Содержание сухих веществ, %</b>	
в поступающем клеевом бульоне . . . . .	5—7
после первого испарителя . . . . .	15
после второго испарителя (концентрированного бульона) . . . . .	40—45
Установленная мощность электродвигателей, квт . . . . .	5,6
<b>Температура, °С в калоризаторе бульона</b>	
первом . . . . .	95
втором . . . . .	70
<b>парового пространства в калоризаторе</b>	
первом . . . . .	110
втором . . . . .	90
<b>Давление пара, ат</b>	
<b>в паровом пространстве калоризатора</b>	
первого . . . . .	0,5—2
второго . . . . .	0,5
<b>в испарителе</b>	
первом . . . . .	0,9—0,8
втором . . . . .	0,2—0,4

На рис. 22 представлена прямоточная двухступенчатая установка, в которой первая ступень работает под давлением, а вторая под вакуумом. Клеевой бульон в первой ступени калоризатора кипит под воздействием пара высокого давления, поступающего в межтрубное пространство. Вторая ступень калоризатора обогревается за счет сокового пара, поступающего из первой ступени калоризатора.

Вакуум создается водокольцевым насосом и поддерживается конденсацией вторичных паров второй ступени. Перед подачей на выпарную установку температура клеевой воды в промежуточном баке доводится до 85 - 90°C, после этого включается в работу центробежный насос, которым бесперебойно подается бульон в подтрубную камеру калоризатора первой ступени. Процесс выпаривания заключается в многократной естественной циркуляции клеевой воды через трубный пучок калоризатора, испаритель и соединительную трубу.

Сепарация забрасываемой в испаритель влаги от сокового пара осуществляется следующим образом. Конец входного патрубка направлен к стенке аппарата и обеспечивает необходимый центробежный эффект. Капельки жидкости отбрасываются к стенкам аппарата, по которым и стекают вниз.

В процессе работы выпарной установки вторичный пар и упаренный до необходимой концентрации клеевой бульон непрерывно поступают во вторую ступень, где осуществляется тот же процесс выпаривания под вакуумом.

Конденсат, выходящий из межтрубного пространства калоризатора первой ступени, через конденсатоотводчик возвращается в испарительную систему. Остальной конденсат обычно бывает загрязнен белковыми примесями и сбрасывается в канализационную сеть.

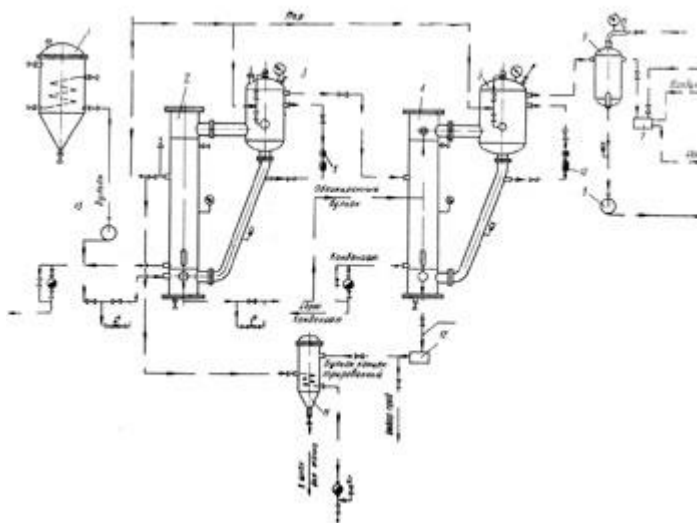


Рис. 22. Двухступенчатая прямоточная выпарная установка первая работает под давлением, вторая - под вакуумом: 1 - бак для бульона; 2 - калоризатор первой ступени; 3 - испаритель первой ступени; 4 - калоризатор второй ступени; 5 - испаритель второй ступени; 6 - конденсатор; 7 - вакуум-насос; 8 - насос для охлаждающей воды; 9 - регулятор уровня первой ступени; 10 - регулятор уровня второй ступени; 11 - бак для концентрата; 12 - насос для готового продукта; 13 - насосная установка

Необходимый уровень бульона в испарительной системе регулируется автоматически с помощью поплавковых датчиков уровня ПДУ-9 и ПДУ-10, установленных на испарителях.

Концентрированный клеевой бульон из подтрубной камеры калоризатора второй ступени откачивается винтовым насосом в бак, откуда определенными порциями равномерно подмешивается в жом, направляемый в сушилку.

Вакуум-выпарная установка марки ИВН ВНИЭКИПродмаш, применяющаяся на отечественных судах, имеет следующую техническую характеристику.

Производительность по испаряемой влаге, кг/ч . . . . .	390
Содержание сухих веществ, %	
в бульоне . . . . .	5
после первого испарителя . . . . .	15
после второго испарителя . . . . .	45—40
Температура подаваемого бульона, °С . . . . .	75
Давление острого пара, ат . . . . .	4
Температура охлаждающей воды, °С . . . . .	до 15
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	4,5
Расход пара, кг/ч . . . . .	250
Габариты, мм . . . . .	2950×4300× ×4480
Масса, кг . . . . .	4480

Эта вакуум-выпарная установка может работать на охлаждающей воде с большим температурным диапазоном (от 12 да 35°С).

При подаче в конденсатор воды температурой 12 - 14°С вакуум-выпарная установка обеспечивает испарение влаги в количестве 320 - 350 кг /ч. При этом средняя концентрация упаренного бульона доходит до 40%.

Производительность установки и средняя концентрация бульона при работе вакуум-выпарной установки с подачей на конденсатор охлаждающей воды при  $t = 25 \div 28^\circ\text{C}$  практически постоянна в течение всего периода работы.

При подаче чистой воды температурой 32 - 35°С производительность вакуум-выпарной установки несколько снижается и не превышает 280 - 300 кг /ч по испаряемой влаге. При такой относительно высокой температуре охлаждения производительность вакуум-выпарной установки составляет не менее 13 - 14% запроектированной производительности, что позволяет использовать ее для работы в условиях тропиков.

Технологические показатели, характеризующие работу вакуум-выпарной установки марки ИВН, даны в табл. 25.



Цикл работы, ч	Содержание плотных веществ в клеевой воде, %	Температура клевого бульона, °С	Поддерживаемый вакуум, ат		Удалено влаги, л	Наличие плотных веществ в упаренном бульоне, %	Получено упаренного бульона, кг	Переработано клевого бульона, кг	Расход охлажденной воды, м³	Температура охлажденной воды, °С
			первая ступень	вторая ступень						
9	7,1	80—85	0,9	0,35—0,4	2150	40,1	450	2600	4,7	13
9	7,0	85—88	0,9—0,92	0,4—0,42	2080	37,8	470	2550	4,8	13,5
9	7,1	85—87	0,87—0,92	0,38—0,39	2280	42,0	420	2700	5,0	14
9	7,2	85—88	0,9—0,91	0,37—0,41	2100	45,0	400	2500	4,7	14
9	8,0	88—93	0,9—0,91	0,35—0,4	1830	35,0	570	2400	5,1	25—28
9	7,0	90—95	0,85—0,91	0,35—0,38	2100	38,0	470	2570	4,8	27—29
9	7,1	95	0,85—0,91	0,38—0,43	2145	40,2	455	2600	4,7	28—29
9	8,3	85—95	0,9	0,35—0,4	1900	33,0	600	2500	5,2	26
5	8,1	85	0,83	0,35	930	37,0	270	1200	4,8	27
9	8,0	80—85	0,83—0,88	0,35—0,4	2258	42,0	442	2700	4,6	26—28
9	6,5	85	0,83—0,88	0,35—0,4	1970	37,0	430	2400	6,5	32—36

Таблица 25

В процессе работы вакуум-выпарной установки в конденсационной магистрали иногда создается высокое давление, тогда отвод конденсата из калоризатора первой ступени осуществляют через отдельную линию с выпуском его в атмосферу.

Подача бульона из первой ступени во вторую и из второй ступени к насосу регулируется специальными кранами. Испарители первой и второй ступеней этой системы обычно соединяются между собой трубопроводом через соответствующий кран-тройник, что позволяет поддерживать необходимый стабильный режим испарения. Во избежание переполнения напорных баков клеевой водой их оборудуют переливными патрубками.

Из зарубежных установок представляют интерес следующие.

Выпарная станция югославского завода "Единство" марки РБ - 1000 производительностью 24 т в сутки по испаряемой влаге состоит из двух корпусов с выносной поверхностью, нагрева и термокомпрессором. Оба корпуса оборудованы емкостными датчиками уровня, которые вместе с высокочастотными генераторами и датчиками давления устанавливаются непосредственно на выпарных аппаратах. Регулирование процесса упаривания осуществляется путем изменения электрической емкости, величина которой зависит от количества бульона, находящегося в корпусах.

Установленные датчики дают сигнал на вторые приборы, расположенные на пульте, а те, в свою очередь, действуют на электрические исполнительные механизмы, осуществляющие регулировку клапанов, подающих клеевой бульон в вакуум-аппараты. Концентрация упариваемого бульона во втором

корпусе контролируется фотоэлектрическим датчиком электронного рефрактометра, устанавливаемого на циркуляционной трубе.

Система регулирования процесса упаривания бульона обеспечивает автоматическую подачу бульона во второй корпус, когда его концентрация становится ниже заданной. Как только концентрация бульона будет доведена до заданного предела, клапан закрывается и полученный концентрированный продукт сливается через клапан разгрузочной трубы. По мере снижения уровня клеевого бульона он автоматически доливаётся в тот или другой корпус.

Вакуум-выпарная станция в работу включается с пульта управления. Предусмотрена возможность переключения вакуум-выпарной станции с автоматического управления на ручное. При переключении приборы и сигнализация продолжают работать.

В комплект этой вакуум-выпарной станции входят сборник для клеевой воды, два выпарных корпуса, два насоса, обеспечивающих циркуляцию бульона, насос для слива концентрированного бульона, полубарометрический конденсатор, центробежный вакуум-насос и насос для воды, необходимые трубопроводы и пульт управления.

Показатели	Нагрузка на рыбомучную установку, %	
	100	60
Суточное поступление сырья на РМУ, <i>m</i>	30	20
Суточный выход муки, <i>m</i>		
с применением выпарной установки (22%) . . . . .	6,6	4,4
без применения выпарной установки (17%) . . . . .	5,1	3,4
Выход муки за год, <i>m</i>		
с применением выпарной установки . . . . .	1507	1000
без применения выпарной установки . . . . .	1162	725
Увеличение выхода муки в результате применения выпарной установки за год, <i>m</i> . . . . .	345	275
Годовая дополнительная прибыль за счет увеличения содержания протеина, тыс. руб. . . . .	$22 \times 1507 = 33,0$	$22 \times 1000 = 22,0$
Годовая прибыль за реализацию дополнительной муки, полученной в результате применения выпарной установки, тыс. руб. . . . .	$542 \times 345 = 181,0$	$542 \times 275 = 149,0$
Общая годовая прибыль за счет применения выпарной установки, тыс. руб. . . . .	214,5	171,0

Таблица 26

В установках системы "Атлас стард" уровень жидкости в испарителе контролируется посредством фотоэлемента в сочетании с визуальной системой уровня. Испаритель первой стадии спроектирован на давление до

10 ат и работает при давлении 3 - 4 ат, вторая стадия упаривания проводится под вакуумом. Упаренный бульон поступает в танк, имеющий индикатор уровня и приспособление для непрерывного нагрева паром.

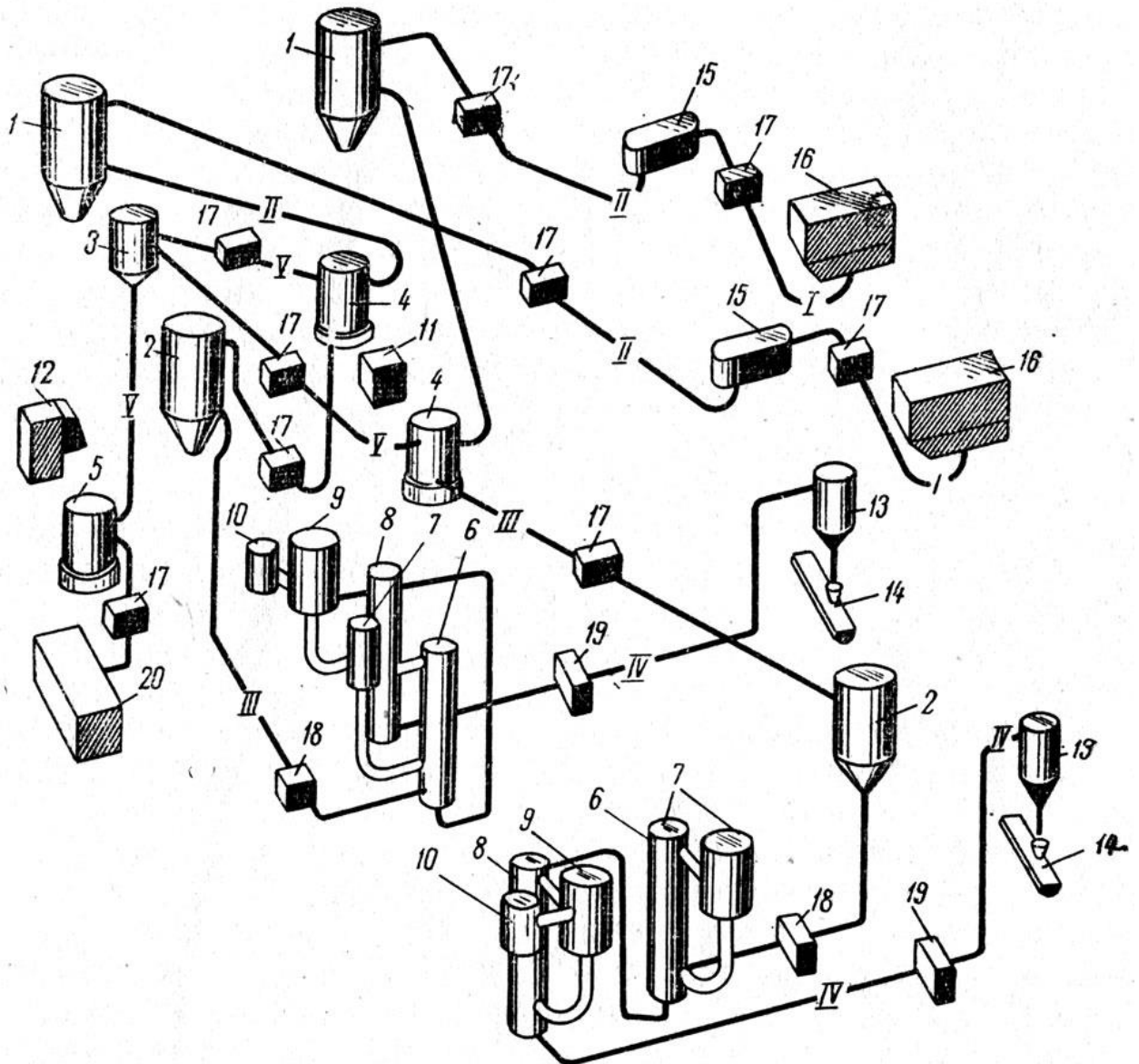


Рис. 23. Технологическая схема обработки жиросодержащей жидкости и получение концентрированного бульона и жира на линии из двух спаренных жиромучных установок общей производительностью 70 т сырья в сутки на специализированных жиромучных судах Каспийского бассейна: I - бульон подпрессовый; II - бульон осветленный; III - бульон обезжиренный; IV - бульон концентрированный; V - жир неочищенный: 1 - бак для осветленного бульона; 2 - бак для обезжиренного бульона; 3 - бак для жира; 4 - сепаратор грязевой; 5 - сепаратор жировой; 6 - калоризатор первой ступени выпарной установки; 7 - испаритель первой ступени; 8 - калоризатор второй ступени; 9 - испаритель второй ступени; 10 - конденсатор; 11 - стол для сепараторных тарелок; 12 - машина для мойки сепараторных тарелок; 13 - бак для концентрата; 14 - шнек для жома; 15 - центрифуга; 16 - пресс шиековый; 17 - насос РЗ 45-3А; 18 - насос от выпарной установки; 19 - насос для концентрата; 20 - цистерна для жира



**Технико-экономические расчеты** показали целесообразность применения вакуум-выпарных установок (табл. 26). При использовании клеевых бульонов на плавбазе типа "Спасск" рентабельность 1 ц муки возрастает на 1 р. 57 коп., а прибыль от реализации муки, выработанной за сутки, - на 95 руб.

Из табл. 26 видно, что при среднесуточной загрузке жиромучной установки производительностью 30 т по сырью в сутки только на 60% дополнительно получают 275 т в год протеина, а при загрузке на полную мощность и переработке 30 т сырья в сутки дополнительная выработка муки повышается до 345 т в год. Кормовая ценность всего продукта за счет увеличения содержания протеина заметно возрастает и соответственно повышается цена муки в среднем на 4%, а в денежном выражении каждая тонна рыбной муки дает дополнительно накопление в размере 22 руб., т. е. применение вакуум-выпарных установок для упаривания бульона и использования получаемого протеина на выработку рыбной муки дает возможность получить прибыль от 171 до 214,5 тыс. руб. в год.

**Технологическая схема** обработки жиросодержащей жидкости и получения концентрированного бульона и жира на линии из двух спаренных жиромучных установок общей производительностью 70 т в сутки по сырью на специализированных жиромучных судах Каспийского бассейна представлена на рис. 23.

На плавбазе "Николай Данилов" при работе на жиромучной установке фирмы "Атлас" производительностью 100 т в сутки по сырью с использованием подпрессовых бульонов для выработки цельной муки получают исключительно высокие технико-экономические показатели. Так, удельный расход пара на технологические нужды в производстве рыбной муки и жира колеблется от 0,91 до 1,22 кг/ч, электроэнергии от 78,9 до 99,3 кет/ч, в том числе 10,4 квт/ч приходится на выпарную установку. Производительность одной линии при одновременной работе выпарной установки достигает 44,7 т в сутки по сырью. При работе на сельди и использовании подпрессовых бульонов выход муки составляет 21,4%, а при работе на смешанном сырье (скумбрия и сельдь) - от 18,3 до 19,9%. Содержание сухих веществ в концентрированном бульоне доходит до 45%. При работе на смешанном сырье (скап, баттерфиш) без использования подпрессовых бульонов выход муки заметно снижается и составляет от 14,86 до 16,8%.

Основные производственные показатели жиромучной установки приведены ниже.

Температура сырья в бункере дозатора, °С . . . . .	3—6
Число оборотов шнека дозатора в 1 мин . . . . .	2—5
Температура разваренной массы на выходе из варильника, °С . . . . .	98—100
Давление пара, ат	
поступающего на обогрев варильника . . . . .	4,74—8,22
в роторе варильника . . . . .	4,74—5,29
в зарубашечном пространстве варильника . . . . .	4,54—5,19
в калорифере предварительной сушилки . . . . .	3,84/7,43— 3,6/8,34
Температура воздуха, °С	
поступающего из калорифера в сушилку . . . . .	125—149
на выходе из сушилки . . . . .	78—88
Влажность сушенки на выходе из предварительной сушилки, % . . . . .	13,9—26,6
Окончательная сушилка	
давление пара, ат . . . . .	4,26—5,4
температура, °С	
воздуха на выходе . . . . .	56—70
сушенки на выходе . . . . .	24—33

Баланс сухих веществ и химический состав сырья, полуфабриката и готовой продукции, включая использование подпрессовых бульонов, характеризуются следующими данными.

Химический состав сырья (в %)\*.

\* ( В числителе даны пределы содержания, в знаменателе - среднее содержание. )

Влага . . . . .	<u>69,19—77,8</u>
	74,3
Жир . . . . .	<u>2,62—11,3</u>
	6,11
Зола . . . . .	<u>2,97—4,25</u>
	3,3
Протеин . . . . .	<u>15,33—17,33</u>
	16,29

Химический состав разваренной массы перед направлением ее в пресс (%):

Влага . . . . .	<u>74,0—88,61</u>
	81,88
Жир . . . . .	<u>1,22—4,42</u>
	2,68
Зола . . . . .	<u>1,93—6,51</u>
	3,34
Протеин . . . . .	<u>7,26—15,07</u>
	12,10

Химический состав жома (в%) после выхода его из пресса

Влага . . . . .	<u>47,98—62,38</u>
	53,25
Жир . . . . .	<u>2,0—3,39</u>
	2,99
Зола . . . . .	<u>5,01—6,92</u>
	5,77
Протеин . . . . .	<u>29,14—42,87</u>
	37,99

Примечай и е. Применяемый в дайной жиромучной установке двухшнековый пресс обеспечивал паспортные характеристики во всех циклах работы, за исключением одного цикла, когда остаточная влажность в жоме составляет 62,38%. По действующим инструкциям, влажность жома должна быть в пределах от 50 до 57%.

Химический состав Сушенки (в %):



Влага . . . . .	$\frac{8,5-16,2}{10,34}$
Жир . . . . .	$\frac{6,4-8,3}{7,35}$
Зола . . . . .	$\frac{14,88-17,4}{16,14}$
Протеин . . . . .	$\frac{70,86-65,5}{68,17}$

Химический состав полученной рыбной муки без использования подпрессовых бульонов (в %):

Влага . . . . .	$\frac{6,26-10,7}{8,5}$
Жир . . . . .	$\frac{6,94-7,9}{7,42}$
Зола . . . . .	$\frac{13,2-17,32}{14,95}$
Протеин . . . . .	$\frac{64,46-72,64}{68,55}$
Соль . . . . .	0,58

Химический состав бульона, выходящего из двухшнекового пресса (в %):

Влага . . . . .	$\frac{80,04-89,5}{86,02}$
Жир . . . . .	$\frac{1,96-9,40}{5,03}$
Зола . . . . .	$\frac{1,12-1,57}{1,23}$
Протеин . . . . .	$\frac{6,83-9,44}{7,72}$

При переработке 1 т рыбного сырья получается 350 кг жома и 650 кг бульона, весовой состав бульона (в кг):

Влага . . . . .	559,0
Жир . . . . .	32,5
Протеин . . . . .	50,0
Зола . . . . .	8,5

Химический состав: белковой массы (в %), полученной из шлагоотделителя:

Влага . . . . .	$\frac{60,0-73,3}{68,6}$
Жир . . . . .	$\frac{1,47-2,66}{2,0}$
Зола . . . . .	$\frac{2,7-5,64}{3,7}$
Протеин . . . . .	$\frac{21,04-32,29}{25,7}$

Крупная белковая фракция, отделяемая из бульона шламоотделителем, составляет 3,95%. Выход белковой массы в шламоот делители (в кг /т сырья), равен

$$\frac{650 - 3,95}{100} = 25,6.$$

Химический состав бульона после сепаратора (в %):

Влага . . . . .	$\frac{92 - 93,1}{92,57}$
Жир . . . . .	$\frac{0,20 - 0,78}{0,4}$
Зола . . . . .	$\frac{1,01 - 1,56}{1,28}$
Протеин . . . . .	$\frac{5,14 - 6,76}{5,75}$

При сепарации жирность бульона снижается в 5,03 до 0,40%. Количество жира (в кг /т сырья), выделяемого сепарацией, достигает

$$\frac{650 - (5,03 - 0,4)}{100} = 30.$$

Таким образом, количество прессового бульона после прохождения через шламоотделитель и сепаратор (кг /т сырья) снижается на  $25,6 + 30,0 = 55,6$ .

Количество очищенного клеевого бульона, направляемого на упаривание составляет

$$650 - 55,6 = 594,4 \text{ (кг/т сырья).}$$

Химический состав клеевого бульона, направляемого в концентратор на упаривание после сепарации, дан ниже (в кг):

Влага . . . . .	550,2	
Жир . . . . .	2,4	
Зола . . . . .	7,7	} 44,2
Протеин . . . . .	34,1	
<b>Итого . . . . .</b>	<b>594,4</b>	

Химический состав полученного концентрата после упаривания (в %):

Влага . . . . .	$\frac{50,7-57,5}{54,1}$	
Жир . . . . .	$\frac{1,8-4,5}{3,2}$	
Зола . . . . .	$\frac{4,54-8,36}{6,50}$	} 45,9
Протеин . . . . .	$\frac{36,44-37,14}{36,20}$	

При содержании плотных веществ в концентрате 45,9% масса плотных веществ составляет 44,2 кг /т сырья, а масса концентрата равна

$$\frac{44,2}{45,9} \times 100 = 103,8 \text{ (кг/т сырья).}$$

Количество влаги, отогнанной из бульона в испарителе, достигает

$$594,4 - 103,8 = 490,6 \text{ (кг/т сырья).}$$

Весовой состав концентрата (в кг), получаемого из 1 т сырья, при зафиксированном химическом составе:

Влага . . . . .	56,1	
Жир . . . . .	3,3	} 47,7
Зола . . . . .	6,8	
Протеин . . . . .	37,6	

При содержании плотных веществ 47,7 кг в концентрате, полученном из 1 т сырья, и влажности в готовом продукте до 12% выход рыбной муки из концентрированного бульона в пересчете на 1 т сырья составляет

$$\frac{47,7}{88} \times 100 = 54 \text{ кг (или 5,4%).}$$

Следовательно, при использовании подпрессовых бульонов выход муки увеличивается на 3,18%. При этом химический состав цельной рыбной муки (в %) характеризовался следующими данными:

Влага . . . . .	$\frac{7,54-15,6}{10,7}$
Жир . . . . .	$\frac{4,3-7,25}{5,8}$
Зола . . . . .	$\frac{8,63-10,7}{9,9}$
Протеин . . . . .	$\frac{67,57-76,12}{73,6}$

Определение привеса протеина в цельной муке производится соответствующим перерасчетом химического состава. Этот привес характеризуется данными табл. 27.

Вещество	Привес протеина (в %) в рыбной муке, получаемой	
	без использования подпрессовых бульонов	с использованием подпрессовых бульонов
Влага . . . . .	10,7	10,7
Жир . . . . .	7,26	5,6
Зола . . . . .	14,62	9,9
Протеин . . . . .	67,03	73,6
Соль . . . . .	0,39	—
		+6,57

Таблица 27

Введение рыбного концентрата, получаемого после упаривания бульона, в кормовую муку дает исключительно большой кормовой эффект, так как фактор животного белка (АР), аминокислоты; и витамины, взаимодействуя, обеспечивают необходимый кормовой баланс.

На отечественных судах, а также на судах США, Японии, Перу, Норвегии, ФРГ, Англии и некоторых других стран рыбно-мучные установки снабжены выпарными аппаратами. Сконцентрированные бульоны, содержащие белковые вещества, витамины и минеральные соли, возвращаются в кормовую муку или выпускаются в виде самостоятельного кормового продукта, называемого растворимой рыбой.

Новым и прогрессивным в технологии упаривания обезжиренных бульонов является использование центробежной силы для быстрого пропускания

испаряемой жидкости через поверхность нагрева. При этом продолжительность испарения жидкости сократилась до 1 сек. Это новое усовершенствование фирмы "Альфа Лаваль" обеспечивает более полное сохранение цвета, содержания протеина, витаминов и других входящих в бульон веществ. Отсутствие денатурации улучшает растворимость порошкообразных продуктов и обеспечивает получение кормовых и пищевых продуктов высокого качества.

Новая технология упаривания бульонов дает возможность положительно решать вопросы организации производства концентрированных бульонов из абсолютно свежего сырья для последующего выпуска из них продуктов питания, обеспечивает высокую степень их концентрации. Очищенные от жира бульоны за один цикл могут сгущаться до концентрации сухих веществ 85 %.

Из выпарных установок, применяемых за рубежом, представляет интерес непрерывно действующая установка фирмы "Де Лаваль", именуемая "Центритерм" (рис. 24), производительностью 800 кг /ч по испаряемой влаге,

в процессе работы в ее выпарном аппарате одновременно может быть только 1,5 л жидкости. В связи с тем, что в системе содержится мало бульона, а теплопередача чрезвычайно эффективна, нормальные рабочие параметры достигаются быстро.

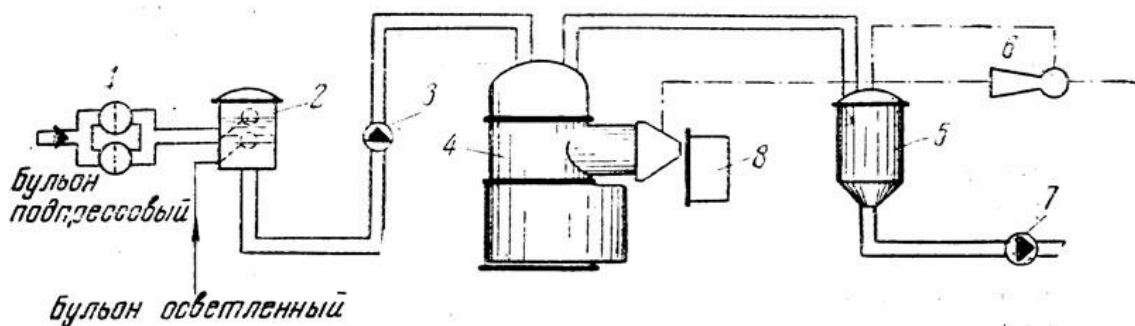


Рис. 24. Технологическая схема непрерывно действующей выпарной установки фирмы 'Де Лаваль' 'Центритерм' производительностью 800 кг испаряемой влаги в 1 ч: 1 - фильтры взаимозаменяемые; 2 - балансирующий резервуар с двумя поплавковыми клапанами; 3 - питающий насос переменной производительности; 4 - выпарной аппарат; 5 - вакуум-охладитель; 6 - пароструйный эжектор; 7 - вытяжной насос; 8 - поверхностный конденсатор типа пластинчатого теплообменника

По сравнению с большинством выпарных установок у "Центритерма" период работы между чистками более продолжителен, так как упариваемый бульон отбрасывается центробежной силой с поверхности нагрева до образования пригара.



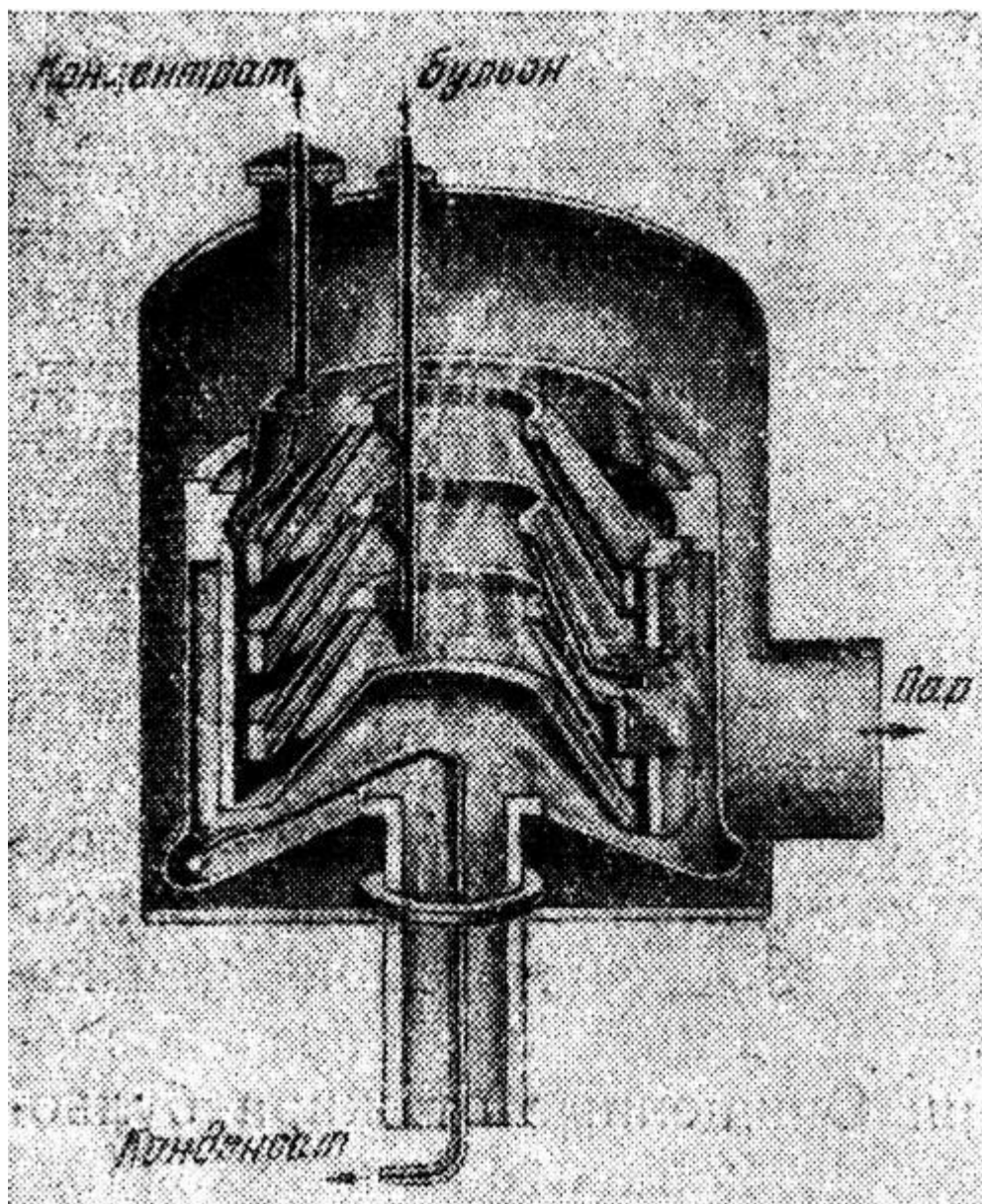


Рис. 25. Схема установки 'Центритерм'

Схема удаления влаги из бульона показана на рис. 25. Поверхность нагрева состоит из ряда нагреваемых паром конусных тарелок, которые вращаются на общем веретене. Бульон подается в аппарат через патрубок. Сопла разбрызгивают жидкость к нижней части конусов, где она под действием центробежной силы немедленно распределяется по всей поверхности нагрева слоем толщиной не более 0,1 мм. Кипящий бульон проходит через поверхность нагрева приблизительно в течение 1 сек. Концентрат собирается в пространстве на периферии конусов, откуда проходит через вертикальные отверстия в отдельный канал и затем выпускается через стационарный отделительный патрубок. Пар отводится из окружающего кожуха через боковое отверстие.

Через полое веретено пар впускается в паровую камеру, а затем внутрь конуса, где конденсируется проходящим по другой стороне бульоном. Центробежной силой конденсат отбрасывается к верхним внутренним

конусным стенкам, следуя по ним к периферии конусов, откуда выпускается через отверстия в отделительном канале, находящемся на дне паровой камеры.

Отсюда он вытягивается стационарным отделительным патрубком и выпускается через полое веретено.

Выпарная установка имеет два фильтра, которые отделяют все крупные частицы белка из бульона, поступающего в балансирующий резервуар. Резервуар снабжен двумя поплавковыми клапанами, из которых один поддерживает постоянный уровень жидкости, а другой служит предохранителем. В том случае когда подача жидкости по какой-либо причине прекращается, предохранительный клапан направляет бульон в резервуар и таким образом предотвращает "сухое кипение" и пригорание.

Питающий насос подает жидкость в выпарной аппарат, пропускная способность которого регулируется этим же насосом переменной мощности. После выпаривания бульона до установленной концентрации полученный концентрат немедленно охлаждается в вакуум-охладителе, вакуум которого создается пароструйным эжектором. Готовый к расфасовке концентрат откачивается насосом. Соковый пар из выпарного аппарата и эжектора конденсируется в поверхностном конденсаторе. Техническая характеристика конденсатора показана в табл. 28.

Показатели	Марка СТ6	Марка СТ9
Максимальная производительность, кг/ч	800	2500
Расход пара, кг на 1 кг выпаренной влаги	1,1	1,1
охлаждающей воды, т/ч	13	41
Мощность установки, л. с.	14	25
Масса, кг	1500	6300
Габариты, мм	2470—4000×1975	2850×2775×3800
Требуемая высота помещения, включая обойму блока, мм	3800	4800

Таблица 28

## Высушивание

Отпрессованная плотная масса содержит воду, поэтому она должна немедленно высушиваться.

Высушивание продукта преследует две основные цели: привести продукт в состояние, при котором он не подвергается порче и разложению, т. е. обеспечить возможность продолжительного хранения его в складах обычного типа; удешевить транспортировку рыбной муки, уменьшая ее вес.

В процессе высушивания тщательно контролируется температурный режим во избежание ухудшения свойств муки. Повышенная влажность жомы при хранении способствует разложению белковых веществ. При наличии избыточной влаги В: результате развития многочисленных микроорганизмов интенсивно идет процесс гниения, сопровождающийся выделением дурно пахнущих газов: белковые вещества разлагаются с образованием большого количества продуктов распада, в том числе аммиака, сероводорода и других веществ. Удаление излишней влаги из продукта снижает жизнедеятельность микробов. Если микроорганизмы в процессе стерилизации не погибают, то в высушенном продукте они не могут развиваться. Нельзя направлять на хранение влажную рыбную муку или подсушенный полуфабрикат еще и потому, что находящийся в них жир прогоркает, придавая продукту неприятный вкус. Прогоркание жира сопровождается образованием веществ, способных вызвать отравление животных.

Процесс сушки заключается в удалении влаги из высушиваемого материала до содержания ее в продукте не более 10%. При дальнейшем снижении содержания влаги в продукте его кормовые свойства ухудшаются.

При высушивании рыбной муки до содержания влаги менее 10% резко снижается перевариваемость муки вследствие глубокой денатурации белков. Следовательно, в массе, выходящей из-под пресса с содержанием около 45% влаги, 10 - 12% влаги (в пересчете на сухое вещество) будут относиться к химически связанной, т. е. к влаге, которая является составной частью муки в нормальных условиях ее хранения.

Скорость высушивания материала находится в прямой зависимости от скорости испарения свободной влаги с поверхности этого материала и скорости диффузии влаги из толщи его к поверхности. Скорость диффузии зависит от температуры, поэтому ускоренное высушивание может быть достигнуто применением максимально сухого воздуха, а также повышением его температуры, при котором возрастает водопоглотительная способность воздуха. Частой сменой подогретого воздуха с поверхности продукта удаляется слой воздуха, обогащенный влагой, поэтому диффузия происходит за счет разности во влажностном содержании внутри высушиваемого материала и на его поверхности, а также за счет температуры нагрева.

Так, например, при 0°C предельное количество влаги, содержащейся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, равно 4,84 г; при температуре 0° и относительной влажности 5% в 1 м<sup>3</sup> воздуха содержится влаги 0,24 г. Повышая температуру в процессе сушки, создают такие условия, при которых количество водяных паров, необходимое для насыщения данного объема воздуха, возрастает. Так, при температуре 5°C и относительной влажности 100% в 1 м<sup>3</sup> воздуха содержится 6,80 г воды, а при температуре 25°C и той же относительной влажности в 1 м<sup>3</sup> воздуха будет 23,03 г воды. Таким образом, чтобы высушить продукт при температуре 25°C, необходимо создать такие условия, при которых слои воздуха, соприкасающиеся с поверхностными слоями продукта, содержали бы

влаги в  $1 \text{ м}^3$  меньше 23,03 г, иначе продукт не будет отдавать влагу, т. е. относительная влажность воздуха должна быть ниже 100%. Практически это достигается путем обмена воздуха, при котором насыщенный влагой воздух удаляется, а вместо него поступает воздух с меньшим содержанием паров, т. е. с большей влагоемкостью.

Степень насыщения определяют в процентах от предельной влажности и называют относительной влажностью. Относительную влажность  $\varphi$  (в % от 0 до 100) определяют по следующей формуле:

$$\varphi = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{н}}},$$

где  $Q_{\text{н}}$  - количество пара в единице объема влажного воздуха;

$Q_{\text{н}}$  - количество пара в единице объема насыщенного воздуха.

Высушивание рыбного сырья проводится путем искусственного повышения температуры, а следовательно и увеличения влагоемкости воздуха. Так, например, если при  $0^\circ \text{C}$  воздух, содержащий 4,84 г влаги в  $1 \text{ м}^3$ , является полностью насыщенным, то при нагревании его до  $40^\circ \text{C}$  относительная влажность воздуха падает до 10%, т. е. воздух становится весьма сухим.  $1 \text{ м}^3$  воздуха, насыщенный влагой при  $0^\circ \text{C}$ , будучи подогретым до  $40^\circ \text{C}$ , может поглотить  $51,13 - 4,84 = 46,29$  г влаги. Удаление влаги с поверхности продукта обуславливается разностью между влажностью наружной поверхности высушиваемого материала и влажностью воздуха.

Испарение воды с поверхности высушиваемого материала определяется скоростью переноса водных паров через мало подвижный слой воздуха, окружающего продукт.

Процесс переноса водяных паров аналогичен растворению в жидкости кристаллов, окруженных неподвижным слоем насыщенного раствора. В процессах растворения скорость диффузии растворенных частиц за пределами неподвижного слоя пропорциональна разности концентрации частиц в этом слое и окружающем растворе. Диффузия водяных паров через неподвижный слой воздуха пропорциональна разности между парциальным давлением пара у поверхности высушиваемого материала и парциальным давлением водяного пара в высушивающем воздухе. При растворении твердого вещества в воде сильное перемешивание жидкости ускоряет процесс растворения; подобно этому быстрое движение воздуха способствует ускорению сушки, так как уменьшает до минимума толщину насыщенного водяными парами воздушного слоя у поверхности высушиваемого материала, вследствие чего скорость диффузии паров повышается.



Теоретически количество испаряемой воды  $W$ , т. е. скорость сушки выражается следующим уравнением диффузии:

$$\frac{dW}{dt} = (a + bv) (p_1 - p),$$

где  $p_1 - p$  - разность упругостей паров на поверхности высушиваемого материала и окружающего воздуха;

$a$  - скорость испарения в неподвижном воздухе;

$b$  - коэффициент пропорциональности (константа);

$v$  - скорость движения воздуха.

Влага, удаляемая с поверхности, должна диффундировать в виде пара через слой воздуха, непосредственно соприкасающийся с этой поверхностью. Движущей силой данного процесса является разность между парциальным давлением паров воды на наружной поверхности высушиваемого материала и давлением паров воды в окружающем воздухе согласно приведенному выше уравнению.

Равновесие между воздухом с переменной температурой и влажностью высушиваемого вещества наступает в тот момент, когда содержание влаги в высушиваемом продукте достигает такого предела, при котором обезвоживание практически прекращается. Такое содержание влаги в материале принято называть равновесным, или устойчивым.

Продукт будет поглощать из воздуха влагу до тех пор, пока не восстановится равновесие между содержанием влаги в продукте и в воздухе. Восстановление равновесия зависит от условий, в которых находится материал. Однако конечный результат всегда будет один и тот же, если на высушивание было затрачено достаточное количество времени.

Практически при сушке почти всегда происходит некоторая потеря сухого вещества вследствие уноса мелких частичек его теплоносителем.

Выход сушеного продукта  $Q_2$  может быть выражен формулой

$$\frac{Q_2}{1} = \xi Q_1 \frac{100 - W_1}{100 - W_2},$$

где  $\xi$  - коэффициент сохранения материала (меньше 1);

$Q_1$  - начальная масса материала;

$W_1$  и  $W_2$  - соответственно начальное и конечное влагосодержание материала.

**Характеристика теплоносителя.** При сушке рыбной массы теплоносителем является воздух. Атмосферный воздух всегда содержит некоторое количество влаги, находящейся в парообразном состоянии. Наличие паров воды в атмосферном воздухе зависит от состояния погоды, температуры, климатических условий и т. д.

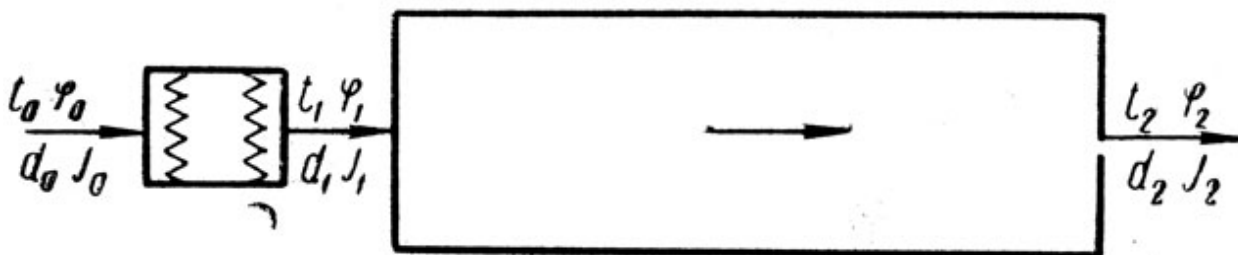


Рис. 26. Схема сушильной установки с калорифером и частичным подогревом воздуха в сушильной установке

Влажный воздух практически является смесью идеальных газов.

Вода находится во влажном воздухе в состоянии перегретого пара до момента насыщения. Состояние насыщения есть предел, при котором малейшее увеличение количества водяных паров влечет за собой конденсацию их избытка. В насыщенном воздухе упругость (парциальное давление) паров воды равна давлению насыщенного водяного пара при данной температуре.

При расчетах сушильных установок легче и проще оперировать с количеством влажного воздуха, приходящимся на 1 кг сухого воздуха, который содержится в воздушной смеси, а не с массой или объемом этой смеси. Неизменность массы сухого воздуха, проходящего через сушилку, дает возможность без значительных перерасчетов точно выявлять характеристику воздуха в любых условиях.

Давление насыщенного водяного пара, теплосодержание и влагосодержание влажного воздуха и другие необходимые показатели для расчета берут из соответствующих справочных таблиц.

**Анализ процесса высушивания.** Для уяснения основ высушивания рыбного сырья ниже приводятся схемы сушилок с необходимым анализом процесса высушивания.

На рис. 26 показана схема сушилки, состоящей из калорифера, в котором происходит предварительный подогрев воздуха, и сушильной камеры, где осуществляется сушка материала. Воздух поступает в калорифер со следующими параметрами: температура  $t_0$  относительная влажность  $\varphi_0$ ; влагосодержание  $d_0$ ; теплосодержание  $J_0$ . Пройдя калорифер, воздух поступает



в сушильную камеру с параметрами  $t_1$ ,  $\varphi_1$ ,  $d_1$   $I_1$ . Очевидно, что  $t_1 > t_0$ ;  $I_1 > I_0$ ;  $d_1 = d_0$ ;  $\varphi_1 \leq \varphi_0$ .

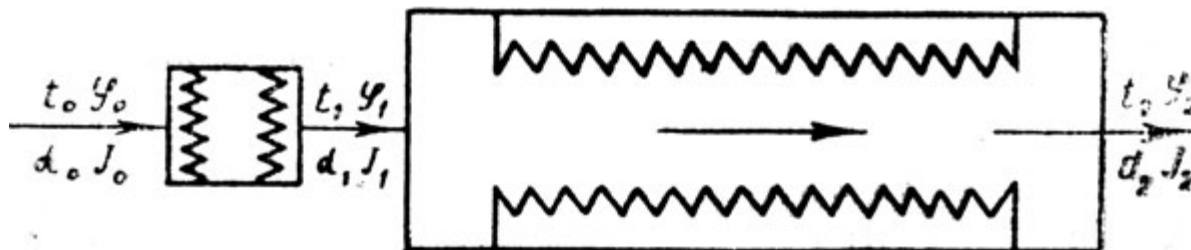


Рис. 27. Схема сушильной установки с частичным внутренним обогревом

Воздух в калорифере получает некоторое количество тепла, поэтому его температура и теплосодержание повышаются; влагосодержание воздуха не изменяется, поскольку в калорифере воздух не отдает влагу и не получает ее извне. Следовательно, относительная влажность воздуха, выходящего из калорифера, ниже относительной влажности воздуха, поступающего в калорифер. Пройдя через сушильную камеру и восприняв часть влаги; из высушиваемого материала, воздух выходит из сушильной камеры с параметрами  $t_2$ ,  $\varphi_2$ ,  $d_2$  и  $I_2$ , и в этом случае  $t_2 \leq t_1$ ;  $d_2 > d_1$ ;  $\varphi_2 > \varphi_1$ .

Следовательно, воздух в период сушки теряет ощутимую теплоту (что характеризуется понижением его температуры), с полным переходом этой теплоты в теплоту парообразования, которую он воспринимает вместе с парами влаги; последние повышают влагосодержание воздуха.

На рис. 27 изображена схема сушилки с частичным внутренним обогревом, в которой часть тепла воздух получает от нагревательных приборов, находящихся в сушильной камере.

В этом случае если  $t_1 > t_0$ , то  $d_0 = d_1$ ;  $\varphi_1 \leq \varphi_0$ ;  $I_1 > I_0$ .

Температура воздуха, выходящего из сушильной камеры, может быть различной:

если количество тепла, сообщаемое воздуху в сушильной камере, меньше количества тепла, которое затрачивается, на испарение влаги, то  $t_2 > t_1$ , и соответственно  $\varphi_2 > \varphi_1$ ;

если количество тепла, сообщаемое воздуху в сушильной камере, равно количеству тепла, затрачиваемому на испарение влаги, то  $t_2 = t_1$  и

$\varphi_2$  и  $\varphi_2 > \varphi_1$ ;

если количество тепла, воспринятое воздухом внутри сушильной камеры, будет больше количества тепла, затрачиваемого на испарение влаги, то  $t_2 > t_1$ , а  $\varphi_2$  в этом случае может быть  $> \varphi_1$  т. е.  $\varphi_2$  может быть больше, равно или

меньше  $\varphi_1$  в зависимости от того, насколько больше сообщено воздуху тепла в сушильной камере, чем затрачено на испарение влаги.

В сушилках с внутренним обогревом (рис. 28) количество тепла, сообщаемого воздуху в калорифере, равно нулю.

Следовательно, вторая схема (см. рис. 27) является общей для всех трех случаев (подогрев воздуха вне сушильной камеры; подогрев воздуха внутри сушильной камеры; частичный подогрев воздуха вне и внутри сушильной камеры).

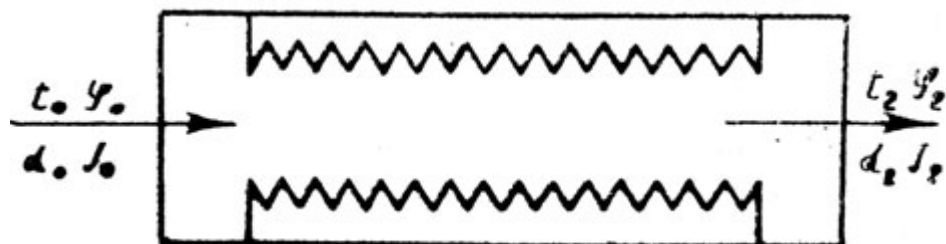


Рис. 28. Схема сушильной установки с внутренним обогревом

Тепловой расчет сушильных установок осуществляется путем составления материального баланса, баланса влаги и теплового баланса.

\* \* \*

Развитие сушильной техники направлено не только на обеспечение сохранности качества продукта в процессе сушки, но и на Снижение затрат производства, облегчение условий труда, максимальную экономию тепловой и механической энергии, упрощение и унификацию сушильных устройств и автоматизацию регулирования и контроля процессов сушки.

Большое значение придается применению сушильного агента с высокой температурой, использованию высоких локальных скоростей (до 100 м/сек и выше), глубокого вакуума, особенно для сушки пищевого сырья. Много внимания уделяется специальной подготовке сырья перед сушкой (дробление, разрыхление вплоть до дисперсного состояния, нагрев, специальные добавки и т. д.).

Дальнейшее развитие получает учение о тепло - и массообмене (влагообмене), которое основано на законах классической термодинамики и термодинамики необратимых процессов. При этом решаются важные задачи нахождения эффективных аналитических методов тепло - и массопроводимости, особенно для сырья, в котором вода находится в связанном состоянии.

Сушка рассматривается как гетерогенная реакция, в которой наряду с диффузионной кинетикой важную роль играет кинетика химических, физико-

химических, биологических и ферментативных процессов, протекающих во время сушки.

В настоящее время наука вплотную подошла к оценке процессов сушки с точки зрения энергозатрат и регулирования не только окислительных и антиокислительных процессов, но и ускорения релаксации внутренних напряжений в материале в процессе сушки.

**Сушильные установки.** Высушивание производится в огневых сушилках, обогреваемых топочными газами, и паровых сушилках, обогреваемых паром при атмосферном давлении или разрежении. В огневых сушилках топочные газы действуют на высушиваемый материал непосредственно или через стенки сушилок, в паровых сушилках - только через стенки или змеевики аппарата.

В процессе сушки необходимо поддерживать строгий температурный режим. Температура теплоносителя должна понижаться по мере высушивания материала. Температуру теплоносителя внутри сушилок, обогреваемых топочными газами, регулируют путем ввода в сушилки наружного воздуха.

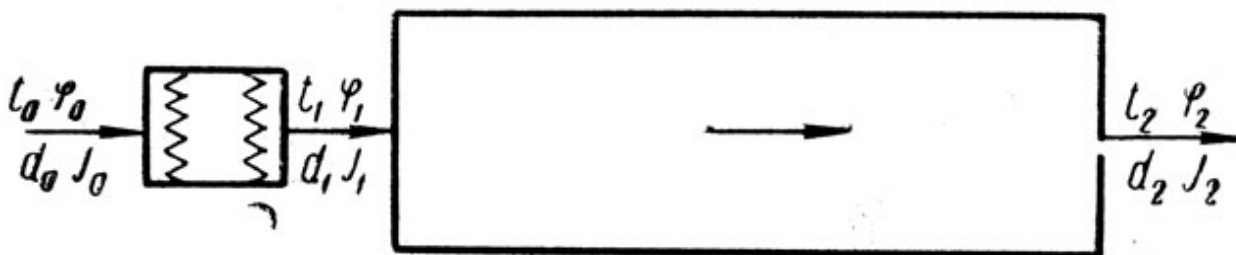


Рис. 29. График температур теплоносителя и продукта в огневых установках системы 'Центри-финиш': 1 - температура газа; 2 - температура внутренней поверхности сушилки; 3 - температура высушиваемого сырья; 4 - длина сушильного барабана

Перепад между температурой воздуха, входящего в сушилку и выходящего из нее, должен быть тем больше, чем выше содержание влаги в высушиваемом материале. Это объясняется тем, что на испарение тратится теплота, переходящая в скрытую теплоту парообразования. Испарение влаги сопровождается поглощением тепла в количестве около 600 кал на 1 кг испарившейся влаги. Если температура теплоносителя близка к температуре высушиваемого, материала, то содержание влаги в продукте почти не меняется. График температур теплоносителя и продукта в огневых сушилках показан на рис. 29.

Величина температурного перепада зависит от рода высушиваемого материала. Так, например, если испарение влаги обеспечивается малым количеством теплоносителя, то перепад температур должен быть достаточно большим, и наоборот: если испарение влаги обеспечивается большим количеством теплоносителя, то перепад температур может быть небольшим. Следовательно, во время высушивания необходимо следить за тем, чтобы

поступление в сушилку теплоносителя было равномерным и соответствовало количеству влаги, подлежащей удалению из продукта; при этом строго учитывается продолжительность пребывания материала в сушилке и соблюдается наивыгоднейший температурный перепад. Необходимое количество теплоносителя в сушилку подается равномерно при помощи эксгаустера.

Контроль за ходом высушивания продукта ведется путем систематического наблюдения за температурой и влагосодержанием газов, выходящих из сушилки.

Для экономии топлива и получения продукции хорошего качества процесс высушивания ведут таким образом, чтобы в отходящих газах при низкой их температуре содержалось как можно больше паров воды.

Для выяснения возможного предела влагосодержания отходящих газов при экономном расходовании теплоносителя разберем несколько примеров.

В отработанных газах при температуре  $40^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 70% содержится 0,034 кг паров воды на 1 кг сухого газа; в отработанных газах при температуре  $70^{\circ}\text{C}$  и той же относительной влажности (70%) содержится 0,176 кг паров воды на 1 кг сухого газа. В первом случае для удаления из продукта 1 кг влаги расходуется 1:0,034, т. е. около 6 кг сухого газа, а во втором - 1:0,176. Следовательно, при повышении температуры отработанных газов от  $40$  до  $70^{\circ}\text{C}$  при одной и той же степени насыщения работа теплоносителя увеличивается в 5 раз.

Если в атмосферу выпускаются газы с повышенной температурой, то, на первый взгляд, покажется, что при этом теряется большое количество тепла и, следовательно, затрачивается больше топлива; в действительности же имеет место обратное явление.

Анализируя расход тепла в приведенных выше примерах, видим, что при температуре  $40^{\circ}\text{C}$  и влажности 70% теплосодержание отходящих газов составляет 30 кал на 1 кг сухого газа. Следовательно, с 30 кг газа удаляется в атмосферу  $30 \times 30 = 900$  кал тепла. При температуре  $70^{\circ}\text{C}$  и при той же степени насыщения теплосодержание отработанных газов равно 127 кал на 1 кг сухого газа, но так как в последнем случае на испарение 1 кг воды затрачивается 6 кг сухого газа, то с этим количеством газа теряется в атмосферу  $127 \times 6 = 762$  кал тепла. Таким образом, при выпуске в атмосферу газов с повышенной температурой теряется меньше тепла, чем при выпуске газов с пониженной температурой при одинаковом влагосодержании. Следовательно, для более экономного расходования топлива при высушивании нужно выпускать в атмосферу отработанные газы при возможно более высокой температуре, которая может быть допущена без понижения кормовой ценности продукта.

Повышение температуры отработанных газов при одной и той же степени насыщения очень выгодно, так как это заметно снижает расход теплоносителя, благодаря чему уменьшаются размеры эксгаустеров и расход энергии на них, а также расход топлива за счет сокращения потерь тепла в атмосферу.

Наилучшие условия высушивания рыбного сырья создаются тогда, когда температура отходящих газов поддерживается в пределах 65 - 70°C.

Скорость высушивания продукта зависит от скорости диффузии воды в нем и от размера высушиваемых частиц его. Если скорость поступления воды из внутренних слоев продукта к его поверхности будет отставать от скорости удаления влаги из поверхностных слоев, то поверхностные слои продукта могут оказаться пересушенными, в то время как внутренние его слои останутся еще совершенно влажными.

Процесс сушки идет нормально, когда в определенный промежуток времени с единицы поверхности высушиваемого материала удаляется такое количество воды, какое в тот же промежуток времени поступает из внутренних слоев к поверхности. Соблюдение этих необходимых условий сушки исключает образование корки, перегрев продукта и обеспечивает получение продукта влажностью 10 - 12%, согласно требованиям действующего стандарта.

Высушивание сырья должно осуществляться таким образом, чтобы температурный режим сушки, состояние отходящих газов и другие показатели обеспечивали наименьшую продолжительность процесса сушки без снижения кормовых свойств продукта. Непрерывность и равномерность поступления в сушилку сырья и теплоносителя также являются необходимыми условиями нормальной работы сушилок.

В сушилках непрерывного действия материал может двигаться в одном направлении с теплоносителем (работа по принципу параллельного тока) или в направлении, противоположном направлению теплоносителя (работа по принципу противотока). В сушилках, работающих по принципу параллельного тока, материал с высокой влажностью встречает теплоноситель с большой влагоемкостью. Скорость удаления влаги из высушиваемого материала уменьшается по мере продвижения его в глубь сушилки. Вначале процесс удаления влаги идет интенсивно, а по мере уменьшения влажности материала, снижения температуры и повышения относительной влажности теплоносителя отдача влаги материалом замедляется.

В сушилках, работающих по принципу противотока, поступающий теплоноситель сначала встречает на своем пути подсушенный материал, отнимает у него остаток влаги, а затем проходит через сырой жом, предельно насыщаясь взятой у него влагой, и уходит в атмосферу.

На рис. 30 графически изображен процесс сушки во вращающейся сушилке.

Диаграмма показывает, что наибольшей опасности перегрева продукт подвергается в конце сушки, когда уменьшается диффузия влаги, в результате чего происходит повышение его температуры.

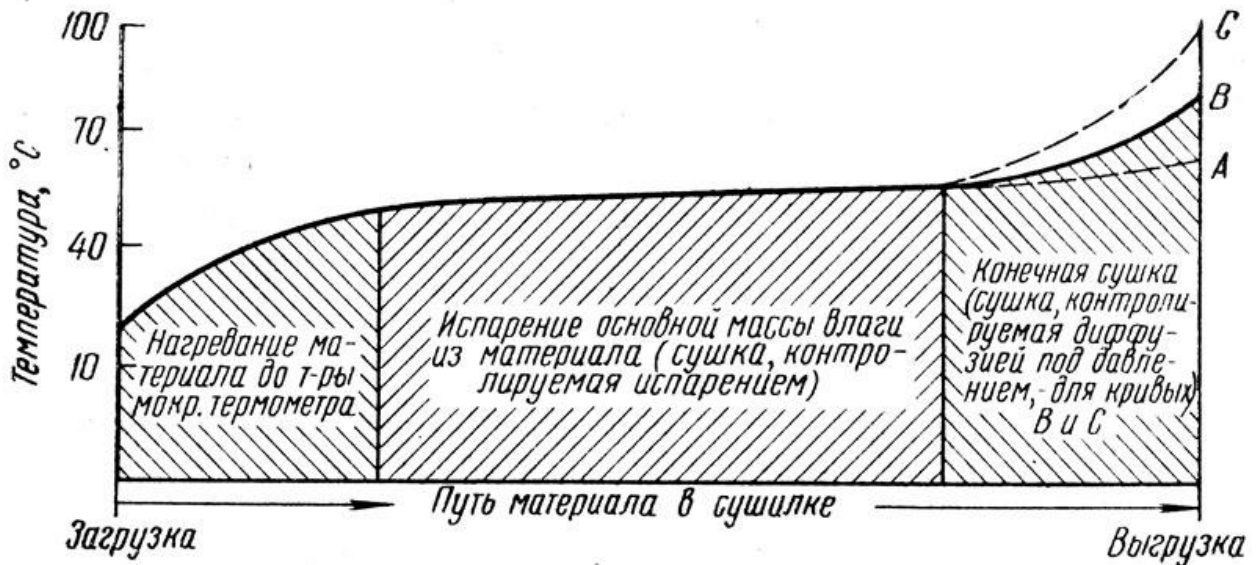


Рис. 30. Графическое изображение процесса сушки

Сушилки, обогреваемые топочными газами (огневые). Из огневых сушилок для сушки рыбного сырья наиболее широко применяются следующие типы вращающихся сушилок: сушилки, работающие по принципу прямотока и противотока, и сушилки смешанного действия, в которых топочные газы действуют на сырье как непосредственно, так и через стенки сушилки.

В сушилках, работающих по принципу прямотока, сушка протекает не так быстро, как при других способах высушивания. Чтобы компенсировать этот недостаток, увеличивают длину сушильного цилиндра, благодаря чему увеличивается продолжительность сушки без снижения производительности сушилки.

Гораздо быстрее осуществляется высушивание сырья в сушилках, работающих по принципу противотока. Горячие газы, поступающие в сушилку, омывают продукт в тот момент, когда он выходит из сушилок, так что перепад температур между газами и продуктом достигает максимума. Процесс сушки в конечной фазе протекает очень медленно, поэтому при таком способе высушивания сокращается общая продолжительность сушки. Сушилки, работающие по принципу противотока, имеют следующие преимущества перед сушилками, работающими по принципу прямотока; быстрое высушивание и, следовательно, большая производительность, отсутствие возможности "спекания" продукта (влажный продукт сушится влажными газами), минимальное содержание остаточной влаги в конечном продукте.

В сушилках, работающих по принципу противотока, жом не соприкасается с топочными газами. Высушивание осуществляется за счет тепла, получаемого



через стенку барабана от топочных газов, которые омывают вращающийся цилиндр и отдают тепло.

Жом продвигается вдоль сушилки благодаря параллельному расположению угольников, лопаток и рычажного приспособления. Перед началом работы лопатки, закрепленные подвижно на металлическом стержне, устанавливаются под требуемым углом при помощи рычага, обеспечивая тем самым замедленное или ускоренное продвижение жома. Сухой продукт непрерывным потоком выходит из сушилки на лоток, с которого попадает на транспортное приспособление, передающее сушенку на размол. В этой сушилке может быть высушено любое сырье независимо от его первоначальной влажности. Отсутствие непосредственного соприкосновения топочных газов с высушиваемым продуктом улучшает условия работы и исключает возможность пропитывания сушенки дымом.

Противоток в движении теплого отходящего воздуха и поступающего в сушилку сырья сокращает расход топлива за счет предварительного и равномерного прогревания сырья.

В первой зоне сушильного барабана у выхода сушенки поступающий воздух нагревается, влагоемкость его повышается и вследствие этого из материала удаляется остаточная влага. Во вторую зону сушилки воздух поступает с пониженной влагоемкостью, но при подогреве температура его повышается.

В сушилках данной конструкции с приближением теплоносителя к концу сушильного барабана с загрузочной стороны температура и относительная влажность его повышаются, а влагоемкость понижается. Подача воздуха в сушилку регулируется при помощи специальных клапанов. Перед началом работы сушилку предварительно и медленно прогревают в течение 15 - 20 мин. Перед поступлением отпрессованной и разрыхленной массы в сушилку усиливают подогрев и тем самым обеспечивают необходимую температуру теплоносителя.

На рис. 31 представлена сушилка с двойным цилиндром, не имеющим лопастей и снабженным рядом каналов. Теплоноситель может свободно проходить из каналов в цилиндр. Циркуляция происходит только в каналах, расположенных непосредственно под продуктом, благодаря чему обеспечивается непрерывный поток газов через высушиваемую массу, которая непрерывно перемещается при вращении цилиндра. Рыбное сырье подается в цилиндр через расположенные в передней части сушилки трубы, которые соединены с впускным отверстием для газов. Цилиндр вращается таким образом, что сила тяжести и давление, создаваемое потоком газов, не позволяют частицам продукта проникать в газовую камеру. Сушилка данной системы очень гибка в работе и позволяет сушить, кроме рыбного сырья, отходы ракообразных и другие более вязкие и клейкие вещества.

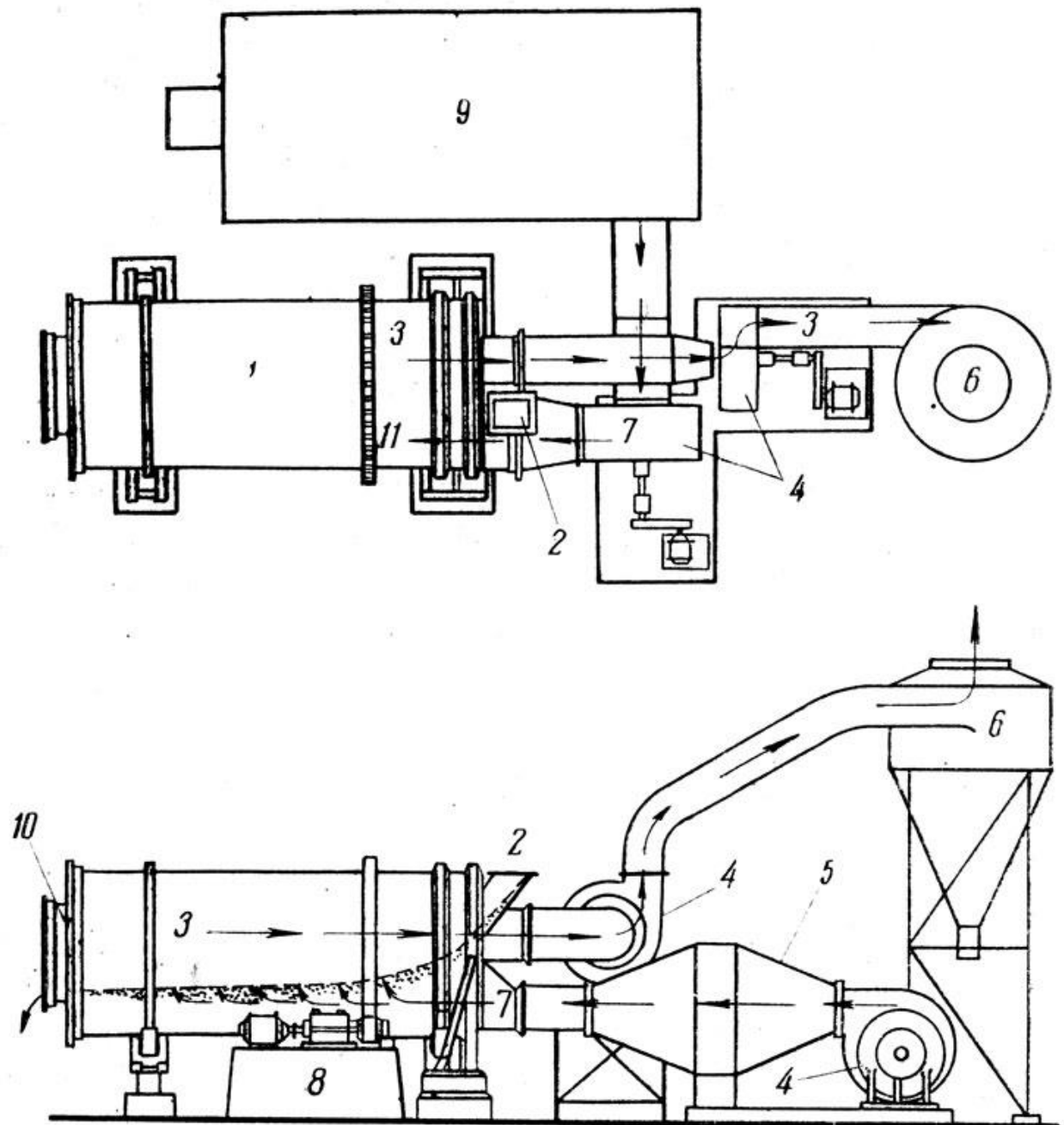


Рис. 31. Огневая сушилка с жалюзи: 1 - сушилка; 2 - загрузочный ковш; 3 - выпуск отработанного воздуха; 4 - вентилятор; 5 - паровой радиатор; 6 - циклон; 7 - выпускные отверстия; 8 - привод; 9 - угольная или газовая топка; 10 - выгрузочный люк; 11 - поступление горячего воздуха

Сушилка прямого нагрева системы "Центрифлеш", применяемая на отечественных судах, состоит из стационарной топки с горелкой для топлива. Топочный газ температурой 400 - 450°С поступает во вращающийся барабан сушилки и входит в соприкосновение с влажным жомом. Влага из жома быстро испаряется, поэтому падает температура газа. Скорость потока газа регулируется таким образом, что мелкие частицы захватываются из цилиндра потоком газа сразу же после их просушки, в то время как более крупные частицы многократно поднимаются во вращающемся цилиндре, вследствие чего распределяются в потоке газа и просушиваются при падении. За

вращающимся цилиндром установлен приемник для сушенки, большая часть которой выгружается при помощи помещенного на днище стационарного приемника, шнекового транспортера, в то время как мелкие частицы, захватываемые из сушилки потоком газа, отделяются от последнего в циклоне, расположенном над транспортером.

Более совершенными и надежными считаются паровые сушилки. Рыбное сырье в паровых сушилках высушивается при атмосферном давлении и при разрежении. Обогревание осуществляется через паровую рубашку. Сушильные установки, обогреваемые паром, имеют широкое распространение, они входят в число основного оборудования, применяемого при комплектовании жиромучных установок и линий комплексной механизации жиромучного производства на судах и в стационарных условиях на береговых предприятиях.

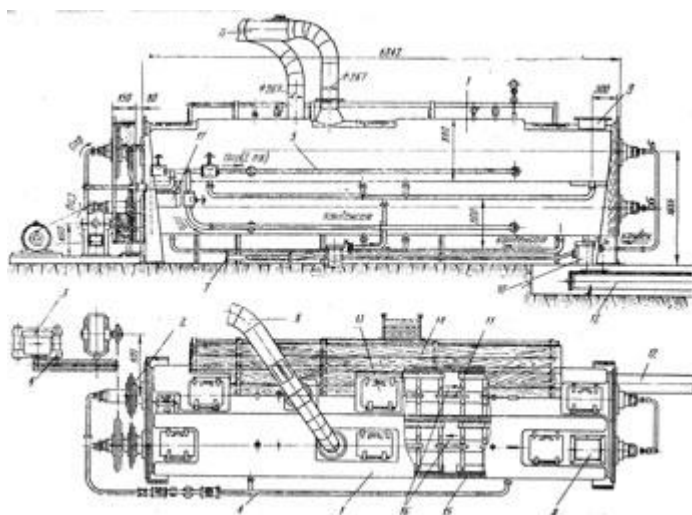
Паровая сушилка непрерывного действия (рис. 32), применяемая на механизированных жиромучных установках производительностью до 10 т в смену по сырью, состоит из двух металлических горизонтально расположенных цилиндров. Цилиндры сушилок устанавливаются один под другим, высушиваемое сырье проходит при этом вдоль сушильных барабанов и самотеком из верхнего цилиндра поступает в нижний через отвод. Непрерывное поступление сырья в сушилку происходит через загрузочный люк верхнего цилиндра. Каждый цилиндр имеет паровую рубашку для обогрева внутренних его стенок. Впуск пара в паровую рубашку цилиндра проводится через паропровод с распределением по паровым коллекторам, подводящим пар по всей длине барабанов.

Через каждый цилиндр сушилки проходит горизонтальный вал, на котором укреплены лопасти мешалок, перемешивающие и продвигающие высушиваемое сырье вдоль сушильных барабанов к выходу на шнек. Шнеком сушенка отводится в мельничное отделение на размол.

Пары воды и продукты распада белков удаляются из сушильных барабанов эксгаустером через отводные трубы в каскадные конденсаторы, где они и конденсируются водой.

В сушильных установках фирмы "Атлас", широко используемых в отечественной рыбной промышленности, процесс сушки проводится в два этапа и сушильная установка состоит из двух агрегатов - предварительного и окончательного высушивания.

Предварительная сушилка (рис. 33) предназначена для подсушивания жома горячим воздухом, подаваемым из калоризатора в сушенку противотоком при помощи вентилятора. Угол разворота лопаток относительно оси вала регулируется в зависимости от условий процесса и выбирается таким образом, чтобы барабан сушилки был всегда заполнен на  $\frac{2}{3}$  его объема.



*Рис. 32. Паровая сушилка непрерывного действия: 1 - металлические цилиндры; 2 - звездочка для привода вала мешалок от электромотора; 3, 4 - привод сушилки; 5 - паропроводы; 6 - вход пара; 7 - выход конденсата; 8 - удаление пара воды и продуктов распада белков на конденсации; 9 - поступление сырья; 10 - выход сушенки; 11 - мешалка с лопастями; 12 - горизонтальный шнек, непрерывно отводящий сушенку на размол; 13 - смотровые люки; 14 - площадка для обслуживания сушилок; 15 - паровая рубашка; 16 - ход движения высушиваемого сырья; 17 - перевод высушиваемого сырья от верхнего цилиндра в нижний*

Предварительная сушилка марки А1-ИЖМ системы ВНИЭКИПродмаш также состоит из цилиндрического барабана с мешалкой, мешалка снабжена рядом рычагов, оборудованных лопастями. Рычаги закреплены к валу болтами и плоскими металлическими шлицами, приваренными к нему. Лопасти мешалки прикрепляются к рычагам болтами таким образом, чтобы угол между лопастью и внутренней стенкой барабана мог меняться в зависимости от производственных условий и состояния сырья. Удаление влаги из жома происходит посредством горячего воздуха, поступающего из калорифера. Воздух нагревается паром и прогоняется через сушилку вентилятором. Перемешивание жома в сушилке осуществляется при помощи насаженных на вал лопастей. Соприкосновение горячего воздуха с частицами влажного разрыхленного жома обеспечивает испарение влаги и удаление паров воды воздухом.

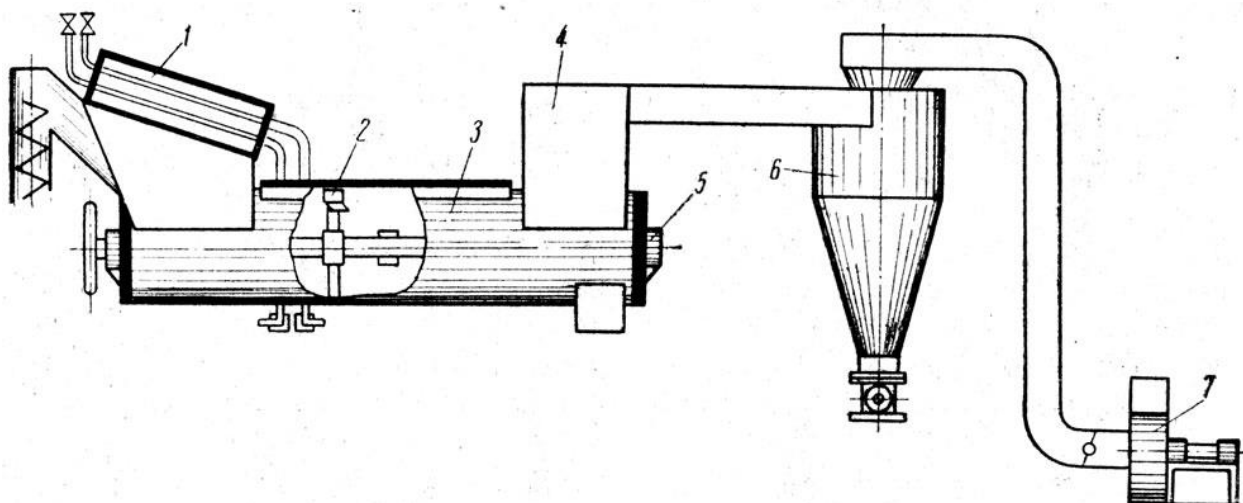


Рис. 33. Предварительная сушилка: 1 - калорифер 2 - вал с лопастями; 3 - сушильный барабан; 4 - камера для отсоса воздуха 5 - подшипники в торцевых крышках; 6 - циклон для отделения мучной пыли; 7 - вентилятор

С противоположной стороны барабана располагается камера для отсоса воздуха, который с помощью вентилятора подается в трубопровод и отсюда в циклон. Мелкие частицы сушенки отделяются от воздуха в циклоне и отводятся через шлюзовой затвор, расположенный в нижней части циклона. Привод мешалки осуществляется от индивидуального электродвигателя через клиноремennую передачу, редуктор и цепную передачу.

Давление пара в калориферной установке, ат . . . . .	6
Число оборотов вала сушилки в 1 мин . . . . .	21,1
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	14
Число оборотов в 1 мин . . . . .	1400

Окончательная сушилка (рис. 34), представляющая собой горизонтальный барабан с ротором, обеспечивает удаление влаги из подсушенного жома до установленного стандартами предела. Удаление влаги происходит с помощью тепла, передаваемого жому от паронагревательных поверхностей. Выпаренная влага подхватывается воздушной струей, направляемой вентилятором.

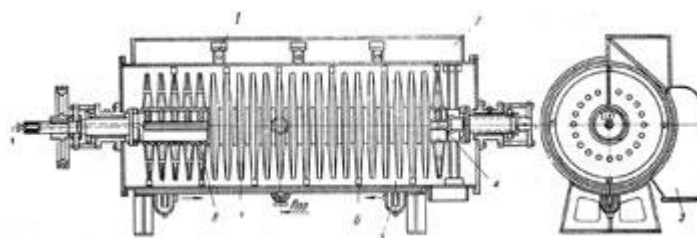
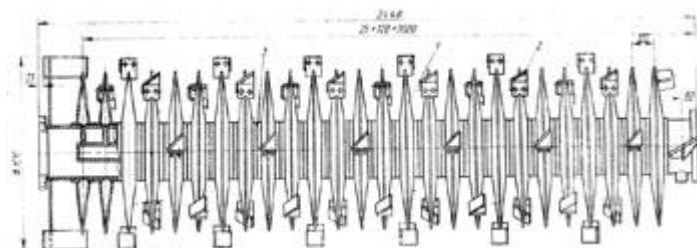


Рис. 34. Сушилка окончательная: 1 - входное и выпускное отверстия для воздуха; 2 - воздушный клапан; 3 - разгрузочная камера сушилки; 4 - распределительная труба для подачи пара и удаления конденсата; 5 - конденсатоотводчик; 6 - лопасти; 7 - полые диски; 8 - ротор полый

Сушилка состоит из горизонтального барабана, снабженного паровой рубашкой. - Внутри барабана расположен ротор (рис. 35), состоящий из трубы, на которой по всей длине имеются диски с двойными стенками. К каждому диску ротора приварена лопасть. Эти лопасти являются основным приспособлением, обеспечивающим эффективное перемешивание продукта относительно нагревательных поверхностей. Кроме этих подвижных лопастей сушилка снабжена рядом неподвижных скребков, которые закрепляются на верхней части внутреннего барабана и расположены в промежутках между дисками ротора.



*Рис. 35. Ротор сушилки с дисками и скребками марки А<sub>1</sub>-ИЖР: 1 - обогревающие диски; 2 - скребки; 3 - вал ротора сушилки*

Эти скребки препятствуют образованию наслоений продукта на роторе, и кроме того, не дают высушиваемому продукту проворачиваться вместе с ротором. Разрыхленный продукт непрерывно продвигается вдоль сушилки и тем самым обеспечивается отдача влаги из высушиваемого материала. Схема расположения лопаток в сушилках непрерывного действия показана на рис. 36.



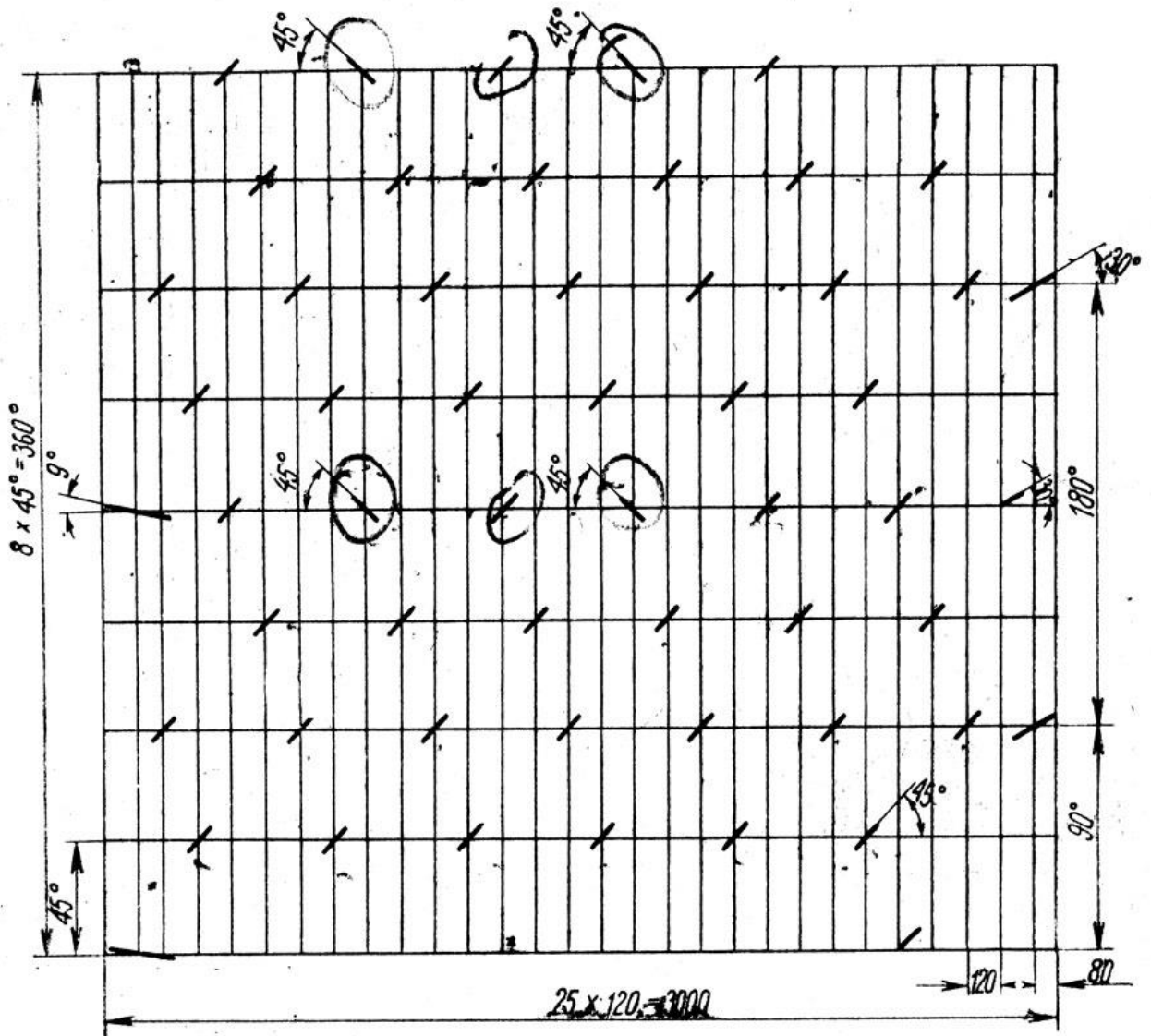


Рис. 36. Схема расположения лопаток в сушилках непрерывного действия

Ротор также обогревается паром, который поступает через коллектор, обеспечивающий подачу пара в каждый диск ротора. Распределение пара в дисках происходит с помощью направляющих пластин, приваренных внутри дисков.

Производительность по сушенке, кг/ч . . . . .	300
Общий расход пара, кг/ч . . . . .	560
Давление пара в рубашке, ат. . . . .	6
Число оборотов вала сушилки в 1 мин	
максимальное . . . . .	26,6
минимальное . . . . .	5,4
Мощность электродвигателя, квт . . . . .	20
Число оборотов электродвигателя в 1 мин . . . . .	980

Сушилки с тарельчатыми дисками имеют самую большую поверхность нагрева, сконцентрированную в минимальном пространстве нагрева. Сушенка постоянно циркулирует в пространствах между дисками и нагревается

главным образом благодаря тесному контакту с обогреваемыми поверхностями, чем и достигается экономия тепла. Диски, оборудованные смесительными лопастями, вращаясь, интенсивно перемешивают шрот и транспортируют его через сушилку.

Вращающаяся дисковая сушилka состоит из барабана, стенки которого обогреваются паром, она обеспечивает быстрое удаление влаги из жома. Наличие ротора с параллельными дисками и приспособлениями для подачи пара к нагреваемым поверхностям и удаления конденсата обеспечивает эффективную теплотехническую регулировку и создание необходимых температурных условий при работе на сырье разной жирности.

Процесс высушивания проводится при низкой температуре, перегрев и подгорание муки исключается. Мука получается мягкая и волокнистая светлого цвета.

Сушилka фирмы "Атлас Сторд", применяемая для отечественных жиромучных установок производительностью 150 т в сутки по сырью, обогревается глухим паром, поступающим как в рубашку барабана, так и в его ротор с дисками. Рубашка сушилки разделена на секции, в каждую из которых подается пар. Использование тепла, поступающего в рубашку барабана и ротора из пустотелых двутельных дисков, позволяет интенсифицировать процесс сушки, а наличие специальных лопаток для перемешивания, укрепленных на дисках, обеспечивает равномерность просушивания жома. В данной конструкции сушильного барабана предусмотрено также устройство, позволяющее избежать налипания высушиваемой массы не только на стенки барабана, но и на диски ротора и ее пригорания.

Сушилka обеспечивает эффективный теплообмен между дисками и высушиваемой массой. Удаление испаряемой влаги из сушильного барабана достигается вентиляционной системой с использованием нагретого воздуха.

В вакуум-сушилках испарение влаги идет несколько быстрее, чем при сушке в атмосферных условиях; в сушильных цилиндрах, работающих при атмосферном давлении, напряжение поверхности нагрева обычно бывает 8 - 10 кг/(м<sup>2</sup>.ч), тогда как при вакууме, соответствующем точке кипения 50°С, напряжение поверхности нагрева доходит до 20 - 30 кг/(м<sup>2</sup>.ч).

При высушивании сырья под вакуумом наиболее полно сохраняются все его компоненты и исключается глубокая денатурация белков. Получается мука высокого качества, резко отличающаяся от муки, вырабатываемой в обычных паровых и огневых сушилках, в которых под воздействием высоких температур происходит потеря белками аминных групп, улетающих из высушиваемого материала в виде аммиака или аминов. Денатурированные ангидридные формы белка теряют способность набухать и разлагаться на аминокислоты даже в присутствии протеолитических ферментов. При повышенной температуре в первую очередь разрушаются наиболее важные в

кормовом отношении сложные аминокислоты (тирозин, триптофан и цистин). При перегреве образуются пиридиновые основания, сообщающие перегретой муке пригорелый запах.

Таким образом, применение вакуум-сушильных установок обеспечивает получение высококачественного кормового продукта. Сравнительные данные, характеризующие технико-экономические показатели жиромучных установок с учетом использования подпрессовых бульонов сведены в табл. 29.

Для автоматического контроля и записи абсолютного значения влажности рыбной муки при выходе из сушильных барабанов может применяться автоматический влагомер марки АВРМ-1 системы ВНИРО, включающий электронный регулятор с датчиком и регистрирующим прибором. Действие электронного регулятора основано на измерении изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь измеряемого продукта в зависимости от влажности. Диапазон измерения влажности рыбной муки находится в пределах от 6 до 18%. Погрешность показания прибора колеблется от 0,16 до 0,57%. Влагомер работает при температуре окружающей среды от 0 до 50° С и относительной влажности воздуха до 90%.

## Продуктовый расчет

Выход готовой продукции рассчитывают при наличии исходных данных на каждый вид направляемого в обработку сырья,

Потери сухих веществ устанавливаются по разности между количествами взятых и полученных сухих веществ на разных стадиях процесса.

1. Количество влаги в сырье  $W_{B1}$

$$W_{B1} = \frac{G_1 W_1}{100},$$

где  $G_1$  - количество сырья, поступающего в сутки,  $m$ ;

$W_1$  - содержание влаги в сырье.

2. Количество жира  $Ж_1$  в сырье

$$Ж_1 = \frac{G_1 W_2}{100},$$

где  $W_2$  - процентное содержание жира в сырье (4%).

3. Количество сухих веществ в сырье  $G_{c1}$

$$G_{c_1} = G_1 - (W_{B_1} + Ж_1).$$

Показатель	Фабрика					
	Иркутск «Восток-Камчатка»	Иркутск «Целинный»	Дудинка «Алтай»	Г.Д. «Машинное устье» «Лавра-Берег»	Иркутск «Зимняя»	Иркутск «Восточная»
Тип установки	Прессовый без использования подпрессовочного бульона		Прессовый с использованием бульона	Прессовый без использования бульона	Прессовый с использованием подпрессовочного бульона	
Производительность по сырью, т/ч	25	25—30	30—35	35	30—35	30—35
Выход муки в сутки, % к 1 т сырья	20,0,0	17,5,1	22,7,7	17,5,55	22,7,7	22,7,7
Масса установки, т	30,0	34,0	30,0	30,0	—	30,7
Установочная мощность, кВт	40,0	58,0	70,5	40,0	75,0	115,0
Расход пара, т/ч	0,8	0,6	1,25	0,65	1,5	2,0
Количество обслуживаемого персонала, чел.	9	7	3	3	3	3
Запасная площадь, м <sup>2</sup>	440,0	81,0	44,0	40,0	—	34,0
Земельный объем, м <sup>3</sup>	—	486,0	145,0	160,0	240,0	243,0
Удельная металлоемкость, кг на 1 т муки	6,0	4,7	3,9	3,4	—	4,0
Удельный расход пара, кг на 1 т муки	0,16	0,12	0,16	0,11	0,19	0,20
Удельный объем, м <sup>3</sup> на 1 т муки	—	95,5	19	27,0	29,5	31,5
Удельная энергоемкость, кВт на 1 т муки	8,0	11,4	9,1	6,7	9,7	15,0

Таблица 29

4. Количество влаги, образующейся в варильнике от конденсирующихся паров при варке  $W_{n1}$

$$W_{n_1} = \frac{W_{B_1} W_3}{100},$$

где  $W_3$  - процентное содержание сконденсированных паров по отношению к первоначальному содержанию влаги (10%).

5. Общее количество влаги после варки  $W_1$

$$W_1 = W_{B_1} + W_{n_1}.$$

6. Количество сырья, поступающего в пресс  $G_2$

$$G_2 = G_1 + W_{n_1}.$$

7. Количество подпрессовочного бульона  $W_{B1}$

$$W_{B_1} = \frac{G_1 W_4}{100},$$

где  $W_4$  - процентное содержание бульона по отношению к сырью (68%).

8. Количество жома, поступающего в шнек из пресса  $G_{ж1}$

$$G_{\text{ж}_1} = G_1 - W_{\text{б}_1},$$

где  $W_{\text{б}_1}$  - процентное содержание влаги в жоме.

9. Количество влаги в жоме  $W_{\text{ж}_1}$

$$W_{\text{ж}_1} = G_{\text{ж}_1} \frac{W_5}{100},$$

где  $W_5$  - процентное содержание влаги в жоме (50%).

10. Количество сухих веществ и жира в жоме  $G_{\text{сж}_1}$

$$G_{\text{сж}_1} = W_{\text{ж}_1}.$$

11. Количество воды в полученной муке  $W_{\text{м}_1}$  (определяется с учетом того, что процентное содержание сухих веществ и жира в муке равно 90%):

$$W_{\text{м}_1} = \frac{G_{\text{сж}_1} \cdot 10}{90}.$$

12. Количество полученной муки  $G_{\text{м}_1}$

$$G_{\text{м}_1} = G_{\text{ж}_1} - W_{\text{м}_1}.$$

13. Выход рыбной муки по отношению к сырью (%)  $n$

$$n = \frac{100}{G_1} G_{\text{м}_1}.$$

14. Расход сырья на единицу продукции  $P$

$$P = \frac{G_1}{G_{\text{м}_1}}.$$