

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

**Сепараторы жидкостные центробежные
Г9-КОВ, ВСМ, ОСН-С, А1-ОЦМ-5, А1-ОЦМ-15**

*Методические указания для выполнения
практических работ*

Красноярск 2010

Рецензент

*Холопов В.Н., д-р техн. наук, проф. каф. автомобилей, тракторов
и лесных машин СибГТУ*

Составитель

Самойлов В.А.

Самойлов, В.А.

Сепараторы жидкостные центробежные Г9-КОВ, ВСМ, ОСН-С, А1-ОЦМ-5, А1-ОЦМ-15: метод. указания для выполнения практических работ / В.А. Самойлов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – 24 с.

Приводятся теоретические основы процесса сепарирования, краткое описание различных конструкций жидкостных центробежных сепараторов и их технические характеристики, даются примеры расчетов производительности сепаратора, а также варианты индивидуальных заданий.

Предназначено для студентов специальности 260601.65 «Машины и аппараты пищевых производств» по дисциплине «Технологическое оборудование».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Красноярский государственный
аграрный университет, 2010

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных отраслях промышленности широко используются центробежные жидкостные сепараторы с автоматической частичной выгрузкой осадка, что позволяет эксплуатировать их непрерывно в течение длительного времени. Эффективность процесса сепарации во многом зависит от времени пребывания жидкости в межтарелочном пространстве или от давления в гидросистеме за сепаратором (гидросистема фугата), которое должно поддерживаться на определенном уровне в процессе всего сепарационного цикла. Жидкостные сепараторы – оборудование для разделения жидких гетерогенных систем под действием центробежной силы. Сепараторам свойственен ряд обязательных признаков, которые составляют отличительную особенность этого вида оборудования: непрерывность потока, его тонкослойность и ламинарность, максимальное использование внутренней полости ротора для создания развитой поверхности осаждения частиц, вращение ротора с частотой выше критической. При отсутствии хотя бы одного из этих признаков машину относят к центрифугам, а не к сепараторам.

Для инженера пищевой промышленности необходимо не только знать устройство, принцип работы и особенности машин и аппаратов, но и уметь рассчитать и разработать их лучшую конструкцию.

В работе приведены теоретические основы и сущность технологического процесса, классификация оборудования по конструктивным, технологическим признакам и по виду энергоносителя, описание схем и конструкций рассматриваемых видов оборудования, исходные данные и методика расчета, варианты индивидуальных заданий, контрольные вопросы для самостоятельной подготовки и библиографический список.

Цель работы: изучение теоретических основ процесса сепарирования; знакомство с классификацией сепараторов, их конструкциями и принципом работы; выполнение расчета сепаратора.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Сепараторы могут быть классифицированы по следующим признакам: технологическое назначение; конструкция барабана; способ выгрузки осадка (шлама); принцип и характер выгрузки осадка; конструкция устройства для выгрузки осадка; способ подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования; вид привода сепаратора.

По технологическому назначению сепараторы делятся на три основных класса:

1) сепараторы-разделители, применяемые для разделения смеси жидкостей, не растворимых одна в другой, и для концентрирования суспензий и эмульсий;

2) сепараторы-осветлители, предназначенные для выделения твердых частиц из жидкости;

3) комбинированные сепараторы, служащие для выполнения двух или более операций переработки жидкой смеси.

Комбинированные сепараторы называют универсальными, что подчеркивает их многостороннее назначение. К классу комбинированных относят сепараторы, в которых процесс разделения совмещается с каким-либо другим процессом. Так, известны сепараторы-экстракторы, сепараторы-реакторы.

К классу сепараторов-осветлителей можно отнести еще две группы: сепараторы, предназначенные для дальнейшего диспергирования (гомогенизации) дисперсной фазы эмульсий и их очистки от примесей (эти сепараторы получили название кларификаторы, иногда их относят к комбинированным), и сепараторы для удаления из жидкостной системы микроорганизмов, скапливаемых в шламовом пространстве вместе с другими механическими примесями.

Типы сепараторов по конструкции барабана разделяют на две группы: тарельчатые и камерные. Ротор тарельчатых сепараторов укомплектован пакетом конических вставок (тарелок), которые делят поток обрабатываемой жидкости на параллельные тонкие слои; ротор камерных сепараторов имеет реберную вставку (при одной камере) или комплект концентричных цилиндрических вставок, разделяющих его объем на кольцевые камеры, по которым обрабатываемая жидкость протекает последовательно. Тарельчатые сепараторы независимо от отрасли их применения и назначения можно подразделить на два основных типа. Первый тип сепараторов имеет тарелки, обеспе-

чивающие подачу жидкости в межтарелочные пространства через отверстия, имеющиеся в самих тарелках. Такие сепараторы очень часто называют сепараторами с центральной подачей жидкости на тарелки. К этому типу относятся и сепараторы, в которых жидкость на вершину тарелок поступает из прорезей в тарелкодержателях. Второй тип сепараторов характеризуется тем, что жидкость в межтарелочные пространства поступает с периферии и движется к центру барабана. Тарелки в этих сепараторах в большинстве своем отверстий не имеют.

По способу подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования различают сепараторы трех типов: открытые, полузакрытые и герметические.

В открытых сепараторах подача в ротор жидкой смеси и отвод полученных жидких фракций осуществляются открытым потоком. Процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха.

В полузакрытых сепараторах жидкость подается в ротор открытым или закрытым потоком, а отвод одной или обеих жидких фракций происходит под давлением по закрытым трубопроводам. Процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха. Роторы полузакрытого типа отличаются от роторов открытого типа наличием устройства для вывода продуктов сепарирования под давлением.

В герметических сепараторах подача в ротор исходной жидкости и отвод жидких фракций происходят под давлением по закрытым трубопроводам, герметически соединенным с выпускными патрубками, процесс сепарирования в них изолирован от доступа воздуха. Роторы герметических сепараторов отличаются от роторов открытых и полузакрытых сепараторов конструкцией подводящих и отводящих устройств.

По виду привода сепараторы подразделяют на три группы: с ручным, комбинированным и электромеханическим приводом.

Конструктивно тарельчатые сепараторы (рис. 1) включают пакет тарелок 10, который надет на горловину загрузочной воронки и зажат в осевом направлении между раструбом воронки и конической крышкой (в осветляющих сепараторах) или разделительной тарелкой (в разделяющих сепараторах). Наружная поверхность горловины загрузочной воронки, называемой тарелкодержателем 8, имеет цилиндрическую форму с продольными пазами переменной глубины, служащими для отвода легкого компонента. Осветляемая жидкость (суспензия) из внутренней полости тарелкодержателя 8 подается к периферийной части пакета тарелок 10 и поступает (разделившись на па-

раллельные потоки) в зазоры между тарелками. В зазорах происходит осаждение твердых частиц (более тяжелых, чем жидкость) на нижней поверхности тарелок. Осевшие частицы скользят по поверхности тарелок к периферии, двигаясь навстречу жидкости. Для этого необходимо, чтобы угол между образующей тарелкой и осью вращения барабана был больше угла трения частиц о тарелку. Достигнув края пакета тарелок, частицы поступают в пространство между пакетом и стенкой барабана, где накапливаются в виде осадка. Шлам выгружается через сопла 11. Осветленная жидкость из межтарельчатых зазоров поступает по пазам тарелкодержателя в горловину крышки барабана.

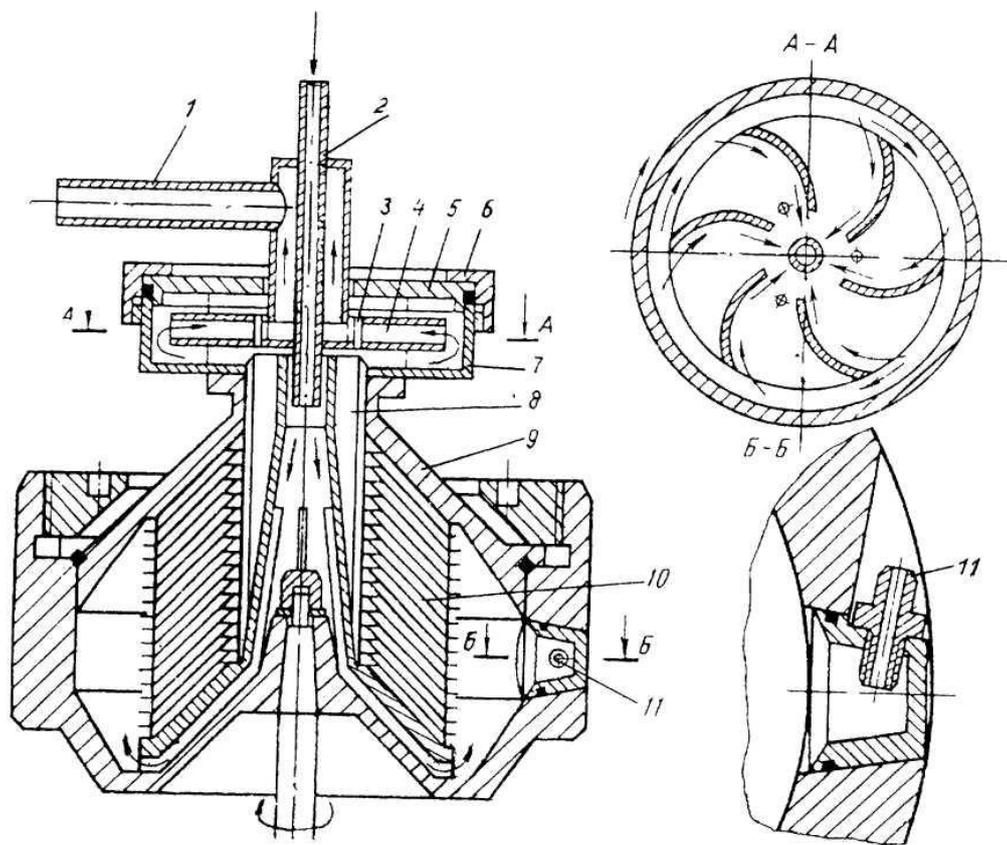


Рисунок 1 – Барабан тарельчатого сепаратора:

*1 – штуцер; 2 – труба; 3 – трубки; 4 – напорный диск; 5 – крышка;
6 – затяжное кольцо; 7 – напорная камера; 8 – тарелкодержатель;
9 – барабан; 10 – пакет тарелок; 11 – сопла*

Отсепарированная жидкость отводится напорным диском следующим образом: по пазам тарелкодержателя 8 из горловины крышки барабана 9 жидкость перетекает в напорную камеру 7, закрепленную на крышке. Внутри камеры 7, закрытой крышкой 5 с затяжным кольцом 6, помещен напорный диск 4. Он состоит из двух плоских дисков с центральными отверстиями и расположенных между диска-

ми лопастей. Отверстие нижнего диска закрыто трубой 2 для подачи суспензии. Верхний диск имеет отверстие большего диаметра и снабжен патрубком. Для сообщения центральной части барабана с атмосферой напорный диск снабжен трубками 3. Поступающая в камеру 7 жидкость образует у ее стенки кольцевой слой, вращающийся вместе с камерой. Из этого слоя жидкость направляется лопастями напорного диска в его центральную часть, поступает в патрубок диска и отводится через боковой штуцер 1.

Сепаратор Г9-КОВ (рис. 2) предназначен для очистки плодово-овощных соков. Он относится к сепараторам тарельчатого типа в полужакрытом исполнении с периодической выгрузкой осадка. Сепаратор Г9-КОВ состоит из литой чугунной станины 1, горизонтального вала 2, тахометра 3, гидроузла 4, приемника шлама 5, приемно-отводящего устройства 7, барабана 6, крышки 8 и подъемника. Внутри станины размещены горизонтальный вал 2, вертикальный вал 10 и тахометр 3. Станина имеет люк для осмотра зубчатой пары и закрывается крышкой, на которой монтируется тахометр для контроля числа оборотов горизонтального вала. Горизонтальный вал соединен с валом электродвигателя центробежной фрикционной муфтой. В его средней части имеются две шестерни. Одна нарезана на валу и входит в зацепление с шестерней вала тахометра. Вторая крепится с помощью шпонки и входит в зацепление с винтовой шестерней на вертикальном валу 10. На валу 10 крепится барабан 6, который является основным рабочим узлом сепаратора. В нем происходит очистка плодово-овощных соков от примесей под действием центробежных сил. Барабан сепаратора состоит из основания, крышки, тарелкодержателя с пакетом тарелок, большого затяжного кольца, крышки напорной камеры, малого затяжного кольца и клапанов слива и разгрузки.

Центробежная фрикционная муфта состоит из диска, размещенного на валу электродвигателя, и закрепленных шарнирно на диске колодок, опорные поверхности которых, откидываясь при вращении электродвигателя, прижимаются к внутренней поверхности бандажа и постепенно увлекают его за собой. Вертикальный вал устанавливается в верхней и нижней опорах. Верхняя опора имеет шесть пружин, радиально расположенных вокруг подшипника, чем обеспечивается упругость, необходимая для осуществления плавного перехода через критическую частоту вращения и для компенсации дисбаланса. Под радиально-упорным подшипником нижней опоры находится винтовая пружина.

К станине крепится приемник шлама, имеющий сборники шлама и буферной воды. Приемник шлама 5 предназначен для отвода осадка, выбрасываемого из барабана 6, а также для размещения в ванне 9 слива межтарелочной жидкости и отвода буферной воды. В чаше приемника шлама расположен гидроузел, служащий для регулирования подачи буферной воды в соответствующую полость барабана 6, а на наружном фланце приемника находится подъемник, необходимый при монтаже тяжелых частей сепаратора. Для ускорения остановки сепаратора предусмотрен тормоз. В основании по окружности барабана равномерно размещены отверстия для выброса осадка из грязевого пространства барабана. При работе барабана эти отверстия перекрываются кольцевой кромкой поршня, плотно прижимающегося к уплотнительному кольцу под действием гидростатического давления жидкости под поршнем. Осветленный сок поступает через отверстия в верхней части крышки барабана в полость напорной камеры, а затем напорным диском выводится из сепаратора.

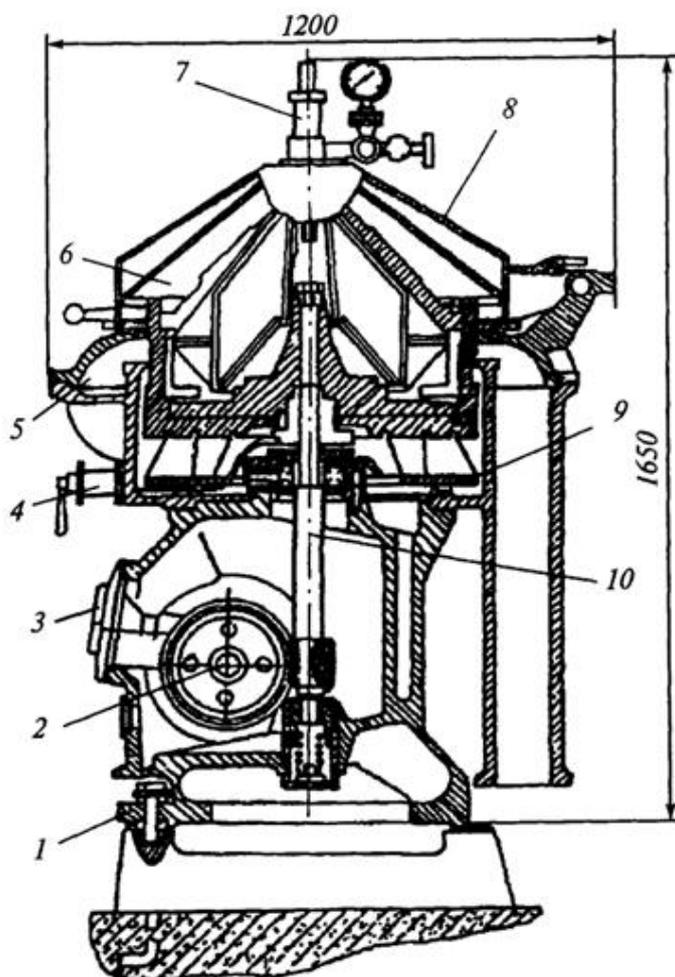


Рисунок 2 – Сепаратор Г9-КОВ для очистки плодовоовощных соков

Сепаратор-кларификатор ВСМ (рис. 3) предназначен для тонкого осветления различных пищевых суспензий: соков, морсов, мелассы.

Сепаратор состоит из станины 5, приводного механизма, барабана 4, приемно-выводного устройства 2 и тахометра. В верхней части станины 5 крепится барабан 4, на котором смонтированы тормозные устройства 3. Внутренняя часть станины является масляной ванной зубчатых передач приводного механизма.

Приводной механизм состоит из электродвигателя 1, упругой и фрикционно-центробежной муфт, горизонтального и вертикального валов.

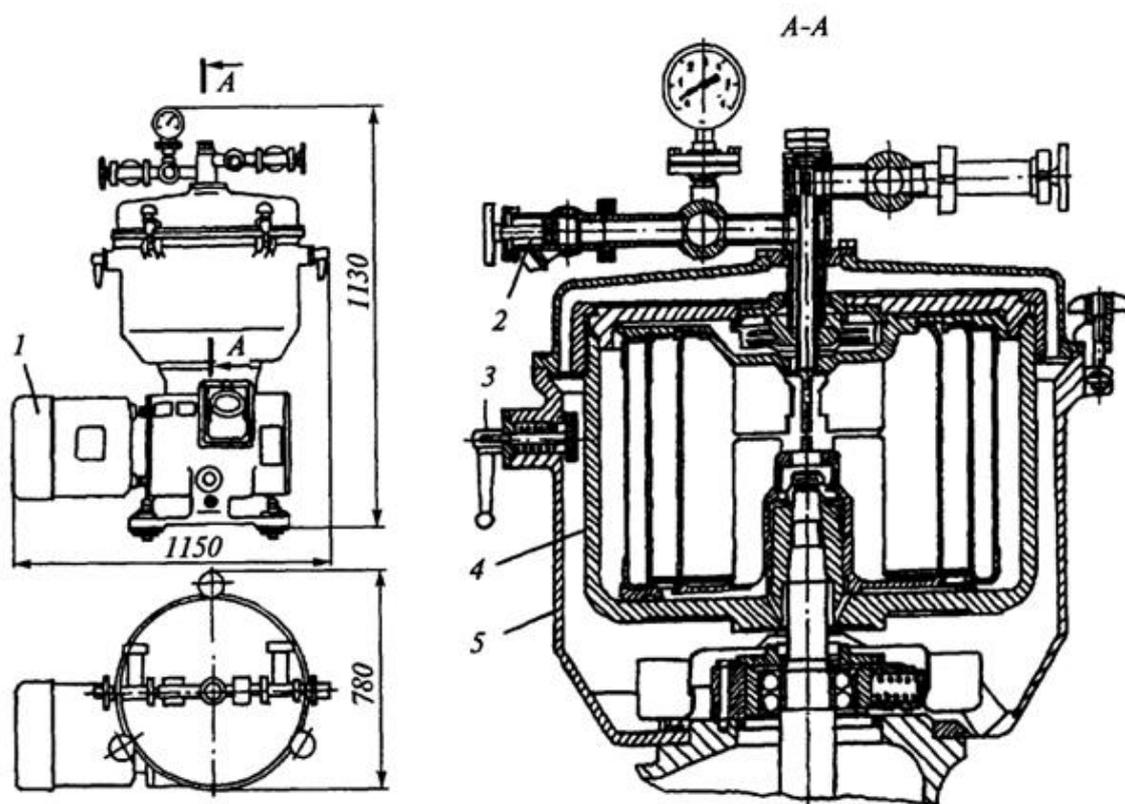


Рисунок 3 – Сепаратор-кларификатор ВСМ

Барабан является основным рабочим органом сепаратора, в котором под действием центробежной силы происходит осветление суспензии. Приемно-выводное устройство служит для подачи сепарируемого продукта в барабан и отвода осветленной жидкости из барабана.

Сепаратор-кларификатор ВСМ работает следующим образом. Для промывки, подогрева и проверки герметичности барабана в приемно-выводное устройство перед началом сепарирования через бара-

бан пропускают воду, подогретую до температуры 40...60 °С. После этого по подводящему трубопроводу во вращающийся барабан подают продукт, подлежащий осветлению. Под действием центробежной силы взвешенные частицы отбрасываются к внутренним поверхностям вставок барабана и осаждаются на них. Осветленная жидкость под давлением выводится из барабана по отводящему трубопроводу.

Сепаратор-сливкоотделитель ОСН-С (рис. 4) состоит из станины 17 с приводным механизмом, приемно-отводящего устройства 12, гидроузла, чаши станины с приемником осадка 7, глушителя, пробки спуска масла 1, указателя уровня масла 2, горизонтального вала 3, тахометра 4, пробки залива масла 5, трубки подвода воды в сепарирующее устройство 6, зажима 8, гайки 9, крышки 11, штуцера подвода воды 16, вертикального вала 18, а также из пульта управления.

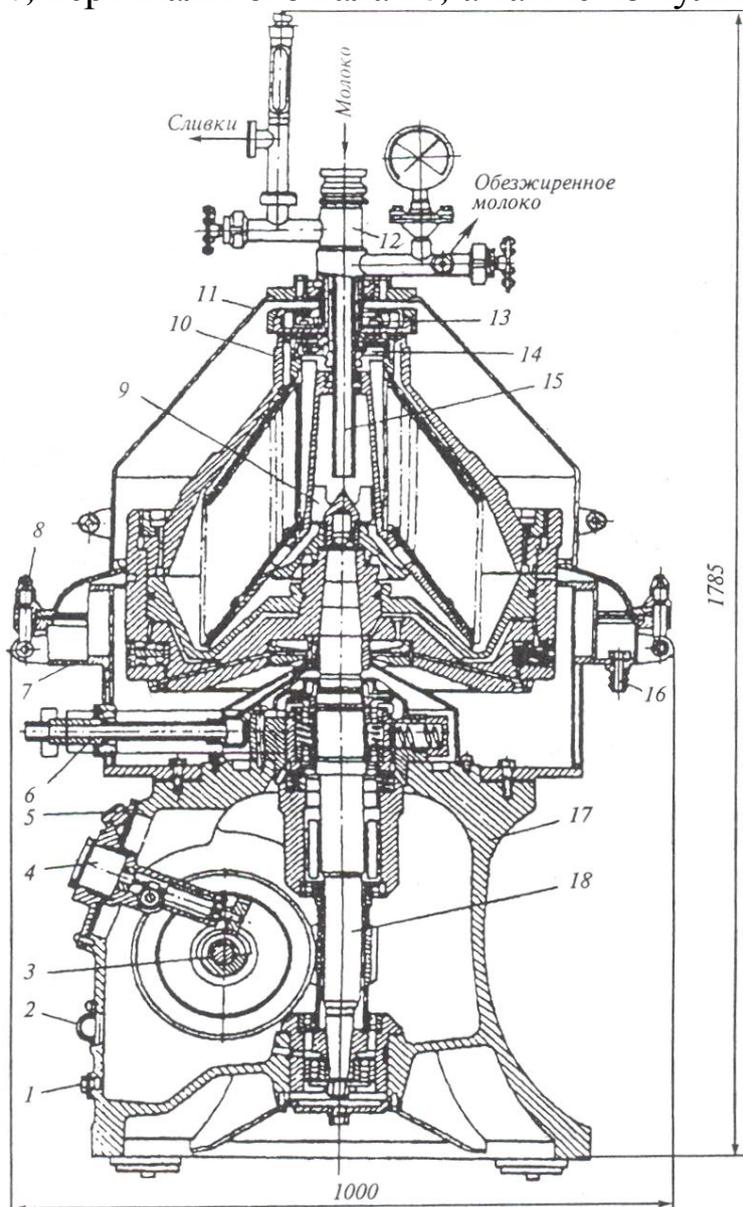


Рисунок 4 – Сепаратор ОСН-С с пульсирующей выгрузкой осадка

Молоко подается по трубопроводу и центральной трубке 15 приемно-отводящего устройства во вращающееся сепарирующее устройство 10. В это время поршень сепарирующего устройства закрыт. В полости под поршнем находится вода. При работе сепаратора происходит незначительное ее вытекание из сепарирующего устройства и патрубка станины при подпитке. Для герметизации системы поршень поджимается к прокладке силой гидростатического давления. Молоко подается в сепарирующее устройство, проходит через отверстия в тарелкодержателе и вертикальные каналы пакета, распределяется в межтарелочных пространствах, разделяясь на сливки, оттесняемые к оси вращения, и обезжиренное молоко, оттесняемое к периферии сепарирующего устройства. Сливки и обезжиренное молоко выводятся через камеры напорных дисков 13 и 14. Твердые частицы и тяжелые примеси, выделяющиеся из молока, поступают в периферийный объем сепарирующего устройства, где происходит их накопление и уплотнение. Во избежание потерь молока применяют только частичную выгрузку осадка при открытии каналов.

Разгрузку сепараторов осуществляют в один или два этапа. При одноэтапной разгрузке осадок выгружается без перекрытия устройства для подачи исходного продукта. Однако во избежание потерь продукта в период раскрытия сепарирующего устройства выгружается не весь осадок, а лишь его часть. При двухэтапной разгрузке сначала перекрывается устройство для подачи исходного продукта и удаляется жидкость из межтарелочного пространства, а затем уже открываются щели для выгрузки, в результате чего осадок выбрасывается из сепарирующего устройства в приемник под действием центробежной силы.

Сепаратор А1-0ЦМ-5 (рис. 5, а) полузакрытого исполнения с периодической выгрузкой осадка состоит из станины с приводным механизмом, приемно-выводного устройства, крышки с приемником осадка, тахометра, пульта управления, гидросистемы. Вращение от электродвигателя передается барабану через приводной механизм, включающий разгонную фрикционную муфту, горизонтальный и вертикальный валы. Горизонтальный вал вращается в шарикоподшипниковых опорах, установленных в отверстиях станины. От этого вала вращение передается вертикальному валу (веретену) с помощью винтовой пары. Кроме ведущей шестерни, передающей вращение через ведомую шестерню веретену, на горизонтальном валу имеется шестерня, связанная зубчатым зацеплением с

механизмами тахометра и пульсатора. Для предотвращения попадания масла из картера станины на центробежную фрикционную муфту предусмотрен лабиринт.

Вертикальный вал вращается в радиально-сферическом и сдвоенном радиально-упорном подшипниках. Горловая опора упругая, что позволяет барабану при разгоне и остановке плавно переходить критическую частоту вращения и сохранять устойчивый спокойный ход во время работы сепаратора. Упругость достигается тем, что обойма с подшипником и валом заключена между шестью радиально расположенными пружинами. Лабиринтное уплотнение предохраняет подшипник горловой опоры и масляную ванну от попадания в них грязи, воды и сепарируемого продукта.

Вертикальная нагрузка от барабана и вала в сборе воспринимается пружиной стакана подпятника. В этом же стакане установлен сдвоенный радиально-упорный подшипник. Для регулирования положения барабана по высоте предусмотрена регулировочная шайба. В стакане имеется отверстие, совпадающее с отверстием в нижнем гнезде станины. Эти отверстия позволяют маслу циркулировать во время работы сепаратора. Нижняя часть станины закрыта крышкой с прокладкой. Крышку крепят к станине четырьмя болтами. В крышке имеется пробка, служащая для слива масла из нижней опоры. Для слива масла из картера станины предусмотрено отверстие, закрываемое пробкой. Уровень масла определяют по маслоуказателю.

Основной исполнительный орган сепаратора – барабан (рис.5, б). Закрепленный на вертикальном валу, он состоит из основания, тарелкодержателя с пакетом тарелок, крышки, большого и малого затяжных колец и запорного поршня конического типа. Для ускорения остановки барабана сепаратора после выключения электродвигателя предусмотрен тормоз.

Гидросистема (рис.5, в) предназначена для управления ручной или автоматической выгрузкой осадка из барабана, а также для промывки приемника осадка.

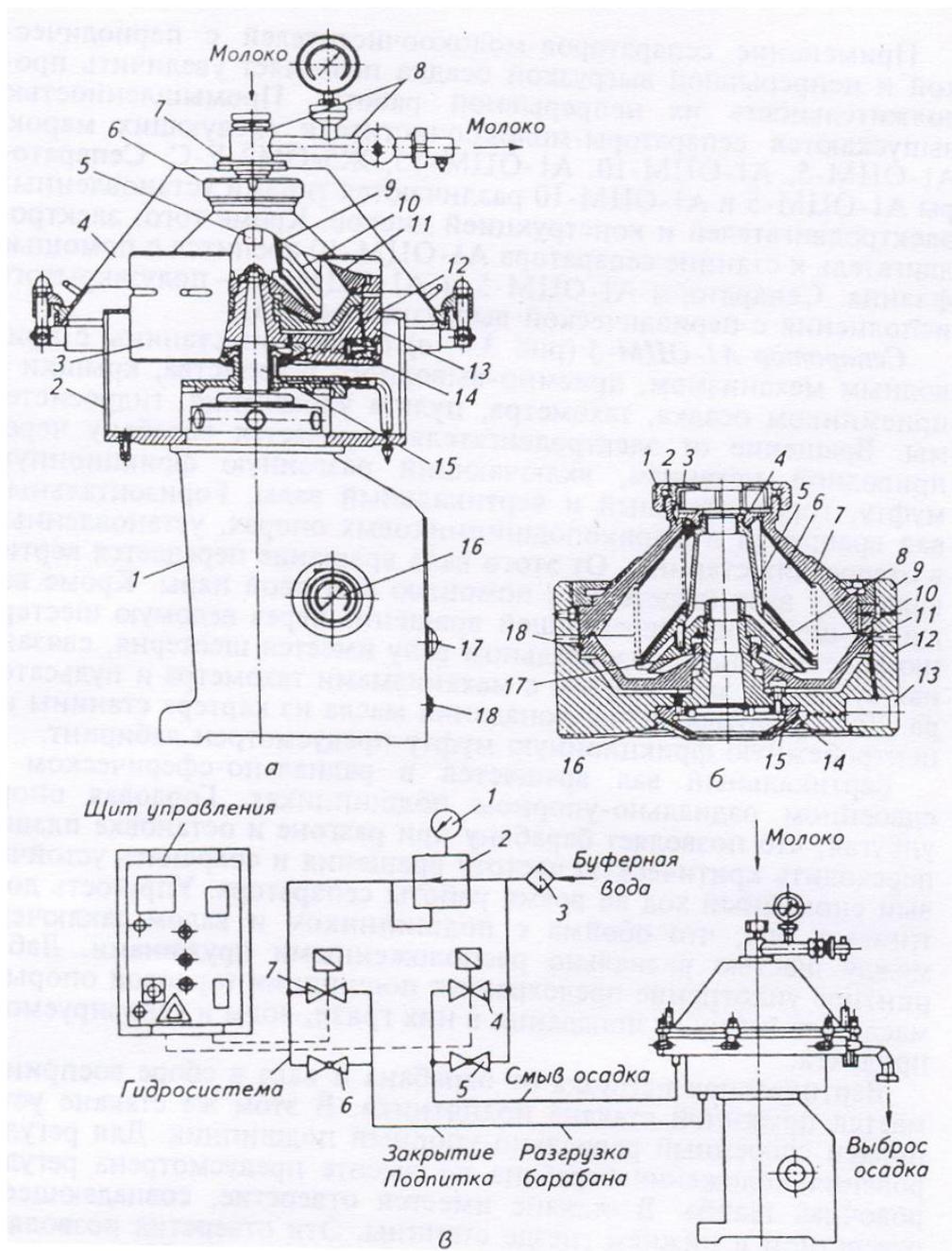


Рисунок 5 – Сепаратор-молокоочиститель А1-ОЦМ-5:

- а** – общий вид: 1 – станина; 2 – приемник осадка; 3 – барабан; 4 – крышка; 5 – питающая (центральная) трубка; 6 – малое затяжное кольцо (гайка); 7 – болт; 8 – приемно-выводное устройство, основание; 9 – тарелкодержатель; 10 – пакет тарелок; 11 – крышка барабана; 12 – запорный поршень; 13 – основание; 14 – клапанное устройство; 15 – вертикальный шит (веретено); 16 – тахометр; 17 – маслоуказатель; 18 – пробка; **б** – барабан сепаратора: 1 – накидная гайка; 2, 4, 10, 14–18 – уплотнения; 3 – горловина; 5 – тарелкодержатель; 6 – тарелки; 7 – корпус; 9 – кольцо; 11 – приемник; осадка;
- в** – схема подключения гидросистемы: 1 – манометр, 2 – редукционный клапан; 3 – фильтр; 4, 7 – электромагнитные вентили; 5, 6 – вентили

Она состоит из фильтра, крана, редуктора для регулирования давления в гидросистеме, манометра, электромагнитных вентилях для управления работой барабана и для подачи воды в приемник шлама, а также вентиля для управления работой сепаратора вручную. Гидросистему устанавливают отдельно от сепаратора и соединяют с ним трубопроводом. Гидроузел гидросистемы, служащий для подачи буферной воды в соответствующие полости барабана, состоит из подводящей коммуникации, клапанного устройства, распределителя буферной жидкости, напорного диска и сигнального крана. В приемнике осадка на верхнем торце станины имеются штуцер и форсуночное устройство для подвода воды при автоматической и ручной мойке.

Принцип действия сепаратора следующий. После набора барабаном необходимой частоты вращения открывают кран (на схеме не показан) на линии подвода воды к гидросистеме, и вода через фильтр поступает в гидросистему. Затем открывают вентиль б, и вода через гидроузел сепаратора поступает в барабан. После заполнения водой пространства под поршнем он поднимается вверх и перекрывает разгрузочные щели в основании барабана. Вентиль б ставят в положение «Подпитка», после этого исходный продукт из молокопровода через тарелкодержатель попадает в барабан и заполняет межтарелочное пространство. Под действием центробежной силы тяжелые механические примеси и слизь перемещаются к периферии барабана и оседают в шламовом пространстве. Очищенное молоко по наружным каналам тарелкодержателя поднимается вверх и через отверстие в крышке барабана поступает в напорную камеру, из которой выводится напорным диском в производственные трубопроводы.

Шламовое пространство периодически частично или полностью очищается (разгружается) во время работы. Частичную выгрузку применяют при автоматическом режиме работы, в этом случае удаляется только осадок, а молоко остается в барабане. Автоматическая разгрузка осадка управляется электромагнитными вентилями с помощью трех реле времени, размещенных в щите управления. Электромагнитное реле регламентирует продолжительность открытия электромагнитного вентиля 7, подающего воду через гидроузел в барабан сепаратора. Программное реле времени обеспечивает открытие электромагнитного вентиля 4 и подачу воды для автоматической мойки приемника осадка. В зависимости от степени загрязненности молока время между разгрузками колеблется от 40 до

95 мин, разгрузка продолжается от 0,3 до 0,7 с. Если система автоматической выгрузки осадка выходит из строя, можно использовать ручное управление. Для этого открывают кран, и вода попадает к гидроузлу, кран может оставаться в открытом положении около 1 с, после чего его опять ставят на подпитку. В это время барабан частично разгружается.

В сепараторе *A1-ОЦМ-15 с периодической центробежной выгрузкой осадка* по сравнению с аналогами снижены удельная металлоемкость в 2 раза, удельное потребление электроэнергии в 1,5 раза, а также шумовые и вибрационные характеристики и потери молока. Центробежными разгрузчиками осадка управляет бесклапанная система, что обеспечивает надежность и удобство в эксплуатации.

Сепаратор *A1-ОЦМ-15* (рис. 6, а) состоит из привода, барабана, приемника осадка с гидроузлом, крышки, приемно-выводного устройства. Привод предназначен для передачи вращения от электродвигателя барабану и состоит из горизонтального и вертикального валов. На горизонтальный вал насажены бандаж, зубчатое колесо. Вращение от электродвигателя плавно передается фрикционной муфтой горизонтальному валу и через зубчатую передачу – вертикальному. В барабане, состоящем из основания, поршня, тарелкодержателя с пакетом тарелок и крышки, молоко очищается от механических примесей.

Приемник осадка предназначен для накопления шлама и отвода его в канализацию, а гидроузел – для подачи управляющей воды в соответствующую полость основания барабана. Крышка сепаратора является защитным кожухом барабана. На ней устанавливается приемно-выводное устройство для подачи в сепаратор исходного и отвода очищенного молока в производственные коммуникации. Приемно-выводное устройство состоит из центральной трубы, напорного диска и отводящей магистрали. На последней установлен манометр. Пульт управления служит для автоматического регулирования центробежной выгрузки осадка. Гидросистема предназначена для управления ручной или автоматической (центробежной) выгрузкой осадка из барабана, а также для промывки приемника осадка.

Принцип работы сепаратора следующий. Исходное молоко через центральную трубку приемно-выводного устройства поступает в барабан, где в зазорах между промежуточными тарелками происходит его очистка от механических примесей. Очищенное молоко постоянно выводится из барабана напорным диском и через отводящую

магистраль направляется в производственные коммуникации. Давление очищенного молока регулируется клапаном и контролируется манометром.

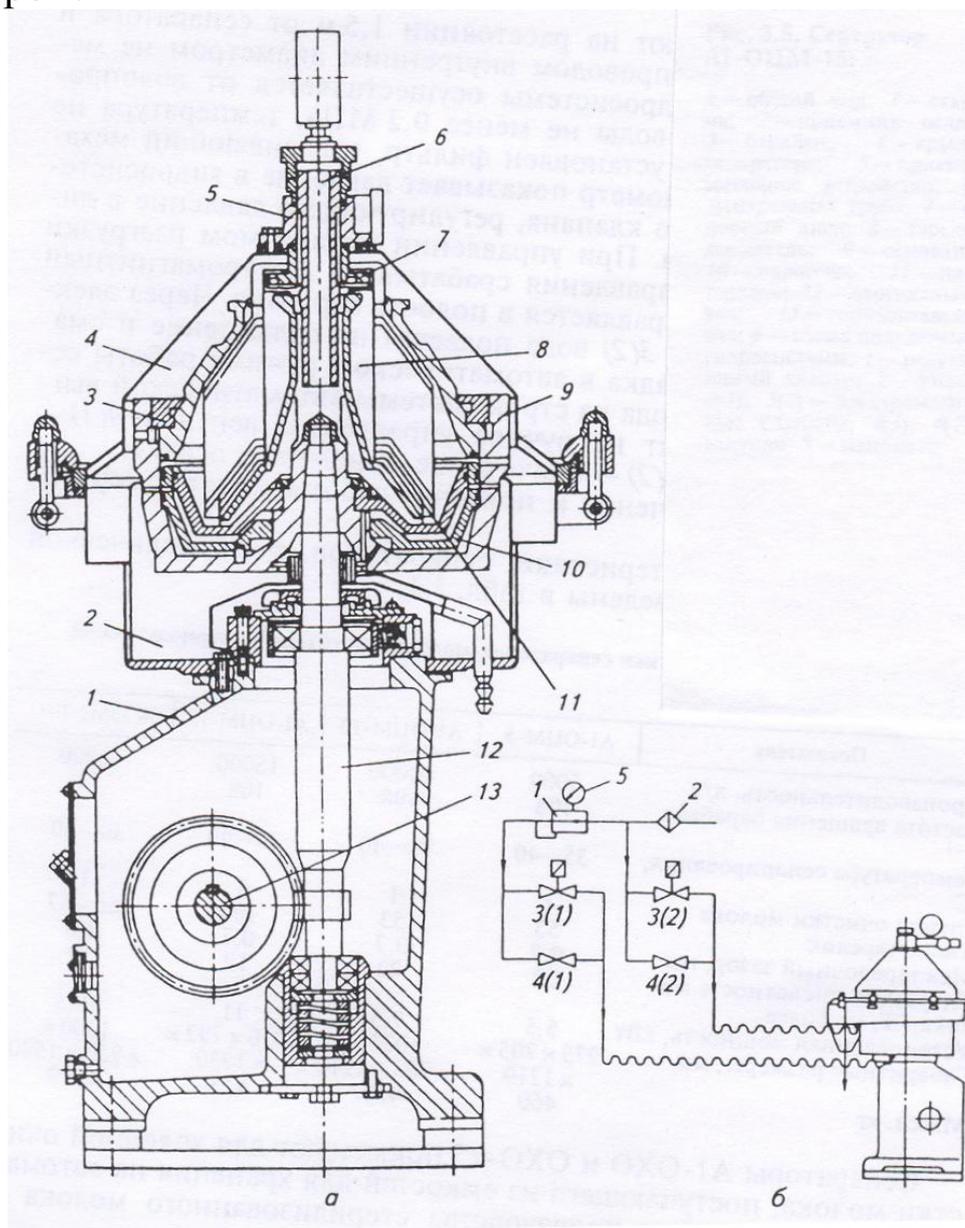


Рисунок 6 – Сепаратор А1-0ЦМ-15:

а – общий вид: 1 – станина; 2 – приемник осадка; 3 – барабан; 4 – крышка сепаратора; 5 – приемно-выводное устройство; 6 – центральная труба; 7 – напорный диск; 8 – тарелкодержатель; 9 – основание; 10 – поршень; 11 – пакет тарелок; 12 – вертикальный вал; 13 – горизонтальный вал; б – схема подключения гидросистемы: 1 – редукционный клапан; 2 – фильтр; 3(1), 3(2) – электромагнитные клапаны, 4(1), 4(2) – вентили; 5 – манометр

Осадок периодически выводится из барабана. В полость барабана подают воду. Поршень под воздействием гидростатического давления опускается, и осадок через разгрузочные щели основания вытес-

няется из барабана. Вода также выводится из барабана через отверстие в поршне. Под воздействием воды, находящейся в полости барабана, поршень поднимается и перекрывает разгрузочные щели, и выгрузка осадка прекращается. Гидросистему (рис. 6, б) устанавливают на расстоянии 1,5 м от сепаратора и соединяют с ним трубопроводом с внутренним диаметром не менее 15 мм. Питание гидросистемы осуществляется от водопроводной сети, давление воды не менее 0,2 МПа, температура – не выше 35°С. На выходе установлен фильтр, улавливающий механические примеси. Манометр показывает давление в гидросистеме после редуциционного клапана, регулирующего давление в линии разгрузки барабана. При управлении механизмом разгрузки по команде с пульта управления срабатывает электромагнитный вентиль 3(1), и вода направляется в полость барабана. Через электромагнитный вентиль 3(2) вода подается на охлаждение и смачивание приемника осадка в автоматическом режиме работы сепаратора. В случае выхода из строя системы автоматической выгрузки осадка переходят на ручное управление: вентиль 4(1) – разгрузка, а вентиль 4(2) – смачивание приемника осадка.

Расчет сепаратора

Производительность сепараторов для высокожирных сливок P_v (м³/с) определяют по следующим формулам:

$$P_v = 0,2P_m / \lg(\mathcal{J}_и - \mathcal{J}_к) / (\mathcal{J}_м - \mathcal{J}_к),$$

где P_m – производительность сепаратора по молоку, м³/с;

$\mathcal{J}_м$ – максимально достижимая жирность сливок, % ($\mathcal{J}_м = 90$ %);

$\mathcal{J}_и$, $\mathcal{J}_к$ – массовая доля жира в исходных и высокожирных сливках, %;

или

$$P_v = 16,55\eta n^2 Z \operatorname{tg} \alpha (R_б^3 - R_m^3) [(\rho_n - \rho_ж) / \mu] d_ж^2,$$

где η – КПД сепаратора ($\eta = 0,5 \dots 0,7$);

n – частота вращения ротора, с⁻¹;

Z – количество тарелок;

α – угол наклона образующей тарелки, град ($\alpha = 45 \dots 60^\circ$);

$R_б$ – большой радиус тарелки, м;

R_m – меньший радиус тарелки, м;
 ρ_n – плотность дисперсионной среды (плазмы), кг/м³;
 $\rho_{ж}$ – плотность дисперсионной фазы (жира), кг/м³;
 μ – динамическая вязкость дисперсионной среды, Па×с;
 $d_{ж}$ – предельный диаметр жирового шарика, м;

сепаратора-молокоочистителя:

$$P_v = 2\pi H R_\delta R_m (R_\delta - R_m) \omega^2 \Delta \rho \sin^2 \alpha r^2 \mu / (h + \delta),$$

где H – высота тарелки, м;
 h – расстояние между тарелками по вертикали, м;
 δ – толщина тарелки, м;
 ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с;
 $\Delta \rho$ – разность плотности частицы и молока, кг/м³;
 r – радиус отделяемой частицы, м;

сепаратора с пульсирующей выгрузкой осадка:

$$P_{vn} = P_v (1 - tn),$$

где t – время прерывания сепарирования для выгрузки осадка, с ($t = 60 \dots 120$ с);

n – частота разгрузок, с⁻¹.

Объем осадка, удаляемого из сепарируемого устройства, V_{oc} (м³) находят по формуле

$$V_{oc} = \mu Z \delta \omega R \sqrt{1 - (r - R)^2},$$

где R – радиус барабана, м;
 r – радиус частиц загрязнения, м;
 δ – толщина тарелок, м.

Размер жировых шариков d (мм):

$$d = (m / 0,04) + 0,05,$$

где m – массовая доля жира в обезжиренном молоке, %.

Давление, создаваемое напорными дисками сепаратора P (Па):

$$P = (\rho / 50000) (R_d^2 - R_k^2),$$

где ρ – плотность жидкости, выходящей из сепаратора, кг/м³;

R_d – максимальный радиус диска, м;

R_k – внутренний радиус кольца жидкости, м.

Время непрерывной работы сепаратора между разгрузками τ (ч):

$$\tau = 0,1V/Па,$$

где a – объемная концентрация взвешенных частиц в сепарируемом продукте, %.

Критическая частота вращения вала $\omega_{кр}$ (с⁻¹), то есть скорость, при которой происходит разрушение вала:

$$\omega_{кр} = [1/(1-c)] \sqrt{K / m_{\sigma}},$$

где K – сила, вызывающая прогиб вала на 1 м, Н/м, для сепаратора с жестко зацепленным (без амортизатора) верхним радиальным подшипником:

$$K = 3EI / c^2(c + l),$$

где E – модуль упругости материала вала, Н/м²;

I – момент инерции сечения вертикального вала, м⁴;

l – расстояние между верхним и нижним подшипником, м;

c – расстояние от верхнего подшипника до центра тяжести, м.

$$I = 0,05d_b^4,$$

здесь d_b – диаметр вала, м.

Мощность электродвигателя привода сепаратора N (кВт) определяют по формуле

$$N = [(mR_{и}^2\omega^2 / 1000gt) + (K\Pi_v\omega^2R\gamma / 2000g) + 10^{-6}\omega^3(132,6/ S_{общ}n) \sum_{i=1}^k (S_iR_i^3)\rho_B / g](\eta_0 / \eta),$$

где m – масса ротора (барабана), кг;

$R_{и}$ – радиус инерции ротора, м;

ω – угловая скорость ротора, рад/с;

t – продолжительность разгона, с;

K – коэффициент, учитывающий радиальную скорость струи ($K = 1, 0 \dots 1, 2$);

R – расстояние от оси вращения до выходных отверстий, м;

γ – плотность жидкости, кг/м³;

$S_{\text{общ}}$ – общая поверхность трения ротора, м²;

S_i – площадь поверхности трения i -го участка ротора, м²;

R_i – средний радиус i -го участка поверхности, м;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³;

η_a – коэффициент запаса мощности в период разгона ($\eta_a = 1,5$);

η – КПД привода ($\eta = 0,6 \dots 0,7$).

Задание: выполнить расчет сепаратора если заданы:

ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с;

$R_{\text{б}}$ и $R_{\text{м}}$ – внешний и внутренний радиусы тарелок, м;

$R_{\text{д}}$ – максимальный диаметр диска, м;

V – объем шламowego пространства, м³;

$m_{\text{б}}$ – масса барабана, кг;

c – расстояние от верхнего подшипника до центра тяжести, м;

l – расстояние между верхним и нижним подшипником, м;

G – масса вращающихся частей сепаратора с сепарируемой жидкостью, кг.

Порядок оформления отчета

Отчет о расчетно-проектной работе должен включать в себя:

– цель работы;

– теоретическую часть, в которой излагаются теоретические основы процесса сепарирования молока, классификация сепараторов и краткая характеристика двух стадий процесса сепарирования;

– расчетную часть, в которой приводится расчет сепаратора по предлагаемому варианту (табл. 3), описание конструкции и принципа действия сепаратора, указанного в индивидуальном задании;

– графическую часть, в которой дается чертеж заданного типа сепаратора и спецификация к нему.

Контрольные вопросы

1. В каких отраслях пищевой промышленности используются сепараторы?

2. Какова классификация сепараторов?

3. В чем заключается сущность процесса разделения и осветления?
4. Каковы основные конструктивные факторы, влияющие на эффективность процесса сепарирования?
5. За счет чего осуществляется отвод осадка, получаемого в процессе сепарирования?
6. Каково устройство и принцип работы сепаратора?
7. Что такое критическая частота вращения вертикального вала сепаратора?
8. Каковы конструктивные отличия сепаратора-сливкоотделителя от сепаратора-молокоочистителя?
9. Из каких составляющих складывается мощность привода сепаратора?

Таблица 1 – Техническая характеристика сепараторов

Показатель	Г9-КОВ	ВСМ	ОСН-С
Производительность, л/ч	8500	2000... 2500	10000
Давление продукта на выходе, МПа	0,2	0,35... 0,40	0,25
Частота вращения барабана, с ⁻¹	523,3	436,5	500
Температура сепарирования, К	283... 298	283... 288	35... 40
Максимальный диаметр барабана, мм	600	640	616
Межтарелочный зазор, мм	0,5	0,3... 0,4	0,50
Электродвигатель:			
мощность, кВт	13	10	15,0
частота вращения, с ⁻¹	157	157	157
Габаритные размеры, мм:			
длина	1500	1150	1390
ширина	1132	780	1000
высота	1650	1350	1785
Масса, кг:			
барабана	500	302	240
сепаратора	1800	905	1512

Таблица 2 – Технические характеристики сепараторов

Показатель	А1-ОЦМ-5	А1-ОЦМ-15
Производительность, л/ч	5000	15000
Частота вращения барабана, с ⁻¹	108	108
Температура сепарирования, °С	35-40	35-40
Группа очистки молока	1	1
Число тарелок	53	100
Межтарелочный зазор, мм	0,7	0,7
Титруемая кислотность молока, °Т, не более	22	19
Установленная мощность, кВт	5,5	11
Габаритные размеры, мм	975x705x 1210	1010x792x1230
Масса, кг		

Таблица 3 – Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	ω , с ⁻¹	R _б , м	R _м , м	R _д , м	V*10 ⁻³ , м ³	m _б , м	c, м	l, м	G, кг	Марка сепаратора
1	500	0,18	0,060	0,075	4,8	81	0,30	0,57	109	ОСН-С
2	510	0,18	0,060	0,075	4,9	82	0,30	0,58	108	
3	520	0,16	0,060	0,075	5,0	83	0,31	0,59	109	
4	530	0,16	0,070	0,075	5,0	84	0,34	0,60	110	
5	540	0,17	0,070	0,075	4,9	85	0,32	0,61	111	
6	550	0,17	0,070	0,075	4,8	86	0,33	0,61	112	
7	560	0,18	0,070	0,075	4,7	87	0,34	0,60	113	
8	570	0,17	0,060	0,075	4,8	86	0,31	0,59	114	
9	580	0,16	0,065	0,080	4,9	85	0,30	0,58	115	
10	590	0,18	0,065	0,080	5,0	84	0,30	0,58	114	
11	600	0,18	0,065	0,080	5,1	83	0,32	0,59	114	
12	610	0,20	0,065	0,080	5,2	82	0,33	0,60	113	
13	620	0,20	0,065	0,080	5,3	83	0,34	0,61	113	А1-ОЦМ-5, А1-ОЦМ-15
14	630	0,20	0,065	0,080	5,2	84	0,34	0,62	112	
15	640	0,20	0,065	0,080	5,2	85	0,33	0,61	112	
16	650	0,18	0,065	0,080	5,3	86	0,32	0,60	111	
17	640	0,19	0,065	0,080	5,3	84	0,31	0,60	111	
18	630	0,19	0,075	0,085	5,2	86	0,32	0,60	110	ВСМ
19	620	0,19	0,075	0,085	5,3	87	0,32	0,59	110	
20	630	0,17	0,075	0,085	5,4	85	0,33	0,59	109	
21	610	0,17	0,075	0,085	5,5	84	0,33	0,59	109	
22	610	0,19	0,075	0,085	5,6	83	0,34	0,58	108	
23	600	0,19	0,070	0,085	5,4	83	0,34	0,60	108	
24	590	0,20	0,070	0,085	5,3	81	0,35	0,61	109	
25	580	0,20	0,070	0,085	5,2	83	0,35	0,62	110	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн./ С.Т. Ани-типов [и др.]; под ред. В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 1527 с.
2. Березин, М.А. Практикум по расчетам технологического оборудо-вания пищевых производств / М.А. Березин, С.В. Истихин, В.В. Кузнецов. – Саранск: Мордовия-Экспо, 2009. – 64 с.
3. Остриков, А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевой промышленности: учеб. для вузов / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.
4. Бредихин, С.А. Технология и техника переработки молока / С.А. Бредихин, Ю.В. Космодемьянский, В.Н. Юрин. – М: Колос, 2003. – 400 с.

Сепараторы жидкостные центробежные Г9-КОВ, ВСМ, ОСН-С, А1-ОЦМ-5, А1-ОЦМ-15

*Методические указания для выполнения
практических работ*

Составитель Самойлов В.А.

Редактор К.О. Тимофеева

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.
Подписано в печать .09.2010. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Печать – ризограф. Усл. печ. л. Тираж 110 экз. Заказ №
Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117