



**В.Е. Майзлиш, А.В. Борисов, Е.А. Данилова**

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ГОМОГЕНИЗАЦИЯ**

**Учебное пособие**



**Иваново  
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Ивановский государственный химико-технологический университет

В.Е. Майзлиш, А.В. Борисов, Е.А. Данилова

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ГОМОГЕНИЗАЦИЯ

Учебное пособие

Иваново 2019

УДК 661.124(072)

**Майзлиш, В.Е.** Технология и оборудование химико-фармацевтической промышленности. Гомогенизация: учебное пособие /В.Е. Майзлиш, А.В. Борисов, Е.А. Данилова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2019. – 140 с.

В учебном пособии изложены сведения о процессах и аппаратах производства химико-фармацевтических препаратов, используемых при гомогенизации. Приведены условия технологического режима, рассмотрены современные и перспективные конструкции аппаратов.

Пособие предназначено студентам, изучающим курсы «Основы проектирования и оборудование предприятий химико-фармацевтической промышленности», «Технология готовых лекарственных форм», выполняющим курсовые проекты и выпускные квалификационные работы и обучающимся по направлению «Химическая технология», профиль «Химическая технология химико-фармацевтических препаратов и косметических средств», и магистрантам, специализирующимся в этой области.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

главный технолог Е.Е. Сухоруков (АО «Р-фарм» ЯЗГЛФ);

директор по качеству О.В. Федорова (ОАО «Ивановская фармацевтическая фабрика»)

© Майзлиш В.Е., Борисов А.В.,  
Данилова Е.А., 2019

© ФГБОУ ВО «Ивановский  
государственный химико-  
технологический университет», 2019

## Оглавление

Введение	4
Гомогенизаторы	5
Вакуумные миксеры-гомогенизаторы	16
Вакуумный миксер-гомогенизатор УМТИ-СИ	30
Вакуумный реактор с соосными мешалками	31
Вакуумно-гомогенизирующая гидродинамическая установка серии ВГА-ГД	33
Вакуумные смесители-гомогенизаторы EMULSIFIER	37
Вакуумный эмульгирующий миксер-гомогенизатор	40
Гомогенизаторы высокого давления	43
Установка микроэмульсионная серии «УМ»	54
Универсальная смесительная установка Standard Plant SPP	62
Установка IKA MHD	64
Установка для смешения жидкостей	67
Поточные диспергаторы	68
Установка DISPAX-REACTOR DR	71
Насосы-гомогенизаторы	74
Насосы-гомогенизаторы серии НГД	74
Насос-гомогенизатор серии НГД-М (модернизированный)	75
Насосы-гомогенизаторы высоконапорные клапанные с плунжером серии НГД-ВК	76
Установки для приготовления эмульсий и суспензий модели УПЭС	77
Модель УПЭС-ВК	79
Роторно-пульсационные аппараты	80
Прочее оборудование для гомогенизации	86
Смесители	99
Вопросы для самоподготовки	113
Библиографический список	115
Приложение	118

## Введение

Главная задача технологии при изготовлении готовых форм лекарственных средств состоит в том, чтобы лекарственные вещества были максимально диспергированы и равномерно распределены по всей массе препарата, т. е. гомогенизированы.

Следует различать понятия гомогенизации и диспергирования, потому что гомогенизация не всегда включает в себя дисперсное дробление, обычное для смешивания твёрдых порошкообразных веществ. В то же время, диспергирование уже включает в себя гомогенизацию.

Гомогенизация (греч. *ὁμογενής* – *однородный*) – это технологический процесс, производимый над двух- или многофазной системой, в ходе которого уменьшается степень неоднородности распределения химических веществ и фаз по объёму гетерофазной системы. Таким образом, процесс гомогенизации представляет собой операцию измельчения и диспергирования частиц для получения полностью гомогенной структуры. Экстремальное уменьшение размеров частиц дисперсной фазы приводит к достижению целого ряда существенных преимуществ получаемых продуктов: полное устранение или существенное замедление процесса разделения фаз, высокий уровень стабильности, улучшение структуры продукта, повышение органолептических характеристик и сохранение свойств.

В зависимости от агрегатного состояния смешиваемых компонентов обычно используют:

- прокачивание жидкостей через дисперсные системы с отверстием под давлением;
- перемешивание при помощи быстро вращающегося венчика или диспергатора;
- ультразвуковая гомогенизация и/или кавитация систем типа жидкость-газ или газ-жидкость;
- смешивание порошков в смесителях.

Для реализации этих процессов используют специальное оборудование – *гомогенизаторы*, а также *диспергаторы*, *миксеры* и *смесители*.

## Гомогенизаторы

Гомогенизаторы могут иметь рубашку и защитный кожух (рис. 1). Нагрев рубашки используется при гомогенизации сред, которые застывают, либо становятся более вязкими уже при комнатной температуре, или для гомогенизации сред, которым недопустимо перегревание, а также, когда наблюдается рост/гибель бактерий при повышении/понижении температуры (рис. 1, а). В этом случае в рубашку подается охлаждающая жидкость, которая, циркулируя, охлаждает стенку рабочей камеры, соприкасающуюся с продуктом.



**а**

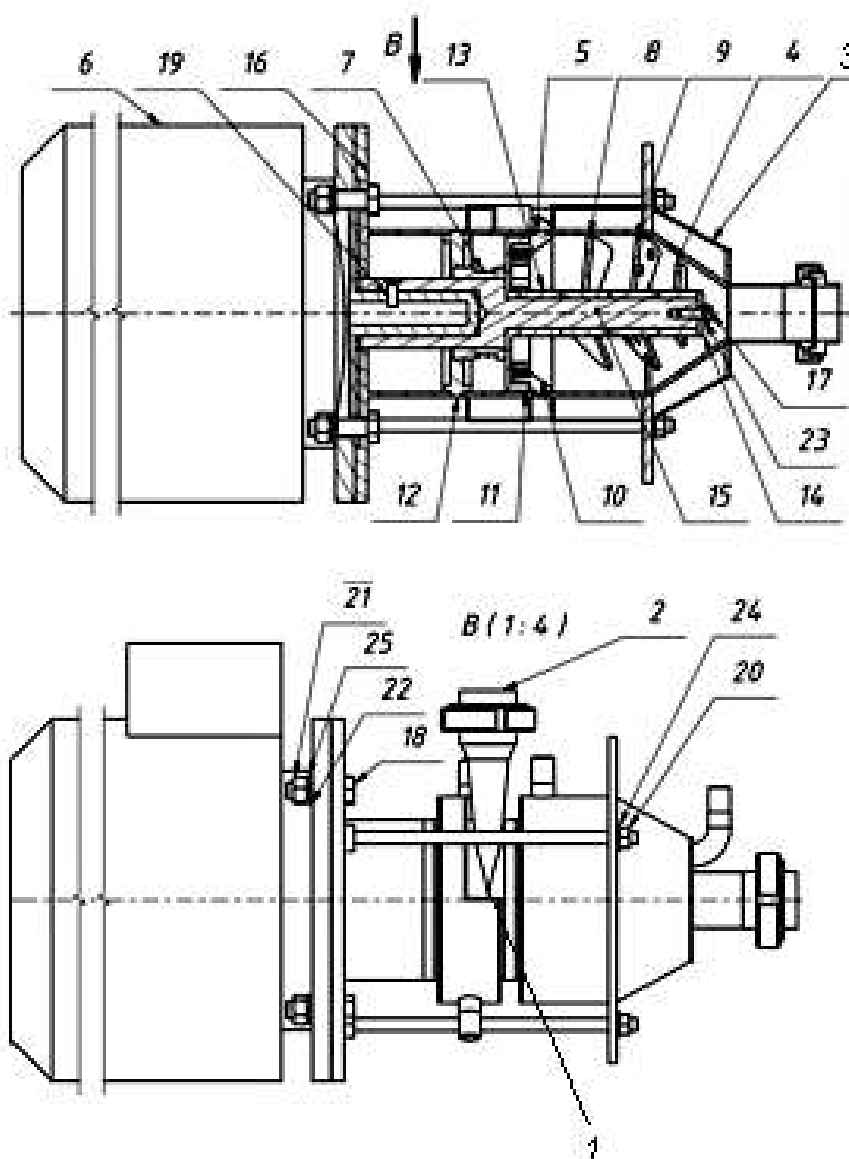


**б**

**Рис. 1.** Гомогенизатор: а – с рубашкой; б – с защитным кожухом

Принцип действия гомогенизатора можно представить следующим образом: перекачиваемая гомогенизатором среда подводится к всасывающему патрубку **2** (рис. 2). Под воздействием подпиряющего давления крупнозернистые частицы или смеси, подлежащие гомогенизации, попадают на крыльчатку агрегата **8, 9**, затем, получив ускорение, попадают на гомогенизирующий узел **1**, где происходит их дробление между вращающимся и стационарным калибровочными цилиндрическими ножами ротора **11** и статора **10**. Далее частицы «выдавливаются» крыльчаткой и под воздействием давления, созданного центробежной силой, проходят через пазы (отверстия), где происходит мгновенное срезание (дробление) частиц подвижной частью ножа (пазом, шлицем вращающейся части) по мере их продвижения. Калибровочные

ножи выполнены в виде цельнотельных косорадиально профрезерованных и отшлифованных болванок (например, в одноступенчатом – в виде колец с отверстиями). Затем они отводятся из напорного патрубка гомогенизатора.

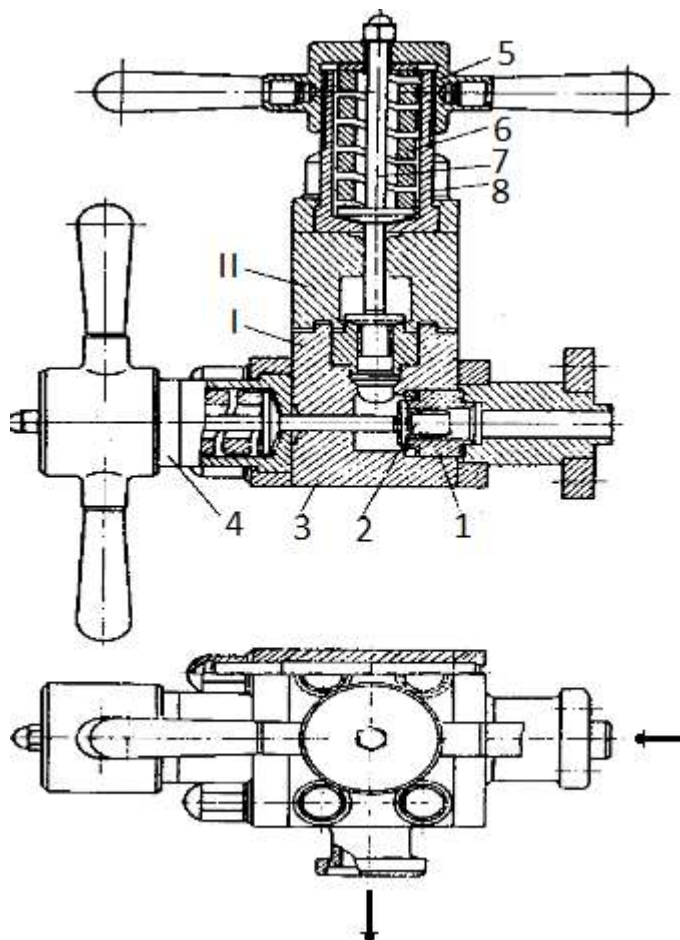


**Рис. 2.** Схема устройства гомогенизатора GYDROMIX - ГМ-15р: 1 – гомогенизирующий узел; 2 – напорный патрубок; 3 – корпус; 4 – крыльчатка; 5 – кольцо уплотнительное; 6 – двигатель; 7 – торцевое уплотнение; 8, 9 – крыльчатка; 10 – статор; 11 – ротор; 12 – уплотнение; 13 – втулка; 14 – шайба; 15 – вал; 16 – крышка; 17, 18, 19 – винт; 20, 21 – гайка; 22 – 25 – шайба

Гомогенизирующий узел может состоять из одной или нескольких гомогенизирующих головок, расположенных последовательно. В зависимости от числа головок различают одно-, двух- и трёхступенчатые гомогенизаторы.

Двухступенчатая гомогенизирующая головка (рис. 3) состоит из корпуса 3 и клапанного устройства, основными частями которого являются седло

клапана **1** и клапан **2**. Клапан связан со штоком **7**, на выступ которого давит пружина **6**, закрепленная в стакане **8**. Сила сжатия пружины регулируется путем перемещения накидной гайки **5** со штурвалом. Жидкость, нагнетаемая насосом под тарелку клапана, давит на тарелку и отодвигает клапан от седла, преодолевая сопротивление пружины.



**Рис. 3.** Двухступенчатая гомогенизирующая головка: I — первая ступень; II — вторая ступень; 1 — седло клапана; 2 — клапан; 3 — корпус; 4 — нажимное устройство; 5 — накидная гайка; 6 — пружина; 7 — шток; 8 — стакан

В образовавшейся между клапаном и седлом щели (0,05 — 2,5 мм) жидкость гомогенизируется и попадает на следующую ступень, где процесс повторяется снова.

Многоступенчатый гомогенизатор, внешний вид которого приведен на рис. 4, предназначен для многокомпонентного гомогенизирования смесей и может иметь до 19 ступеней. Продукт, переходя из ступени в ступень, постепенно измельчается, смешивается до нужной степени гомогенизации



(размеры до 0,2 мкм). Скорость вращения ротора может достигать 3000 — 10000 об/мин.



**Рис. 4.** Многоступенчатый гомогенизатор

Технические характеристики таких многоступенчатых гомогенизаторов приведены в табл. 1, прил.

Аналогичные характеристики имеют гомогенизаторы YUMIX V (7,5-15; 11-17; 11-19 и 15-19), выпускаемые компанией «Normit» (Словакия). На рис. 5 показаны внешний и внутренний виды гомогенизаторов. Корпус и ротор гомогенизаторов обычно выполнены из титана или нержавеющей стали AISI 304, AISI 316, что значительно увеличивает срок их службы в целом.

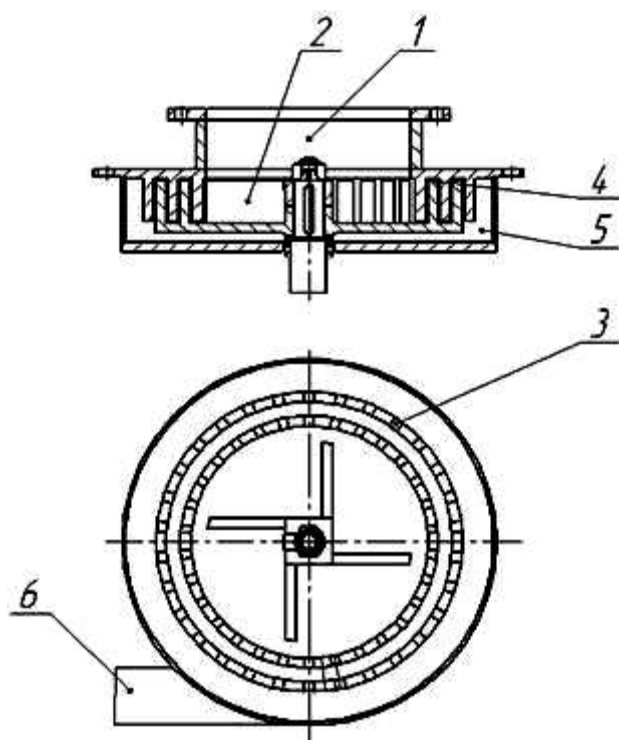
В настоящее время как российские, так и зарубежные фирмы выпускают значительное количество самых разнообразных гомогенизаторов.

Например, российский гомогенизатор под общим названием РПГ (роторно-пульсационный гомогенизатор) используется в пищевой, косметической, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности. Он предназначен как для измельчения, так и для многокомпонентной гомогенизации с целью получения нерасслаивающихся эмульсий и суспензий. По многим параметрам, как указывает производитель ПО «Агромаш», такой аппарат превосходит лучшие зарубежные образцы гомогенизаторов.



**Рис. 5.** Внешний и внутренние виды гомогенизаторов

Технические характеристики гомогенизаторов РПГ и Р (роторный) приведены в табл. 2 и 3, прил.



**Рис. 6.** Схема РПГ: 1 – входной патрубок; 2 – полость; 3 – каналы ротора; 4 – каналы статора; 5 – рабочая камера; 6 – выходной патрубок

Принцип работы РПГ заключается в следующем (рис. 6): обрабатываемая жидкость подается под давлением или самотеком через входной патрубок **1** в

полость **2**, проходит через каналы ротора **3**, каналы статора **4**, рабочую камеру **5** и выходит из аппарата через выходной патрубок **6**.

При вращении ротора его каналы периодически совпадают с каналами статора. Выходя из канала статора, жидкость собирается в рабочей камере и продвигается к выходному патрубку. В период времени, когда каналы ротора перекрыты стенкой статора, в полости ротора давление возрастает, а при совмещении канала ротора с каналом статора давление за короткий промежуток времени сбрасывается, и в результате этого в канал статора распространяется импульс давления. Скорость жидкости в канале статора является переменной величиной. При распространении в канале статора импульса избыточного давления следом возникает кратковременный импульс пониженного ("отрицательного") давления, так как совмещение каналов ротора и статора завершилось, и подача жидкости в канал статора происходит только за счет транзитного течения из радиального зазора между ротором и статором. Объем жидкости, вошедший в канал статора, стремится к выходу из канала, и инерционные силы создают растягивающие напряжения в жидкости, что вызывает кавитацию. Кавитационные пузырьки растут при воздействии импульса пониженного давления и схлопываются или пульсируют при увеличении давления в канале статора. Часть кавитационных пузырьков выносятся в рабочую камеру.

Кроме основных рабочих органов (цилиндров с прорезями, дисков), РПГ могут иметь дополнительные рабочие органы, предназначенные для повышения эффективности их работы. Часто в качестве дополнительных элементов используют лопасти-ножи, устанавливаемые на роторе, статоре или корпусе. Лопасти на роторе позволяют значительно улучшить напорно-расходные характеристики РПГ, повысить эффективность обработки потока во внутренней зоне и создать дополнительные ступени обработки. Повышение эффективности гомогенизатора может быть достигнуто за счет установки в рабочем пространстве дополнительных рабочих органов, не связанных жестко с основными органами. В этом случае используют диспергирующие и другие

дополнительные тела, обеспечивающие повышение эффективности диспергирования и степени турбулизации потока, что будет более подробно рассмотрено в разделе роторно-пульсационные аппараты.

Гомогенизатор можно рассматривать как частный случай диспергатора, которые по принципу действия делятся на «ротор-статор», ультразвуковые и плунжерные (высокого давления).

Диспергаторы с системой «ротор-статор» позволяют измельчать субстанции за счёт механического воздействия. Устройства данного типа имеют диспергирующие элементы, состоящие из двух частей: неподвижного статора и вращающегося ротора. Статор и ротор имеют на конце зубцы различной формы, которая подбирается в зависимости от решаемой задачи.



а



б

**Рис. 7.** Схематичное изображение процесса диспергирования:  
а – статор и ротор; б – диспергирующий элемент с длинным валом

Продукт попадает в центр диспергирующего элемента и за счёт высоких окружных скоростей отбрасывается к периферии, при этом, проходя сквозь щели статора и ротора, он измельчается (рис. 7, а). Степень измельчения зависит от свойств среды (вязкость жидкости/жидкостей; твёрдость и размер частиц твердой фазы и пр.), типа диспергирующего элемента и окружной скорости.

Диспергаторы с системой «ротор-статор» бывают двух типов: погружные и проточные. Погружные диспергаторы по внешнему виду напоминают мешалку: они имеют привод и диспергирующий элемент с длинным валом (рис. 7, б). Такие диспергаторы применяются в основном в лабораториях при работе

с объёмами от нескольких миллилитров (пробирки) до десятков литров, хотя имеются и промышленные модели, которые устанавливаются на больших реакторах.

Проточные диспергаторы используются для гомогенизации в потоке или при рециркуляции продукта.

Для получения тонких эмульсий и суспензий используют диспергирующие элементы с двумя или тремя парами ротор-статор. Диспергирующие элементы, как правило, выполнены из нержавеющей стали AISI 316L и снабжены подшипниками скольжения с тефлоновым покрытием. Элементы могут быть легко разобраны, вымыты, простерилизованы, в том числе и автоклавированы.



с П-образными зубьями



с W-образными зубьями



с М-образными зубьями



с поперечными выемками

**Рис. 8.** Диспергирующие элементы

Форма зубцов диспергирующих элементов различна и зависит от рабочей среды и конечного результата (рис. 8). Стандартные зубцы имеют *П-образную форму*: чем тоньше измельчение, тем меньше должно быть расстояние между зубцами.

Диспергирующие элементы с *W-образными зубьями* используются для измельчения твердых, волокнистых или вязких материалов в жидкости.

Благодаря W-образной форме продукт "входит" между зубцами и измельчается. Если для этой задачи использовать П-образные элементы, то измельчения не произойдет, т.к. материал либо не сможет пройти между зубцами, либо, наоборот, застрянет там.

Существуют диспергирующие элементы, ротор которых имеет *М-образную форму*, при этом 2 резца выступают ниже статора (рис. 8). Это своеобразные ножи, которые "лохматят" продукт, чтобы он мог проходить между основными зубцами диспергирующего элемента. Стандартные П-образные элементы в этом случае будут просто гонять материал по объёму, не причиняя ему особого вреда.

Помимо стандартных выпускаются специальные диспергирующие элементы под специфические задачи. Например, для растворения и приготовления суспензий в средах с высокой вязкостью используют элемент BIOTRONA, в котором статор выполнен с поперечными выемками. Благодаря такой конфигурации наблюдается высокая турбулентность потока. Другой специфический элемент, предназначенный для работы с вязкими средами, – DISOLVER (в переводе с исп. – разрушать).

Эти смесители используют для многокомпонентного гомогенизирования нерастворимых сред с целью получения эмульсий и суспензий в пищевой, косметической, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности, в т. ч. для особо вязких продуктов.

В качестве основных преимуществ диссольверов следует отметить то, что:

- все части гомогенизатора, контактирующие с продуктом, изготовлены из высококачественной пищевой нержавеющей стали AISI 304, AISI 316;
- торцевое уплотнение, установленное в гомогенизаторе, имеет увеличенный ресурс;
- гарантирована работа при температурных режимах до 115° С в различных средах;



- имеет более высокую степень защиты от потерь через уплотнения, т.к. крышка гомогенизатора отделена от крышки двигателя.

Ногинский завод промышленного оборудования выпускает гомогенизаторы-диспергаторы серии GYDROMEX, которые также могут быть использованы в производстве кремов, шампуней, бальзамов, гелей, мазей, зубных паст, эмульсий (табл. 4, прил.).

Компания «Агромаш» выпускает гомогенизаторы-диспергаторы марки Gidromix (рис. 9). Двухступенчатый гомогенизатор РПГ-11 Gidromix и аппарат РПГ-22i являются аналогами импортного оборудования. Они позволяют одновременно производить диспергирование, гомогенизирование и перекачивание продукта с повышением давления на выходе. Принцип действия гомогенизатора не отличается от приведенного выше. Высокая производительность позволяет получить высокостабильные эмульсии и суспензии с размером частиц до 2 мкм и обеспечивает степень гомогенизации 80 %.



Гомогенизатор Gidromix



Gidromix рабочая часть



Рабочий орган



Рис. 9. Гомогенизатор-диспергатор РПГ-7,5 Gidromix, двухступенчатый

Для гомогенизации жидких и вязких продуктов эффективнее использовать погружной гомогенизатор, например, ПНГ (рис. 10). Гомогенизатор крепится на площадку подъемного устройства и с помощью

пульта управления может свободно перемещаться по вертикальной направляющей с погружением в емкость.



**Рис. 10.** Гомогенизатор погружной ПНГ

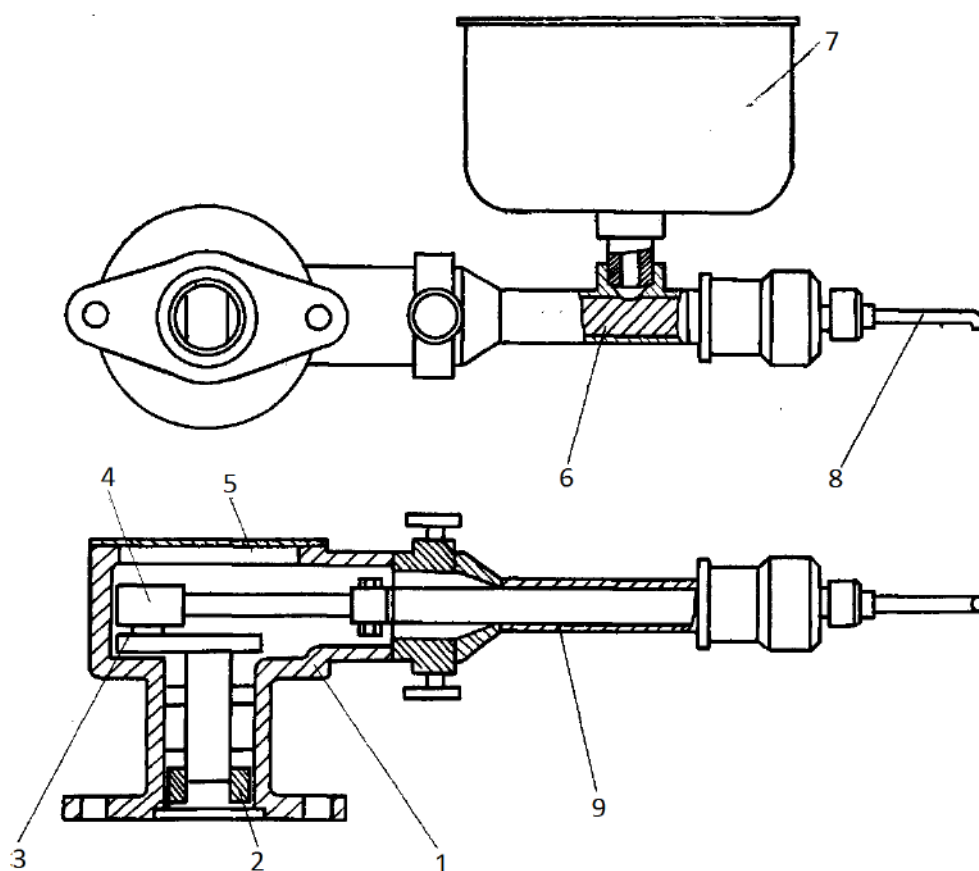
*Преимущества* погружного гомогенизатора являются отсутствие торцевых уплотнений и обвязывающих трубопроводов и, как следствие, возможность работы при более высоких температурах, в агрессивных средах, размещения гомогенизатора в емкостях разных объемов, использование одного гомогенизатора на несколько емкостей попеременно. Детали гомогенизатора выполнены из хромоникелевой стали. Технические характеристики гомогенизаторов ПНГ приведены в табл. 5, прил.

Для гомогенизации слабоагрессивных жидких и сиропообразных лекарственных средств используют гомогенизатор (рис. 11), который состоит из резервуара **7**, плунжерной пары и кривошипно-шатунного механизма. Все узлы смонтированы в корпусе **1**. Кривошипно-шатунный механизм состоит из пальца **3**, насаженного на вал, который приводится в действие шатуном **4**. На шатуне **4** закреплен плунжер **6**, который совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре **9** и продавливает порцию вещества через кольцевую щель между клапаном и седлом.

Клапан прижимается к седлу пружиной, натяжение которой можно регулировать. Лекарственные средства заливают в **7**, закрывают крышкой **5** и



плунжером **6** периодически продавливают определенную дозу через узкую кольцевую щель между клапаном и седлом.



**Рис. 11.** Гомогенизатор для гомогенизации слабоагрессивных жидких и сиропообразных лекарственных средств: 1- корпус; 2 – полумуфта; 3 – палец; 4 – шатун; 5 – крышка; 6 – плунжер; 7 – резервуар; 8 – штуцер; 9 – цилиндр

Емкость резервуара составляет 3,2 л, скорость вращения входного вала 50—360 об/мин, высота гомогенизатора 355 мм, размеры основания 430x135 мм. Вес гомогенизатора 5,1 кг.

### **Вакуумные миксеры-гомогенизаторы**

Существует группа так называемых вакуумных миксеров-гомогенизаторов, которые используются в фармацевтической, косметической промышленности для производства мазей, гелей, глазных капель, глазной мази, микстуры от кашля, инфузионных растворов, растворов сахара/соли, суппозиторных масс, массы для покрытия таблеток, лосьонов, парафиновых и

липидных эмульсий, дезинтеграции клеток, дезинфицирующих средств, сыворотки, вакцины и др. Данный вид оборудования применяется в Западной Европе и Америке, а также на большинстве конкурентоспособных предприятиях России, выпускающих продукцию европейского качества. Основным преимуществом этой конструкции является то, что она позволяет смешивать между собой такие компоненты, которые при смешивании на открытом воздухе затвердевают еще в процессе смешения. Их технические характеристики приведены в табл. 6, прил.

В этом типе смесителей задействовано одновременно несколько видов процессов: вакуумирование, смешение и гомогенизация.

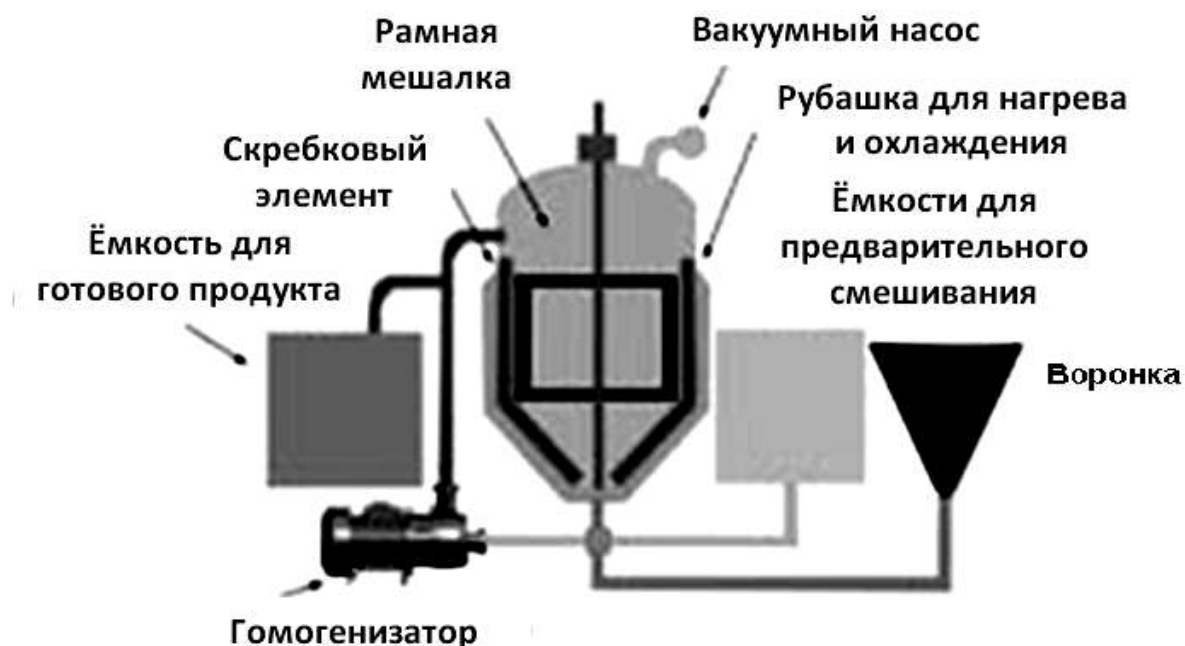
*Вакуумирование.* Процесс удаления воздуха увеличивает химическую стабильность продукта и предотвращает излишние химические реакции, например, окисление, значительно ускоряет процесс приготовления продукта. Деаэрация вакуумом позволяет производить более густой, пластичный, менее подверженный порчи, внешне привлекательный и ровный по составу конечный продукт, готовый для упаковки.

*Смешивание.* Данный процесс осуществляется за счет встроенной мешалки и скребков. Конструкция мешалки обеспечивает равномерное перемешивание продукта и его вертикальную циркуляцию в камере. Скребок-элементы мешалки не допускают образования на стенках камеры неподвижного слоя и способствуют более равномерному нагреву или охлаждению продукта.

*Гомогенизация.* Для этой цели встроен гомогенизатор. Рабочие органы гомогенизатора подбираются под конкретный продукт и обеспечивают качество гомогенизации до 3 мкм. С помощью гомогенизатора происходит циркуляция и выгрузка продукта, поэтому не требуются дополнительных насосов для данных операций. Это повышает чистоту продукта, т.к. нет дополнительных систем, где продукт может обсемениться. Продукт, прошедший обработку на данном гомогенизаторе, стабилен и не расслаивается.

Вакуумный гомогенизатор является высокотехнологичным оборудованием и отличается уникальной универсальностью, его можно легко встроить в производственные линии на разных этапах производства. На рис. 12 представлена схема установки, на которой вакуумный реактор с перемешивающим устройством соединен на рециркуляцию с гомогенизатором.

После загрузки основных компонентов в емкость реактора из системы откачивается воздух, и установку включают в режим рециркуляции, где происходит измельчение и смешивание загруженных компонентов. Встроенная в систему воронка позволяет дополнительно загружать необходимые компоненты в процессе смешивания. Наличие «рубашки» для нагрева и охлаждения позволяет на одном оборудовании производить: нагрев, плавление, смешивание и охлаждение. Нагрев «рубашки» осуществляется электротенами или паром; охлаждение – водой. Циркуляцию осуществляют до получения гомогенной массы.



**Рис. 12.** Схема гомогенизирующей установки

Полная автоматизация технологических процессов с помощью средств контроля и автоматики позволяет исключить так называемый «человеческий фактор» и предотвратить брак в работе.

Примером вакуумной миксерной системы служит гомогенизационная установка роторного типа (ГУРТ) (рис. 13), которая используется для перемешивания, измельчения, подогрева, пастеризации, варки, гомогенизации (диспергирования), вакуумирования, охлаждения и выгрузки продукта, а также предназначена для деаэрации продукта.



**Рис. 13.** Гомогенизационная установка роторного типа

Загрузка исходных продуктов в вакуумный миксер может осуществляться через поднятую крышку, а также за счет вакуумной системы для загрузки (всасывания) компонентов из дополнительных емкостей-воронок. Для этого на крышке корпуса установлен штуцер для подключения системы вакуумирования, патрубков для залива воды, электроконтактный манометр-вакуумметр, клапан впуска воздуха, клапан избыточного давления, моющие головки системы CIP (*clean-in-place* – без разборки), открывание и закрывание крышки происходит при помощи подъемника, движущегося вертикально вверх и вниз. Вакуумная система может работать как в ручном, так и в автоматическом режимах, поддерживая параметры вакуумирования емкости в установленных пределах.

Трехслойная емкость цилиндрической формы снабжена коническим или торосферическим дном и герметичной крышкой. В нижней части емкости установлены теплоэлектронагреватели (ТЭНы), датчик их защиты от сухого включения, датчики температуры продукта и теплоносителя, блокировки работы перемешивающего устройства при открытии крышки.

Пространство между внутренним и средним слоями (рубашка) заполнено теплоносителем (водой или пищевым глицерином), нагреваемым при помощи ТЭНов. Полость, образуемая средним и наружным слоями, заполнена теплоизоляционным материалом, позволяющим свести к минимуму тепловые потери, а также обеспечить защиту персонала от тепловых ожогов.

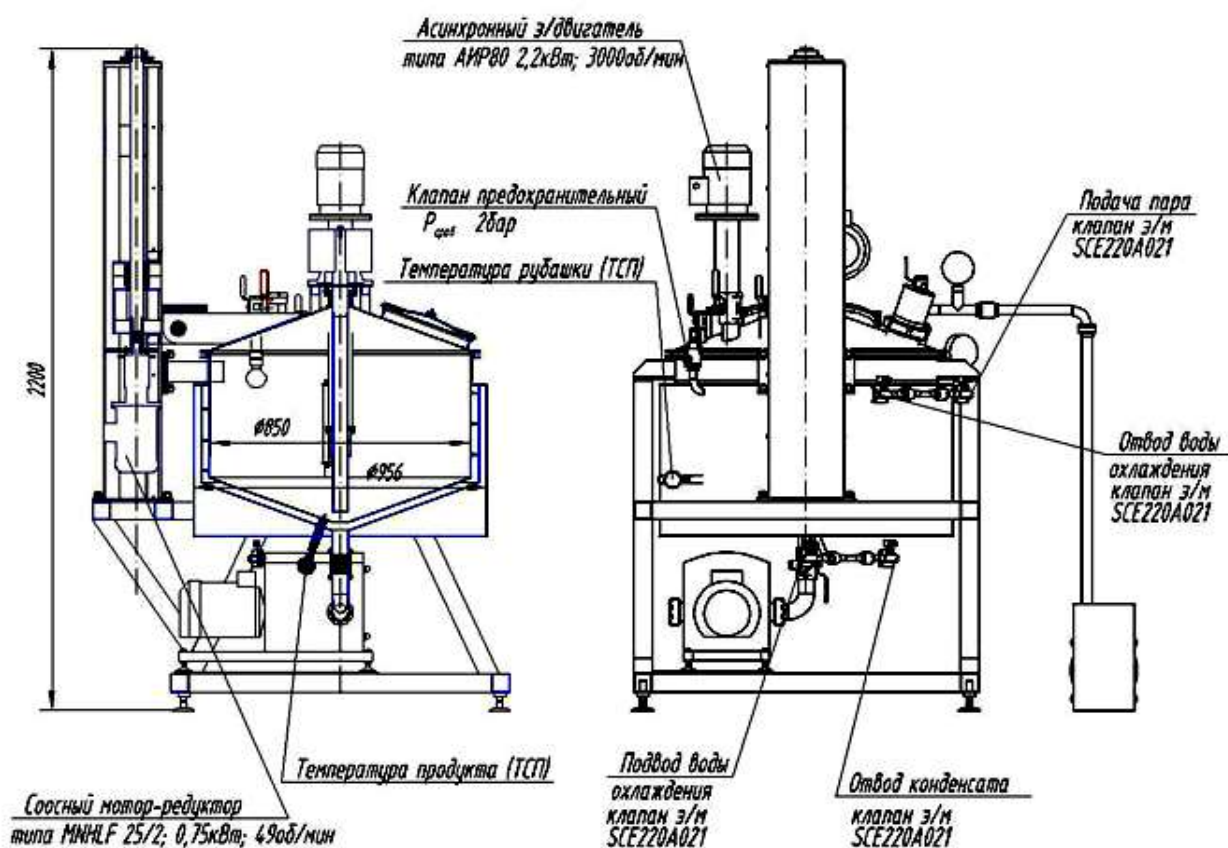


**Рис. 14.** Внешний и внутренние виды вакуумного миксера-гомогенизатора типа МГ-ГУРТ

Для перемешивания реакционной массы используется рамная тихоходная мешалка со скребками, которая выполнена из двух частей – подвижной и неподвижной. Данная конструкция обеспечивает равномерность перемешивания продукта по всему объему емкости, а скребки, установленные на мешалке, двигаясь по внутренней поверхности стенок емкости, препятствуют образованию наслоения и пригоранию продукта. Подвижная

часть мешалки расположена по центру и закреплена в крышке емкости. Мешалка оснащена мотором-редуктором и преобразователем частоты вращения.

Через патрубок, расположенный в нижней части емкости, продукт попадает в диспергатор, являющийся основным узлом установки, затем по байпасной магистрали возвращается в емкость, обеспечивая рециркуляцию продукта. Во время технологического процесса вакуумный насос непрерывно вакуумирует емкость и деаэрирует продукт. После сброса вакуума и впуска



**Рис. 15.** Схема устройства вакуумного миксера гомогенизатора серии МГ-ГУРТ

воздуха в емкость, готовый продукт выгружается объемным насосом, исключая механическое воздействие на продукт.

Гомогенизаторы данного типа имеют различный объем табл. 7, прил.

Внешний и внутренний виды вакуумного миксера-гомогенизатора (МК) МК-ГУРТ, а также схема его устройства представлены на рис. 14 и 15.



Для эмульгирования, смешивания и термической обработки жидких и чаще пастообразных продуктов используется установка гомогенизирующая (УГ) типа УГ-ГУРТ.

В отличие от вакуумного миксера-гомогенизатора серии МГ-ГУРТ, внутри емкости УГ-ГУРТ расположено перемешивающее устройство *специального типа* с перфорированными лопастями, отбойником и плавающими скребками, препятствующими образованию пригара во время нагрева продукта, обеспечивающее хороший теплообмен между теплоносителем (хладоагентом) и обрабатываемым продуктом. Технические характеристики гомогенизирующей установки УГ-ГУРТ приведены в табл. 8, прил.



**Рис. 16.** Универсальный гомогенизирующий модуль

Более универсальным аппаратом для гомогенизации служит универсальный гомогенизирующий модуль (УГМ) (рис. 16). Это компактная установка, сочетающая в себе достоинства нескольких агрегатов в одном устройстве. Компактность установки позволяет применять её как на малых предприятиях с выпуском продукции по мере необходимости, так и на крупных производствах как вспомогательное или самостоятельное оборудование.

Загрузка продукта в модуль осуществляется через подъемную крышку, либо герметичный люк, встроенный в крышку. Возможна загрузка через стационарные патрубки в корпусе. При необходимости внесения в продукт

дополнительных компонентов, можно использовать загрузочные воронки на крышке при разрежении в установке для ускорения процесса.

Для достижения однородности продукта, а также интенсификации процесса, емкость оснащена перемешивающим устройством с разъемным устройством, позволяющим поднимать крышку с приводом, оставляя при этом мешалку в емкости. Перемешивающее устройство оснащено самоприжимными полимерными скребками, повторяющими контур емкости при движении, и делающими невозможным образование пригара на стенках во время термической обработки продукта.

Одним из основных узлов установки, является гомогенизатор роторного типа, встроенный в дно установки. Рабочая часть гомогенизатора, находится в непосредственном контакте с продуктом, что дает множество преимуществ. К таким преимуществам можно отнести отсутствие подводящих/отводящих продукт трубопроводов и запорной арматуры, в которой частично может оставаться гомогенизируемый продукт. При отсутствии патрубков, связывающих гомогенизатор с установкой, значительно упрощается мойка оборудования в целом. Для создания разрежения в емкости и его поддержания в процессе приготовления продукта установка имеет вакуумный насос, стационарно установленный на раме гомогенизирующего модуля. При постоянно поддерживаемом на одном уровне разрежении происходит деаэрация продукта, что благотворно сказывается на его свойствах. Кроме того, продукт, нагреваемый при пониженном давлении, закипает при более низкой температуре, что позволяет сохранить многие полезные составляющие: витамины, белки, микроэлементы и прочие. Разгрузочный патрубок расположен под углом к вертикальной оси модуля.

Одной из разновидностей УГМ является вакуумный миксер-гомогенизатор типа МГ-УГМ (рис. 17), в котором гомогенизация осуществляется за счет ультразвука (УЗ) и кавитации. Отличие его от предыдущих серий состоит в том, что цилиндрическая емкость расположена на поворотных опорах с фиксатором, что удобно для полной выгрузки продукта.

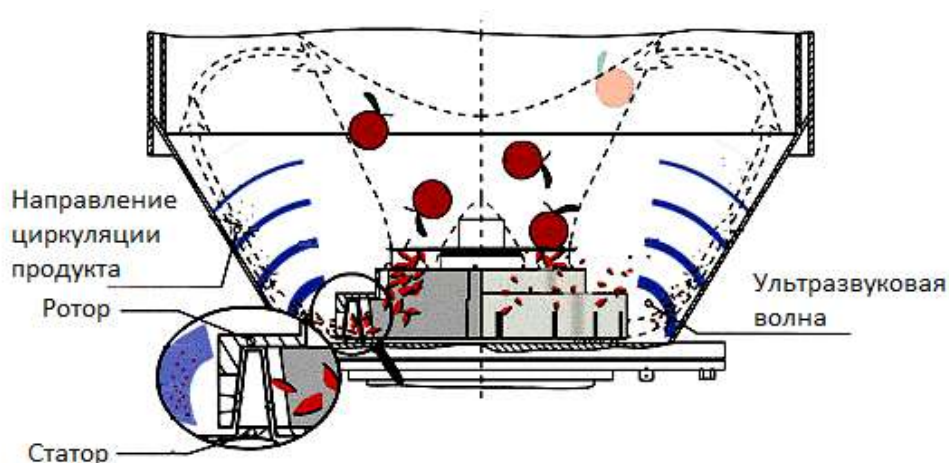


**Кавитация** (от лат. *cavita* — пустота) — процесс парообразования и последующего схлопывания пузырьков пара с одновременным конденсированием пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами.



**Рис. 17.** Вакуумный миксер-гомогенизатор типа МГ-УГМ

В данном случае процесс кавитации заключается в разрыве шариков внутренним давлением. Существуют гомогенизаторы, которые работают только на использовании процесса кавитации. Так, компания ПО «Агромаш» выпускает роторно-кавитационный гомогенизатор РПГ-М (4-х роторный), а компания «Normit» — гомогенизаторы роторно-кавитационные серии YUMIX-M.



**Рис. 18.** Схема образования ультразвуковой волны и кавитация в МГ-УГМ

Схема образования ультразвуковой волны и процесса кавитации в МГ-УГМ приведена на рис. 18.

Технические характеристики вакуумного миксера-гомогенизатора типа МГ-УГМ приведены в табл. 9, прил.

Такие же процессы происходят и в установке гомогенизирующей (УГ) вакуумного типа УГ-УГМ (рис. 19).



**Рис. 19.** Внешний и внутренний виды установки УГ-УГМ

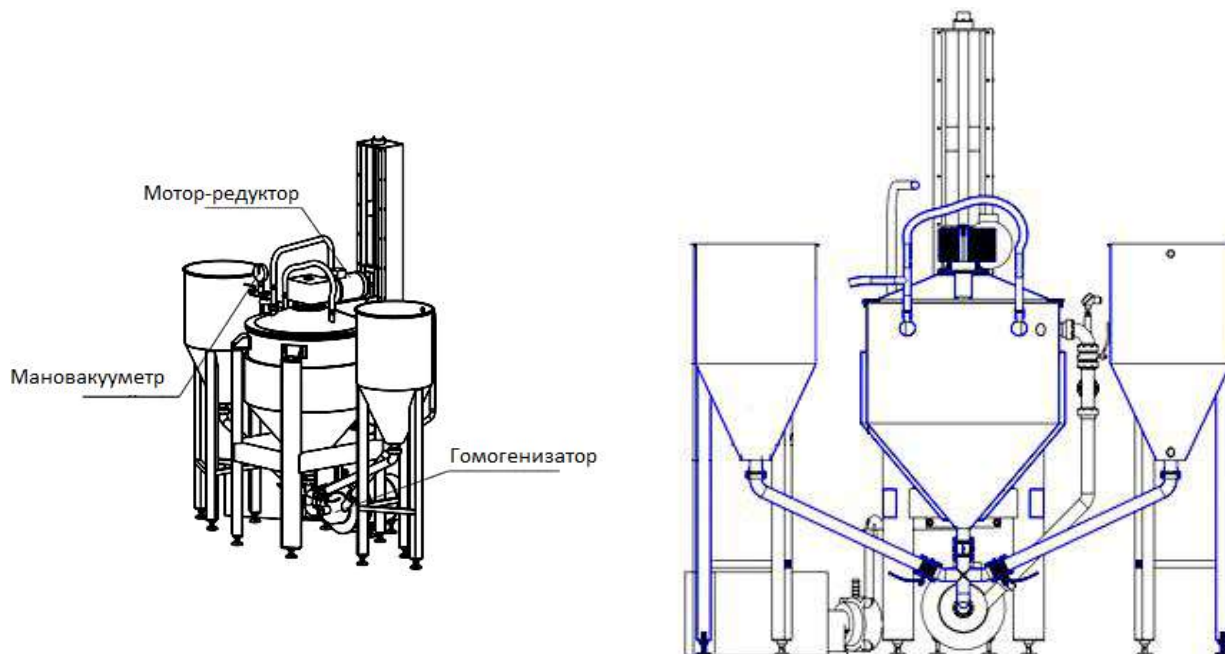
Как и в серии МГ-УГМ, для более полной выгрузки продукта емкость расположена на поворотных опорах с фиксатором. Отличием является то, что для ускорения нагрева предусмотрено сопло впрыска острого пара непосредственно в продукт. Технические характеристики вакуумного миксера-гомогенизатора типа УГ-УГМ приведены в табл. 10, прил.

Для получения многокомпонентных систем можно использовать вакуумный миксер-гомогенизатор КОРУМА (рис. 20). Он представляет собой аппарат с коническим днищем и опоясывающей рубашкой на цилиндрической и конической поверхности (рис. 20, 21).



**Рис. 20.** Вакуумный миксер-гомогенизатор серии ВМГ-Корума

Внутри расположена якорно-лопастная скребковая мешалка, которая хорошо перемешивает продукт и одновременно соскребает его со стенок. На крышке расположен привод мешалки, штуцера подвода вакуума и моющих растворов, манометр, люк со стеклом и смотровое окно.



**Рис. 21.** Схема устройства вакуумного гомогенизатора серии ВМГ-Корума

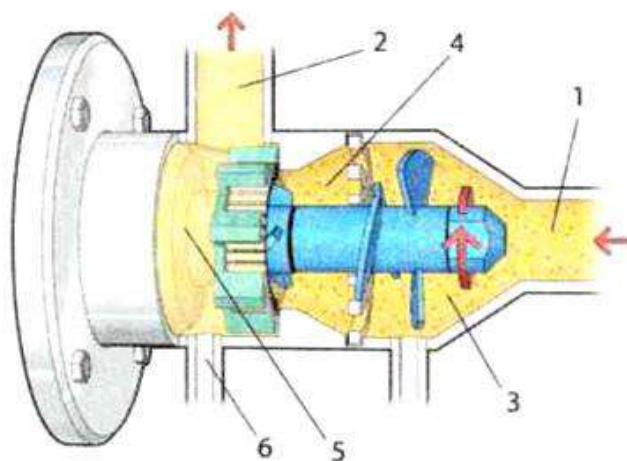
Снизу, под днищем аппарата, на выходе из конуса, расположен гомогенизатор-диспергатор. Продукт, попадая в гомогенизатор, проходит через узкие, постоянно сменяющиеся зазоры ротора и статора и возвращается обратно в аппарат. Гомогенизатор имеет один основной вход и три вспомогательных входа из конуса днища, которые служат для ввода необходимых ингредиентов в общий объем продукта. К вспомогательным входам подключаются воронки или необходимые емкости. Выгружается готовый продукт также при помощи диспергатора. Только в случае, если желательно получить продукт с неизмельченными твердыми компонентами, выгрузка производится подключаемым снизу насосом.

Технические характеристики вакуумного миксера-гомогенизатора серии ВМГ-Корума приведены в табл. 11, прил.

На мировом рынке фармоборудования хорошо известна немецко-швейцарская компания «FrymaKoruma», входящая в группу компаний «Romaco». Вакуум-производственная установка для жидких и пастообразных продуктов FrymaKoruma MaxxD – это модульная система для производства эмульсий и суспензий с широким диапазоном вязкости. Основными преимуществами установки являются высокая эффективность производства, снижение эксплуатационных затрат и повышение производительности. Установка MaxxD является универсальной, так как способна производить большое наименование продуктов в разных объемах и по различным технологиям. Улучшенная производственная технология обеспечивает сокращение производственного цикла, гибкую установку параметров процесса и стабильное производство высококачественного продукта. Конечный продукт является устойчивым, однородным и не содержит воздуха. Конструкция MaxxD позволяет адаптировать установку к требованиям пользователей и может функционировать как отдельная установка, так и в комплексе с другими системами.

Основным узлом установки MaxxD является *линейный гомогенизатор Fryma Komma*, который характеризуется отличными эксплуатационными качествами и полным соответствием санитарным нормам. В основе гомогенизатора лежит принцип многокамерной системы ротор-статор, что является оптимальным решением для производства эмульсий и суспензий. Строение рабочей камеры гомогенизатора полностью исключает места застоя продукта и упрощает процесс мойки (рис. 22).

При помощи насоса продукт подается в первую камеру **3** - зону предварительного смешения продукта. После этого продукт попадает в зону диспергирования **4**, а затем – в зубчатую систему ротор-статор **5**, где происходит измельчение продукта. При диспергировании порошки и твердые вещества увлажняются, деагломерируются и гомогенизируются до получения нужного качества продукта.



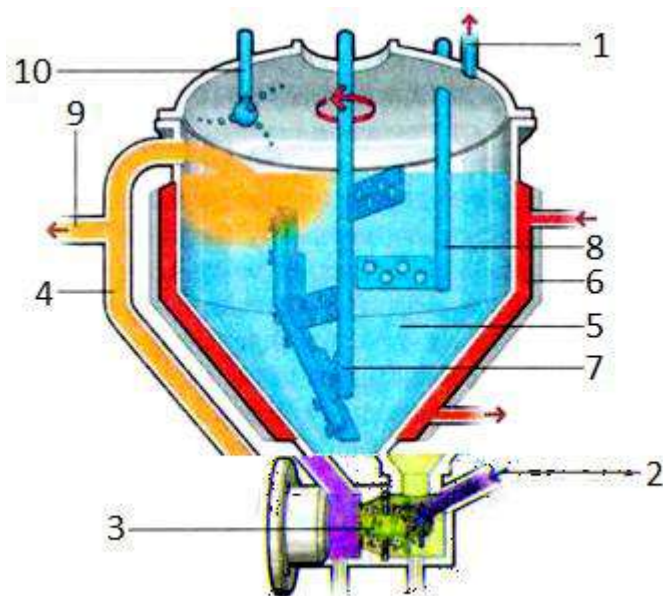
**Рис. 22.** Конструкция линейного гомогенизатора Fryma Koruma: 1 – подача продукта; 2 – выход продукта; 3 – зона предварительного смешения; 4 – зона диспергирования; 5 – зона измельчения; 6 – выход остатка

На рис. 23 представлена конструкция технологической установки FrymaKoruma Maxx D. В начале процесса запускается вакуумный насос и вакуумирует техническую емкость. Жидкие и сухие вещества через входы для продукта 2 всасываются в зону смешения гомогенизатора под действием низкого давления. Такая вакуумная подача обеспечивает всасывание всего объема продукта для одной дозировки в течение нескольких минут. Штуцеры для подачи продукта 2 расположены на смесительной камере гомогенизатора, что обеспечивает немедленное смешение жидких ингредиентов, а также незамедлительное увлажнение и диспергирование порошков. Гомогенизатор 3 является центральным органом машины. Его скоростная роторно-статорная система осуществляет диспергирование и гомогенизацию жидких и средневязких продуктов.

Частицы твердых и жидких веществ тончайшим образом распределяются и диспергируются между неподвижным статором и вращающимся ротором. Насосное действие гомогенизатора обеспечивает транспортировку продукта по циркуляционной трубе 4 обратно в емкость 5. В рабочей емкости с рубашкой для нагрева или охлаждения 6 вращается тихоходная скребковая мешалка 7 с подвижными скребками. Скребковая мешалка поддерживает перемешивание и циркуляцию продукта. Ее подвижные пластины непрерывно соскребают



продукт с внутренних поверхностей емкости, препятствуя его осаждению и улучшая процесс теплообмена.



**Рис. 23.** Конструкция установки Figma Koruma MaxxD: 1 – линия вакуума; 2 – подача продукта; 3 – линейный гомогенизатор; 4 – циркуляционная труба; 5 – рабочая емкость; 6 – рубашка для нагрева/охлаждения; 7 – скребковая мешалка; 8 – интерцептор (отбойник); 9 – выход продукта; 10 – SIP-форсунка

Неподвижный интерцептор (от лат. *interceptor* – «захватчик», от итал. *intercizio* – «перехватываю», «отбиваю», «пересекаю») 8 – гаситель потока – усиливает эффект смешения. С конического выхода емкости продукт снова направляется в гомогенизатор 3. Во время всего процесса вакуумный насос через линию вакуума 1 непрерывно вакуумирует емкость и дегазирует продукт. После сброса вакуума конечный продукт выгружается через многоходовой клапан 9 в циркуляционном трубопроводе 4. Моющая жидкость подается в рабочую емкость через SIP-форсунку 10. Рабочий объем емкости в таких установках может быть от 3 до 1500 л.

Компания ПО «Агромаш» выпускает мобильную установку непрерывного действия (рис. 24), предназначенную для гомогенизирования жировых компонентов при небольшом расходе энергии и малом времени смешения. Она применяется в пищевой, косметической и химической промышленности. Жировая смесь подается в емкость, затем гомогенизируется

и возвращается в исходную емкость, при этом достигается высокая дисперсность продукта.



**Рис. 24.** Установка непрерывной гомогенизации

Установка представляет собой вакуумный реактор, с перемешивающим устройством, к которому на рециркуляцию подсоединен гомогенизатор. После загрузки основных компонентов в емкость реактора из системы откачивается воздух, и установку включают в режим рециркуляции, в процессе которой происходит измельчение и смешивание загруженных компонентов. Встроенная в систему воронка позволяет дополнительно загружать необходимые компоненты в процессе гомогенизации.

### **Вакуумный миксер-гомогенизатор УМТИ-СИ**

Отличительной особенностью вакуумного миксер-гомогенизатора типа УМТИ-СИ является небольшой рабочий объем, а также наличие внутри вакуумного миксера-гомогенизатора блока измельчающего инструмента, который может представлять собой как ножевую головку различных конфигураций, так и диспергирующий элемент.

Для ускорения нагрева машина оснащена соплами для впрыска «острого» пара непосредственно в продукт.

Для выгрузки готового продукта снизу расположен разгрузочный клапан с пневмоприводом. Программное управление машин серии УМТИ полностью

автоматизировано, что исключает необходимость постоянного контроля производственного процесса.



**Рис. 25.** Внутренний вид вакуумного миксера-гомогенизатора типа УМТИ-СИ

Внутренний вид вакуумного миксера-гомогенизатора типа УМТИ-СИ показан на рис. 25, а его технические характеристики приведены в табл. 12, прил.

### **Вакуумный реактор с соосными мешалками**

Вакуумный реактор (рис. 26) представляет собой герметичный сосуд с теплообменной рубашкой, оснащенный двумя соосными мешалками – рамной (с плавающими скребками) и лопастной. Реактор оснащен смотровым люком с подсветкой, воронкой для добавки компонентов, пультом управления и выполнен из высококачественной нержавеющей стали. Компоненты с помощью вакуума загружаются в вакуумный реактор, далее, согласно технологическому процессу, выполняются необходимые операции (перемешивание, нагрев, охлаждение, гомогенизирование). Готовый продукт направляется на фасовку. Вакуумный реактор оснащен моющими головками, обеспечивающими безразборную мойку.

Крышка вакуумного реактора опускается и поднимается с помощью электромеханического привода, оснащенного блокираторами. Соосно расположенные рамная и лопастная мешалки вакуумного реактора значительно



ускоряют процесс перемешивания. Геометрия рабочей емкости и конструкция скребков обеспечивают отсутствие так называемых “мертвых зон”.



**Рис. 26.** Вакуумный реактор с соосными мешалками

Преимущества реактора с соосными мешалками состоят в отсутствии воздушных вкраплений в массе, за счет чего увеличивается срок хранения готового продукта.

Аналогичный гомогенизатор TBG (рис. 27), выпускаемый швейцарской группой компаний DGM, предназначен для смешивания, диспергирования (эмульгирования) и гомогенизации компонентов при производстве кремов, мазей, суспензий.



**Рис. 27.** Гомогенизатор TBG



**Рис. 28.** Гомогенизатор VE-C10

Исходные компоненты подготавливаются (разогреваются и перемешиваются) в специальных емкостях, откуда при помощи вакуума перемещаются в рабочую емкость, где происходит активное перемешивание компонентов двумя мешалками на коаксиальных (соосных) валах с одновременной работой диспергатора.

Для повышения эффективности смешивания мешалки оснащены скребками для удаления продукта со стенок рабочей емкости. Заданная температура стабильно поддерживается в течение всего рабочего цикла. Технические характеристики гомогенизатора ТВГ приведены в табл. 13, прил.

Гомогенизатор VE-C10 (рис. 28) предназначен для смешивания и гомогенизации компонентов при производстве кремов, мазей, суспензий, аналогичен предыдущему.

### **Вакуумно-гомогенизирующая гидродинамическая установка серии ВГА-ГД**

Компания ООО «НЗПО» - Молпромлайн™ выпускает вакуумно-гомогенизирующую гидродинамическую (ГД) установку серии ВГА-ГД (рис. 29), которая является аналогом вакуумных универсальных миксерных систем импортного производства.



**Рис. 29.** Вакуумно-гомогенизирующая гидродинамическая установка серии ВГА-ГД

Эта установка используется в косметической промышленности чаще всего в приготовлении красок для волос, скрабов, кремов, шампуней, гелей, а в

фармацевтической промышленности – для приготовления мазей, гелей, различных растительных настоек и т.д.

Установка серии ВГА-ГД представляет собой вакуумную миксерную систему модульного типа. Основная смесительная чаша, вспомогательные емкости, гомогенизирующий узел, вакуумное оборудование и насосные агрегаты устанавливаются на рамную конструкцию, изготовленную, как и все узлы и агрегаты установки, из пищевой нержавеющей стали. Технологический процесс определяется последовательностью загрузки тех или иных компонентов и зависит от рецептуры приготовления того или иного продукта.

На рис. 30 приведена схема ВГА-ГД-500. Сама установка представляет собой трехслойную, конусно-цилиндрическую чашу. Чаша состоит из внутренней ванны, спиральной рубашки (штрипс), теплоизоляции с облицовкой. Внутри спиральной рубашки при нагреве циркулирует теплоноситель (пар), а при охлаждении ледяная вода. Подача пара или охлаждающей жидкости осуществляется через специальные коллекторы при помощи клапанов с воздушным или электромагнитным управлением. Выходной патрубок пара запирает конденсатоотводчик. Внутри чаши расположено перемешивающее устройство якорного типа с перфорированными лопастями и плавающими фторопластовыми скребками, осуществляющими перемешивание продукта. В чаше ещё расположен отбойник с дополнительными лопастями. В то время, когда мешалка вращается, отбойник остается в спокойном состоянии, что способствует появлению противотоков продукта. Мешалка и отбойник установлены на крышке чаши. Крышка чаши поднимается и опускается автоматически с помощью винтового подъемника, приводом которого является мотор-редуктор. На крышке расположен технологический люк, смотровое окно, специальное окно для освещения внутренней части чаши при приготовлении продукта, вакуумная система с манометром-вакуумметром и обратным клапаном, а также патрубки подачи воды и предохранительный клапан на избыточное давление.

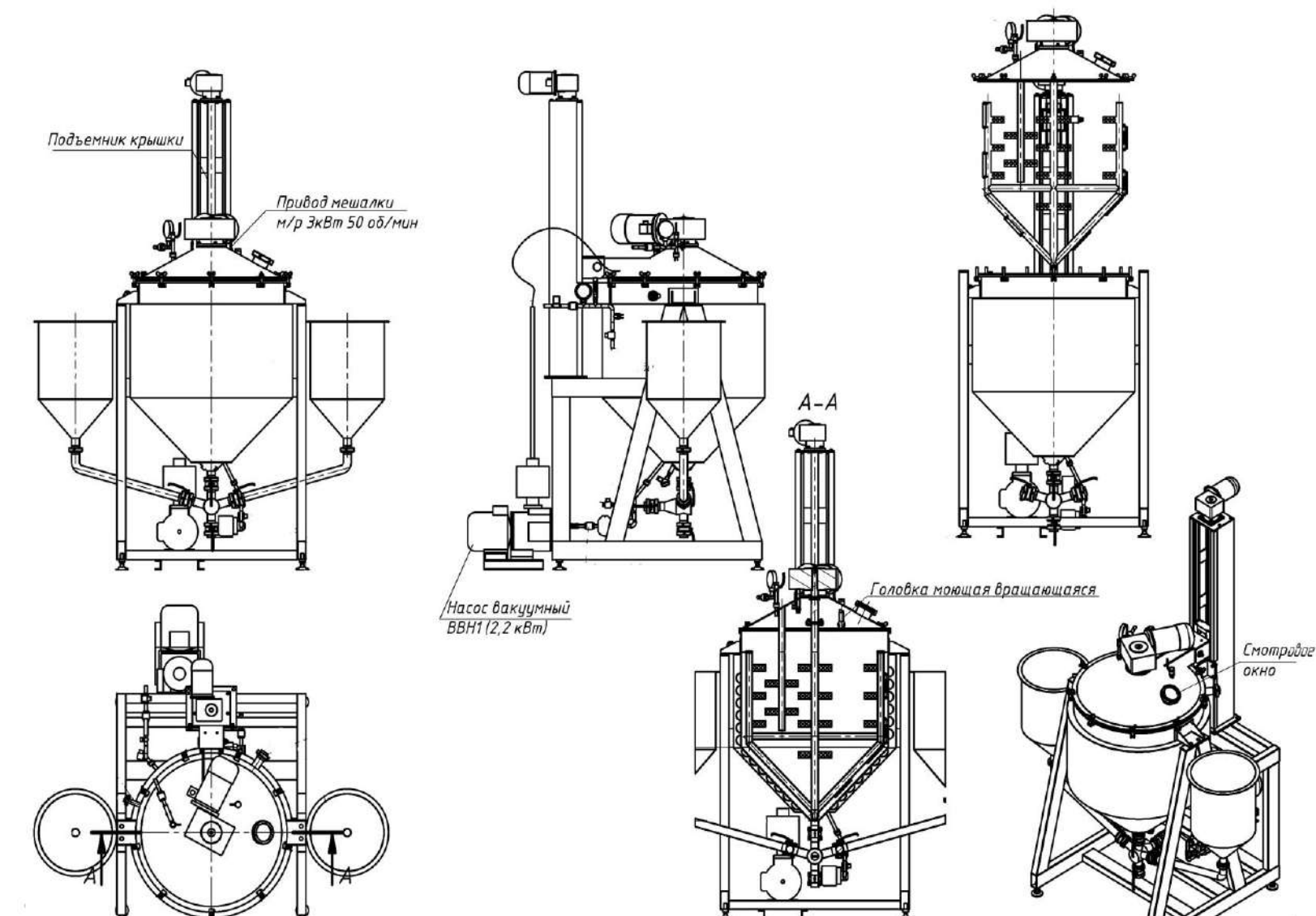


Рис. 30. Схема ВГА-ГД-500

Дополнительные мобильные емкости устанавливаются с боков от основной чаши и служат для загрузки компонентов как сухих, так и жидких в процессе приготовления продукта. Емкости могут быть соединены трубопроводами с продуктовым циркуляционным каналом гомогенизатора. В этом случае внесение компонентов идет при помощи вакуума через гомогенизирующий узел, после чего попадает в основную чашу. Второй вариант исполнения гидродинамической установки состоит в том, что дополнительные емкости соединены трубопроводами непосредственно с основной чашей, и подача компонентов осуществляется непосредственно в продукт, минуя гомогенизатор.

Есть и третий альтернативный вариант двум предыдущим, когда одна из вспомогательных емкостей соединена с чашей, а вторая с гомогенизатором, данный вариант добавляет универсальность установке.

Сам гомогенизатор расположен под чашей. Перекачиваемая гомогенизатором среда подводится к всасывающему патрубку и отводится из напорного патрубка под воздействием подпирающего давления. Крупнозернистые частицы смеси, подлежащие гомогенизации, попадают на крыльчатку агрегата, затем, получив ускорение, на гомогенизирующий узел, который состоит из ротора и статора в виде цилиндрических ножей. В гомогенизирующем узле происходит их дробление между вращающимся и стационарным калибровочными цилиндрическими ножами, после чего продукт принимает вид однородной высокодисперсной эмульсии. В дополнение ко всему ротор гомогенизирующего узла играет роль насосной крыльчатки. Его насосное действие вытесняет продукт в циркуляционный трубопровод, через который он направляется в емкость, после чего процесс повторяется. При достижении требуемого качества и однородности смеси процесс гомогенизации останавливается и начинается процесс выгрузки продукта посредством винтового насоса, установленного рядом с гомогенизатором внизу чаши. Винтовой насос обеспечивает плавность выгрузки.

Технические характеристики вакуумно-гомогенизирующего аппарата ВГА-ГД приведены в табл. 14, прил.

Московская компания «Пакинг-Групп» поставляет различное химико-фармацевтическое оборудование: этикетировочное, тубонаполнительное, машины розлива и укупорки, оборудование для саше, в том числе и вакуумные гомогенизаторы, которые предназначены для создания устойчивой во времени однородной (гомогенной) структуры из двух и более компонентов путём ликвидации концентрационных микронеоднородностей.

Рассмотрим и сравним некоторые из них.

### **Вакуумные смесители-гомогенизаторы EMULSIFIER**



**Рис. 31.** Внешний и внутренний виды смесителя-гомогенизатора EMULSIFIER СРК

Вакуумный смеситель-гомогенизатор EMULSIFIER серии СРК (рис. 31) снабжен гидравлической системой подъема крышки вместе с мешалкой, что значительно облегчает ремонт и техническое обслуживание реактора. Применяется для производства косметических и фармацевтических продуктов, требующих интенсивного и длительного процесса гомогенизации жидких и



высоковязких (пастообразных) продуктов, в особенности: мазей, кремов, паст, суспензий, гелей и т.д.

Для этих же целей используется и вакуумный смеситель-гомогенизатор EMULSIFIER серии CSK, снабженный стационарной крышкой, прикрученной к реактору.



**Рис. 32.** Внешний и внутренний виды смесителя-гомогенизатора EMULSIFIER PPK

Вакуумный смеситель-гомогенизатор EMULSIFIER серии PPK (рис. 32) снабжен гидравлической системой подъема крышки со встроенным погружным гомогенизатором и мешалкой. Применяется для производства косметических и фармацевтических продуктов, требующих интенсивного процесса гомогенизации однократно не превышающего двадцати минут непрерывной работы погружного гомогенизатора (особенно жидкие и высоковязкие (пастообразные) продукты – мази, крема, пасты, суспензии, гели и т.д.).



Достоинством погружного гомогенизатора является отсутствие обвязывающих трубопроводов, таким образом, возможно приготовление продукта при высоких температурах.

Компания ООО «Днепр Инвест Пром» предлагает оборудование от ведущих производителей Китая и Тайваня, в том числе смесители-гомогенизаторы PGFB и высокопроизводительные вакуумные гомогенизаторы PGZRJ.

Смеситель-гомогенизатор PGFB (рис. 33) изготавливается из стали AISI-316 или AISI-304. Рабочий объем варьируется от 5 до 1000 л. Гомогенизатор устанавливается стационарно (на ножках) или подвижно (на роликах).



**Рис. 33.** Смеситель-гомогенизатор PGFB

Корпус изготавливается без нагрева или с нагревом (изолирующая рубашка для предотвращения ожогов). Аппарат в зависимости от свойств продукта снабжен различными типами мешалок. Нагрев производят паром или электричеством. Гомогенизатор оборудован люком для визуального наблюдения за продуктом, зеркальной поверхностью бункера, мойкой CIP, термометром, регулировкой скорости вращения мешалки и гомогенизатора, контролем уровня продукта, насосом и др.

Высокопроизводительный вакуумный гомогенизатор PGZRJ можно использовать для производства широкой гаммы жидких, вязких и

пастообразных продуктов в пищевой, фармацевтической, парфюмерно-косметической (для производства косметических, туалетных средств, средств для макияжа, ухода за кожей, гигиены полости рта и зубов, средств для бритья, пищевых добавок, различных суспензий и эмульсий) и химической промышленности (для производства крема для обуви, типографских красок, средств по уходу за автомобилем, полиэстера, синтетических полимерных красок и красителей, различных суспензий и эмульсий).

Технические характеристики гомогенизатора PGZRJ приведены в табл. 15, прил.

### **Вакуумный эмульгирующий миксер-гомогенизатор**



**Рис. 34.** Вакуумный эмульгирующий миксер-гомогенизатор

Фирма «Zhejiang Sunny Machinery Technology Co., Ltd.» является профессиональным производителем вакуумных эмульгирующих миксеров-гомогенизаторов типа TZZRJ (рис. 34) в Китае. Гомогенизатор широко используется в производстве мазей и кремовых продуктов в фармацевтической, косметической, пищевой и химической промышленности.

Особенностями этого оборудования являются:

1) использование немецкой технологии эмульгации. Скорость вращения эмульгирования находится в диапазоне 0 – 3500 оборотов в минуту, а скорость вращения смешивания находится в диапазоне от 0 до 65 оборотов в минуту;

2) вакуумный эмульгирующий миксер-гомогенизатор соответствует стандарту GMP, и имеет отполированную внутреннюю поверхность;

3) использование импортных электрических приборов немецкого производства Schneider и Siemens;

4) CIP-система очистки установлена в баке для эмульгирования.

Бак для эмульгирования использует систему третичного перемешивания, что позволяет провести весь процесс эмульгации в вакуумных условиях, избегая загрязнения и образования пузырьков.

Система третичного перемешивания состоит из устройства медленного перемешивания, которое осуществляется за счет рамной мешалки, и высокоскоростного устройства эмульгирования и может полностью перемешивать, гомогенизировать и эмульгировать материалы, вязкость которых достигает 5000 сП.

Высокоскоростное устройство эмульгирования состоит из вращающейся мешалки и статора. Оно всасывает материалы с верхней и нижней частей вращающейся мешалки и выталкивает материалы из пространства между мешалкой и статором. В этом процессе материалы полностью эмульгируются.

Технические параметры вакуумного эмульгирующего миксера-гомогенизатора TZZRJ приведены в табл. 16, прил.

Для производства суппозиторий используется аппарат-гомогенизатор с эффективной обработкой масляных и высоковязких продуктов (рис. 35). Данный тип вакуумного эмульгирующего миксера-гомогенизатора является новым оборудованием, разработанным на основе вакуумного миксера и эмульгатора серии TZZRJ, куда входят бак эмульгирования, резервуар для горячей воды, насос для горячей воды, вакуумная система. Узел полностью автоматизирован. Все трубы и резервуары, которые контактируют с материалами, имеют одинаковую температуру, что поддерживает материалы

жидкими во время подготовки раствора и дальнейшего переноса по трубам. Приготовленные материалы автоматически переносятся в упаковочную машину через устройство контроля уровня жидкости. Остаточные материалы в упаковочной машине могут быть отправлены назад в бак эмульгирования.



**Рис. 35.** Вакуумный эмульгирующий миксер-гомогенизатор для производства суппозитория

Данный тип гомогенизаторов может быть в мобильном исполнении (рис. 36).



**Рис. 36.** Мобильный гомогенизатор

Технические параметры вакуумного эмульгирующего миксера-гомогенизатора для производства суппозитория TZZRJ(S) приведены в табл. 17, прил.

## Гомогенизаторы высокого давления

В настоящее время невозможно представить себе получение большого числа продуктов без операции обработки в гомогенизаторе высокого давления. Перечень такого рода продуктов весьма обширный и постоянно пополняется новыми областями применения гомогенизаторов и новыми продуктами.

Во многих технологических задачах по эмульгированию и гомогенизации в пищевой, фармацевтической, косметической промышленности, а также в биотехнологии и экологии требуется измельчение частиц до нанодиапазона. В последнее время в производство фармсубстанций широко внедряется технология микронизации.

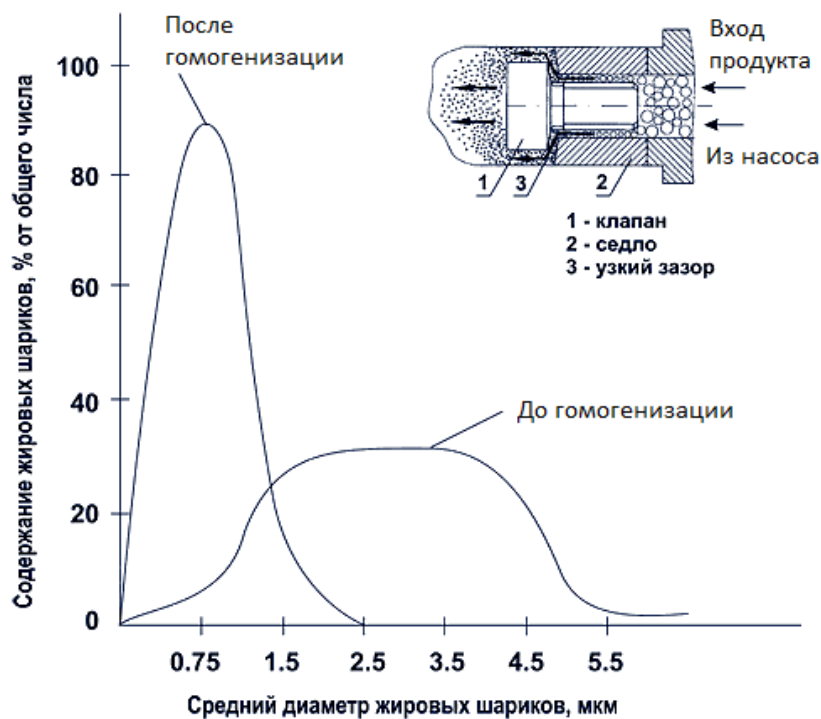
Установлено, что за счет изменения размеров и формы частиц лекарственных субстанций достигается не только более высокая биодоступность, но и значительно снижается частота возникновения нежелательных эффектов при приеме лекарственного средства.

*Микронизация* – это процесс измельчения с целью получения частиц субмикронных и микронных размеров фармацевтических субстанций в условиях очень высокого давления, турбулентности, ускорения и прочих видов воздействия для достижения их стабильности и клинической эффективности. В результате увеличивается бионакопление продукта и значительно снижается частота возникновения нежелательных эффектов при приеме лекарственного средства. Использование микронизации в химико-фармацевтической отрасли позволяет получить более стабильный продукт с лучшей дисперсией ингредиентов, чем при использовании обычных мешалок, статоров-роторов или коллоидных мельниц. С подобными задачами успешно справляются гомогенизаторы высокого давления.

Процесс гомогенизации высокого давления представляет собой операцию измельчения частиц в гетерогенных продуктах. При этом эмульсии (жидкость в жидкости) или суспензии (твердое вещество в жидкости) перекачиваются через узкий щелевой зазор под давлением от 0 до 20 МПа. В момент прохождения

продукта через зазор резко возрастает скорость и турбулентность потока, частицы испытывают большие напряжения среза, и, кроме того, из-за мгновенного падения давления ниже давления пара жидкости возникает эффект кавитации. Кавитация играет решающую роль в процессе измельчения частиц.

Смешанный продукт (независимо от исходной вязкости) подается при начальном давлении от 0,1 до 0,5 МПа в насос высокого давления. В насосе давление продукта устанавливается на заданном уровне, необходимом для осуществления процесса гомогенизации. Под этим давлением продукт перекачивается через узкий щелевой зазор (рис. 37). Частицы, пройдя зону кавитации и турбулентную зону, попадают в выходную магистраль с размерами от 0,7 до 1,0 мкм (см. рис. 37).



**Рис. 37.** Схема и график гомогенизации при высоком давлении

Несмотря на большое разнообразие предлагаемых конструкций гомогенизаторов высокого давления наиболее широко на предприятиях используются гомогенизаторы клапанного типа. Получение хорошего эффекта от гомогенизации и соответственно качественного продукта невозможно без воздействия на него значительного внешнего усилия, которое возникает при

перепаде давления в гомогенизирующей головке. Создать высокое давление возможно на гомогенизаторе плунжерного типа.

Устройство и принцип работы гомогенизатора достаточно просты и давно известен. Он состоит из насоса высокого давления и гомогенизирующей головки с одной или двумя последовательно соединенными ступенями. Для достижения оптимальной эффективности гомогенизации обычно используется двухступенчатый вариант.

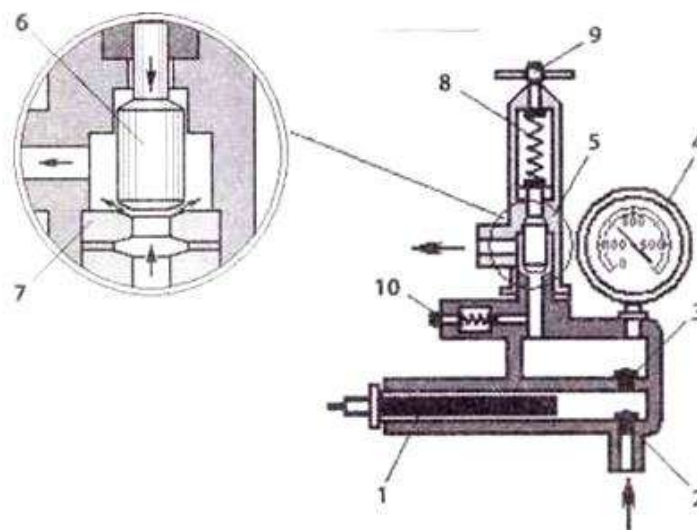
Процесс гомогенизации происходит на первой ступени. Вторая служит главным образом для создания постоянного и управляемого противодействия в первой стадии, обеспечивая оптимальные условия гомогенизации и разрушение слипшихся жировых шариков, которые образуются сразу после первой ступени. Насос высокого давления представляет собой плунжерный насос с приводом от электродвигателя. Вращение от электродвигателя через коленчатый вал и шатуны преобразуется в возвратно-поступательное движение поршней насоса.

Плунжерные гомогенизаторы клапанного типа предназначены для одно-, двух- и трехступенчатой гомогенизации. Данный процесс протекает в специальной системе клапанов, которая является центром всего процесса гомогенизации. При прохождении через мельчайшие отверстия в клапане под высоким давлением и постоянным контролем продукт оказывается в условиях высокой турбулентности, что и является самым эффективным механизмом для деления на частицы. Степень раздробления зависит от гидравлических условий в зоне клапанной щели. Эти условия в основном определяются давлением гомогенизации, от которого зависит скорость движения мази в клапанной щели и ее высота, которая обуславливает гидравлический радиус потока.

В гомогенизаторах клапанного типа (рис. 38) применяются многоплунжерные насосы высокого давления с тремя, пятью и даже семью плунжерами. При ходе плунжера **1** влево мазь проходит в цилиндр через всасывающий клапан **2**, а при ходе плунжера вправо она проталкивается через нагнетательный клапан **3** в камеру, на которой установлен манометр **4** для контроля давления. Далее мазь направляется по каналу в гомогенизирующую



головку **5**, в которой поднимается клапан **6**, прижимаемый к седлу **7** пружиной **8**. Натяжение пружины регулируется винтом **9**. Основной частью гомогенизатора является гомогенизирующая головка. Продукт нагнетается под высоким давлением в канал и движется через узкую щель между клапаном **6** и седлом **7**, которые притерты друг к другу. Высота клапанной щели при работе гомогенизатора не превышает 0,1 мм. В нерабочем положении клапан плотно прижат к седлу пружиной, которая сжата винтом, а в рабочем — клапан приподнят давлением жидкости и находится в «плавающем» состоянии. При завинчивании винта давление пружины на клапан увеличивается, в результате чего высота клапанной щели уменьшается. Это приводит к увеличению гидравлических сопротивлений при движении мази через клапан.

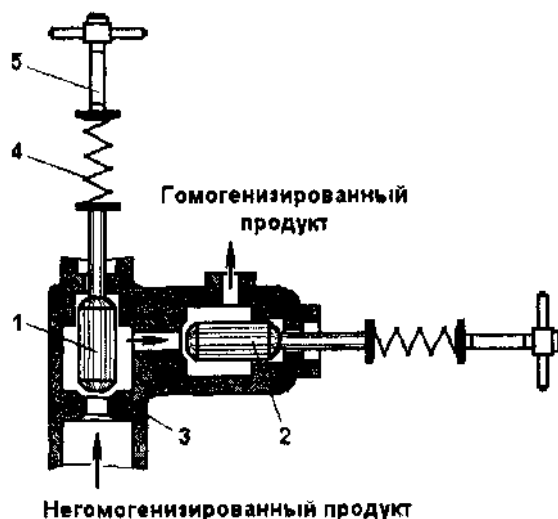


**Рис. 38.** Гомогенизатор клапанного типа: 1 – плунжер; 2 – всасывающий клапан; 3 – нагнетательный клапан; 4 – манометр; 5 – гомогенизирующая головка; 6 – клапан; 7 – седло ; 8 – пружина; 9 – винт; 10 – предохранительный пружинный клапан

Гомогенизатор снабжен предохранительным пружинным клапаном **10**, через который мазь выходит наружу, когда давление в аппарате выше установленного. Двигаясь с большой скоростью, мазь оказывает сильное механическое воздействие на седло и клапан, что вызывает их быстрый износ. Клапан и седло изготовлены из стали высокой твердости. Обычно они имеют симметричную форму и рабочие поверхности с обеих сторон. Это позволяет после заметного износа рабочих поверхностей перевернуть седло и клапан

другой стороной, чтобы использовать вторую пару рабочих поверхностей и продлить в 2 раза срок службы гомогенизирующего клапана.

На рис. 39 представлено устройство для двухступенчатой гомогенизации. В таких клапанах гомогенизация происходит в две ступени, т.е. мазь проходит последовательно через два гомогенизирующих клапана. Сущность процесса заключается в следующем: продукт с помощью плунжерного насоса нагнетается в сторону гомогенизирующего клапана **1**, прижатого к седлу **3** пружиной **4** и регулировочным винтом **5**. После этого продукт направляется в сторону гомогенизирующего клапана второй ступени **2**. В каждом клапане давление пружины на клапан регулируется своим винтом. Рабочее давление в нагнетательной камере равно сумме обоих перепадов давлений.



**Рис. 39.** Устройство для двухступенчатой гомогенизации: 1 – клапан первой ступени; 2 – клапан второй ступени; 3 – седло клапана; 4 – пружина; 5 – регулировочный винт

Рассмотрим некоторые гомогенизаторы этого класса.

Гомогенизаторы высокого давления ИКА НРН (рис. 40) выпускаются одной из старейших немецких компаний «ИКА-Werke GmbH & Co».

Гомогенизатор высокого давления НРН – это поточный диспергатор для энергосберегающего и непрерывного производства сверхтонких эмульсий. В то время как диспергирование в прочих поточных машинах ИКА основывается на роторно-статорном принципе измельчения и смешивания, еще лучший

гомогенизирующий эффект достигается в машине НРН посредством спонтанной декомпрессии жидкости с давления 2000 бар до давления окружающей среды. При равных затратах энергии гомогенизатор ИКА НРН производит значительно более тонкие эмульсии, чем классические диспергаторы с зубчатыми венцами.



**Рис. 40.** Гомогенизаторы высокого давления ИКА

Гомогенизатор высокого давления состоит из поршневого насоса высокого давления и гомогенизирующего напорного клапана. Давление в гомогенизаторе создается посредством одного или нескольких поршневых насосов, которые с помощью керамических поршней обеспечивают объемный расход, не зависящий от давления и фактически без пульсации. Требуемое давление гомогенизации устанавливается путем плавной регулировки и стравливается через регулируемый зазор гомогенизирующего клапана. Резкое снижение давления в движущейся жидкости вызывает высокую турбулентность и кавитацию, которые измельчают продукт.

Гомогенизаторы высокого давления ИКА конструируются с учетом индивидуальных задач. Гомогенизаторы могут быть двух типоразмеров с одним или несколькими поршнями различных диаметров.

Гомогенизатор серии ИКА НРН используется:

- для разрушения клеток в биотехнологии;
- производства продуктов из гомогенизированного молока;
- производства инфузионных растворов;
- производства микрофибриллярной целлюлозы;
- производства всех типов микроэмульсий.

Технические характеристики гомогенизатора высокого давления НРН приведены в табл. 20, прил.



**Рис. 41.** Гомогенизатор серии «Michelangelo»

Производительность до 2000 л/ч.  
Рабочее давление до 230 бар



**Рис. 42.** Новый гомогенизатор серии «Raffaello».

Производительность до 4500 л/ч, рабочее давление

Гамма продукции «Bertoli» (Италия) представлена одноступенчатыми гомогенизаторами и насосами гигиенического исполнения с фиксированной производительностью. Некоторые виды новых моделей, производимых «Bertoli», показаны на рис. 41, 42.

Другая итальянская фирма FBF (рис. 43) выпускает широкую линейку одно- и двухстадийных гомогенизаторов FBF производительностью 100 – 50000 л/ч и давлением гомогенизации от 130 до 2000 атм.



**Рис. 43.** Гомогенизаторы FBV

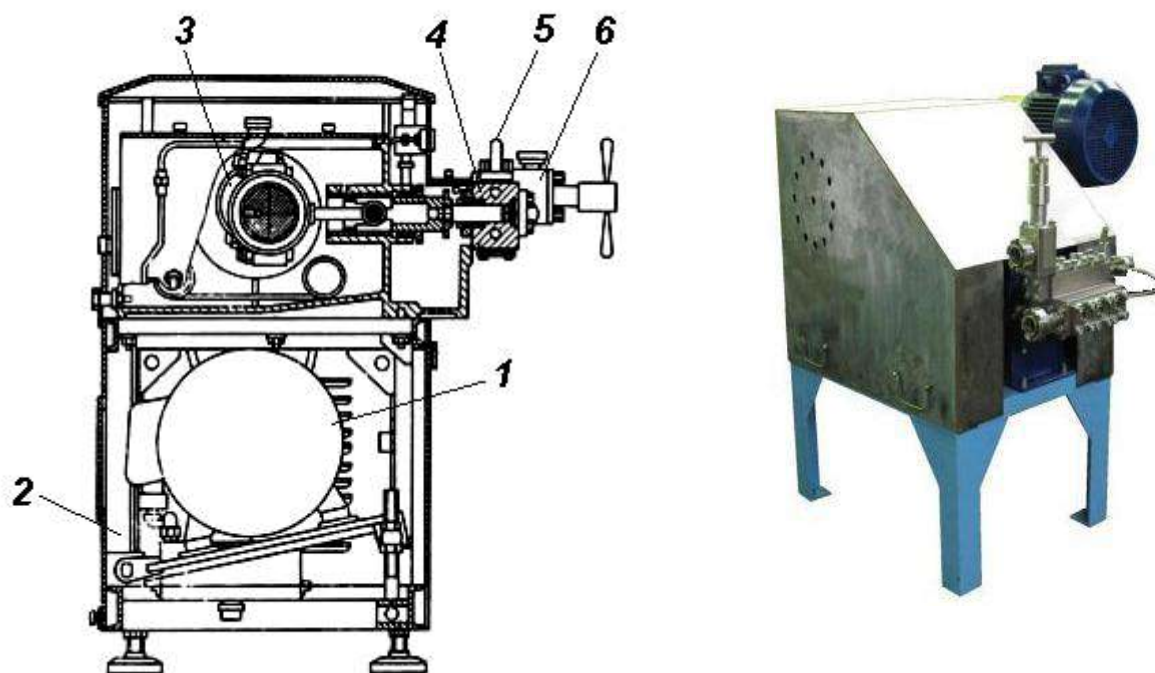
Гомогенизаторы отечественной компании «Пищмашсервис» имеют ряд преимуществ. В первую очередь, это низкое число двойных ходов плунжера, что позволяет снизить шум и вибрацию работающего гомогенизатора. Специальная конструкция впускных и выпускных клапанов насоса значительно повышает гидравлический КПД гомогенизатора. Это дает возможность гомогенизировать даже вязкие продукты без значительных потерь производительности.

Самоустанавливающаяся конструкция крепления плунжеров позволила увеличить срок службы уплотнений, что всегда оставалось самым узким местом при эксплуатации гомогенизаторов.

На агрегате предусмотрена двойная система защиты от превышения давления выше номинального, это предохранительный клапан и электроконтактный манометр. Технические характеристики гомогенизаторов приведены в табл. 19, прил.

На рис. 44 изображен гомогенизатор А1-ОГМ. Принцип работы гомогенизатора заключается в нагнетании продукта через узкую щель между седлом и клапаном гомогенизирующей головки. Давление продукта перед клапаном 20 – 25 МПа, после клапана – близко к атмосферному. При таком резком перепаде давления, наряду со значительным увеличением скорости, продукт измельчается. Гомогенизатор представляет собой трехплунжерный

насос. Каждый из трех плунжеров, совершая возвратно-поступательное движение, всасывает жидкость из приемного канала, закрытого всасывающим клапаном, и нагнетает ее через нагнетательный клапан в гомогенизирующую головку под давлением 20 – 25 МПа.



**Рис. 44.** Гомогенизатор А1-ОГМ: 1 – электродвигатель; 2 – станина; 3 – кривошипно-шатунный механизм с системами смазки и охлаждения; 4 – плунжерный блок; 5 – манометрическая головка; 6 – гомогенизирующая головка

Внутри станины шарнирно закреплена плита, положение которой регулируется винтами. На плите установлен электродвигатель **1**, приводящий в движение кривошипно-шатунный механизм **3** через клиноременную передачу. В корпусе **2**, представляющем собой резервуар с наклонным дном, размещены кривошипно-шатунный механизм **3**, система охлаждения и масляный сетчатый фильтр. Система охлаждения предназначена для подвода холодной воды к плунжерам. Она включает в себя змеевик, уложенный на дне корпуса **2**, перфорированную трубку над плунжерами и патрубки для подвода и отвода воды. Система смазки служит для подачи масла к шейкам коленчатого вала для уменьшения трения.

Технические характеристики некоторых отечественных клапанных гомогенизаторов приведены в табл. 20, прил.

Для получения однородных многокомпонентных эмульсий широко используются классические гомогенизаторы плунжерно-клапанного типа марки А1-ОГЗМ, выпускаемые научно-производственной фирмой «Агроком-центр», принцип действия которых аналогичен гомогенизатору А1-ОГМ. Технические характеристики гомогенизаторов плунжерно-клапанного типа марки А1-ОГЗМ приведены в табл. 21, прил.

К гомогенизаторам клапанного типа относится и гомогенизатор высокого давления ИРН 2000/4-SH5, выпускаемый немецкой группой компаний ИКА. Принцип действия аппарата заключается в следующем: продукт попадает в гомогенизирующий клапан при низкой скорости и под большим давлением, что вызвано небольшим зазором между плунжером и выходной головкой. В гомогенизаторе продукт подвергается различного рода воздействиям, которые приводят к измельчению частиц: интенсивное ускорение, следующее за резким торможением, приводит к кавитации, а затем к взрыву глобул. Гомогенизация может осуществляться при помощи одинарного (для равномерного рассеивания несмешиваемых субстанций) или двойного (при производстве эмульсий и для осуществления контроля над вязкостью) гомогенизирующего клапана. Все гомогенизирующие клапаны оснащены масляно-пневматическим устройством для регулирования давления гомогенизации и амортизации любых возможных гидроударов. Максимальная производительность данного аппарата составляет 3 л/ч.

Гомогенизатор высокого давления клапанного типа производства компании «GEA Niro Soavi» (Германия-Дания-Италия) сочетает высокую производительность и очень высокое давление при обработке продукта, что позволяет получать более стабильный продукт с эффективной дисперсией активных ингредиентов, чем при использовании обычных мешалок, мазетерок или коллоидных мельниц. На выходе получается продукт с высокой стабильностью и длительным сроком хранения. Радикальное уменьшение



размера частиц также способствует тому, что кожа значительно лучше впитывает такие продукты.

Гомогенизатор включает в себя насос высокого давления плунжерного типа, способный прокачивать жидкие продукты различной вязкости до выбранного уровня давления, а также регулируемый гомогенизирующий клапан, создающий давление для микронизации жидкостей.

Одним из типов гомогенизаторов, предлагаемых фирмой «Niro Soavi» являются гомогенизаторы серии Ariete (рис. 45).

Все гомогенизаторы и насосы высокого давления создаются в соответствии с правилами безопасности, принятыми в Евросоюзе (стандарт CE), а также отвечают другим промышленным стандартам.



**Рис. 45.** Гомогенизатор серии Ariete

Установки серии Ariete могут иметь гигиеническое или асептическое исполнение, легко встраиваются в системы с удаленным управлением и уже имеющиеся технологические линии. Они подходят для мойки CIP и SIP (*SIP – sterilization in place* – стерилизация на месте), применимы для работы с абразивными и вязкими продуктами.

В зависимости от дизайна, конфигурации и особенностей жидкости, давление гомогенизации может достигать 1500 бар. Технические характеристики гомогенизаторов Ariete приведены в табл. 22, прил.

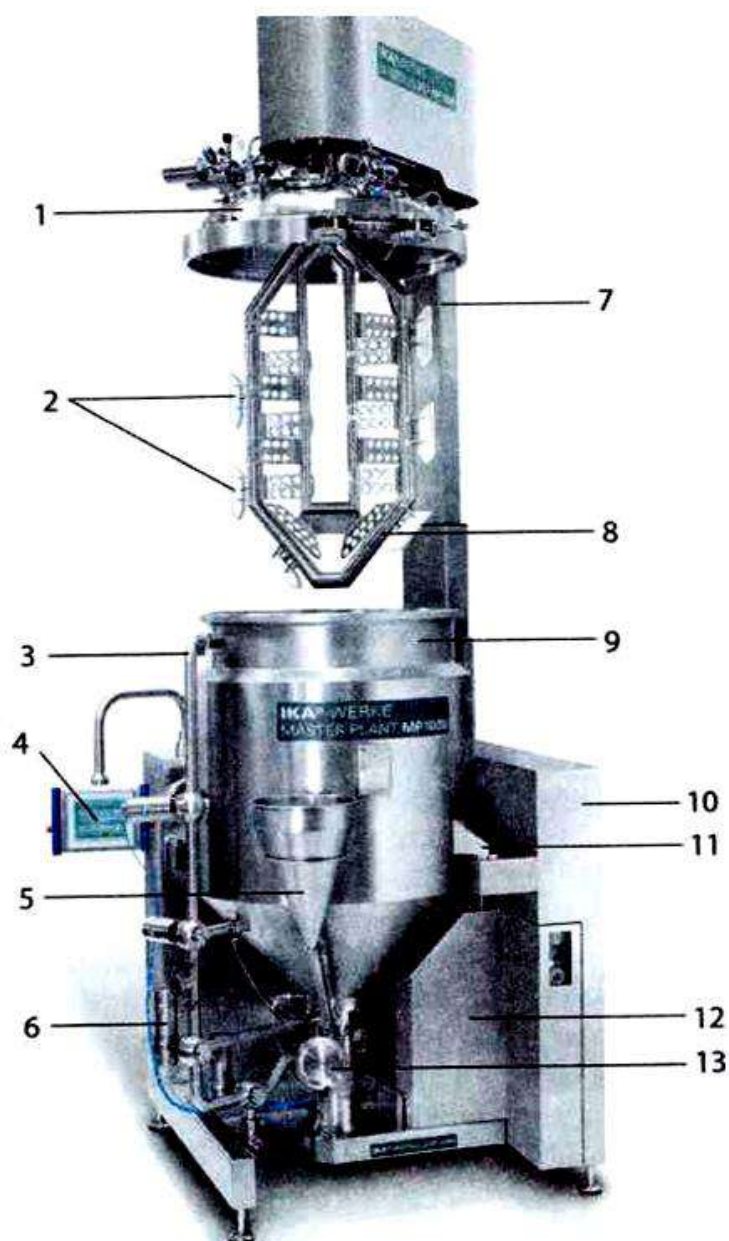
## Установка микроэмульсионная серии «УМ»

Установка микроэмульсионная серии «УМ» (рис. 46) предназначена для комплектации технологических линий или для самостоятельного использования при гомогенизации, эмульгировании, смешении жидкостей, паст, труднорастворимых компонентов в косметических, медицинских производствах. Её используют для приготовления косметических кремов, гелей, молочка, лосьонов, шампуней, растворов, мазей и т.д.



**Рис. 46.** Установка микроэмульсионная серии «УМ»

УМ состоит из реактора с водяной рубашкой для охлаждения или нагрева, привода рамной мешалки, датчика температуры, уровнемера, разгрузочного устройства, насоса-гомогенизатора, щита управления. Загружаемые в реактор (через откидную крышку) компоненты эмульсии перемешиваются рамной мешалкой и насосом-гомогенизатором посредством рециркуляционного контура. Нагрев до заданной температуры осуществляется теплоносителем, подающимся в рубашку емкости. При включении насоса-гомогенизатора происходит процесс приготовления эмульсии, характеристики которой определяются продолжительностью циркуляции смеси в установке и другими технологическими параметрами. По окончании процесса готовая эмульсия выгружается через разгрузочное устройство с помощью насоса-гомогенизатора. Технические характеристики УМ представлены в табл. 23, прил.

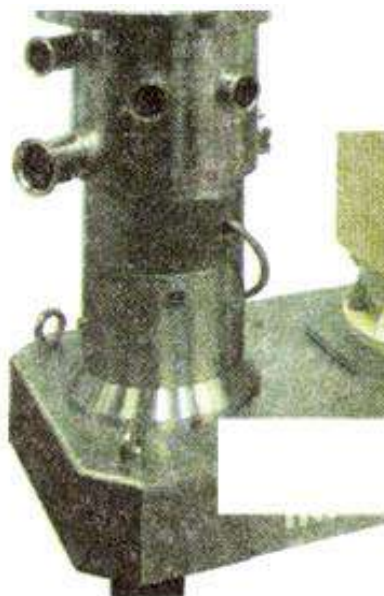


**Рис. 47.** Промышленная многофункциональная установка «Master Plant»: 1 – крышка смесительной емкости; 2 – подвижные скребки; 3 – циркуляционный контур; 4 – цветной графический монитор с сенсорным экраном управления; 5 – загрузочный бункер; 6 – электропневматические клапаны; 7 – подъемное устройство для крышки емкости; 8 – перемешивающее устройство; 9 – смесительная емкость с двойной рубашкой; 10 – корпус из нержавеющей стали с интегрированным в него электрическим управлением; 11 – тензодатчики веса; 12 – двигатель машины DBI, заключенный полностью в корпус установки; 13 – диспергирующая машина DBI

Промышленная компактная многофункциональная установка «Master Plant» MP (рис. 47) производства немецкой группы компаний ИКА предназначена для производства мазей, гелей, кремов, суппозиторных масс, а также приготовления стабильных эмульсий и суспензий, используемых в дальнейшем в производстве твердых лекарственных форм. Всё это позволяет

объединить в одном аппарате несколько стадий производства, таких как смешение, диспергирование и гомогенизация продукта. Несмотря на объединение в одной системе нескольких технологических операций, установка имеет компактный дизайн. Например, установка «Master Plant» MP 1000 (рассчитанная на 1000-литровый объем загрузки) не превышает по высоте 5 м и требует установочную площадку размером всего 2×1,7 м. «Master Plant» применяется для производства широкого спектра продуктов как с низкой, так и с высокой вязкостью (до 100 Па·с).

За счет конической формы дна смесительной емкости достигается возможность обработки минимального количества материала – до 15 % полезного объема емкости. Таким образом, установка «Master Plant» может использоваться для приготовления малых (например, опытных) партий продукции, вследствие чего отпадает необходимость в приобретении нескольких установок с различным объемом смесительной емкости.



**Рис. 48.** Машина DBI

Основным узлом установки «Master Plant» является диспергирующая машина DBI (Direct Batch In-line process) серии 2000 (рис. 48), установленная непосредственно под смесительной емкостью.

*Direct* (непосредственно, прямо) означает одно из преимуществ машины – непосредственное всасывание сухих и жидких компонентов в зону

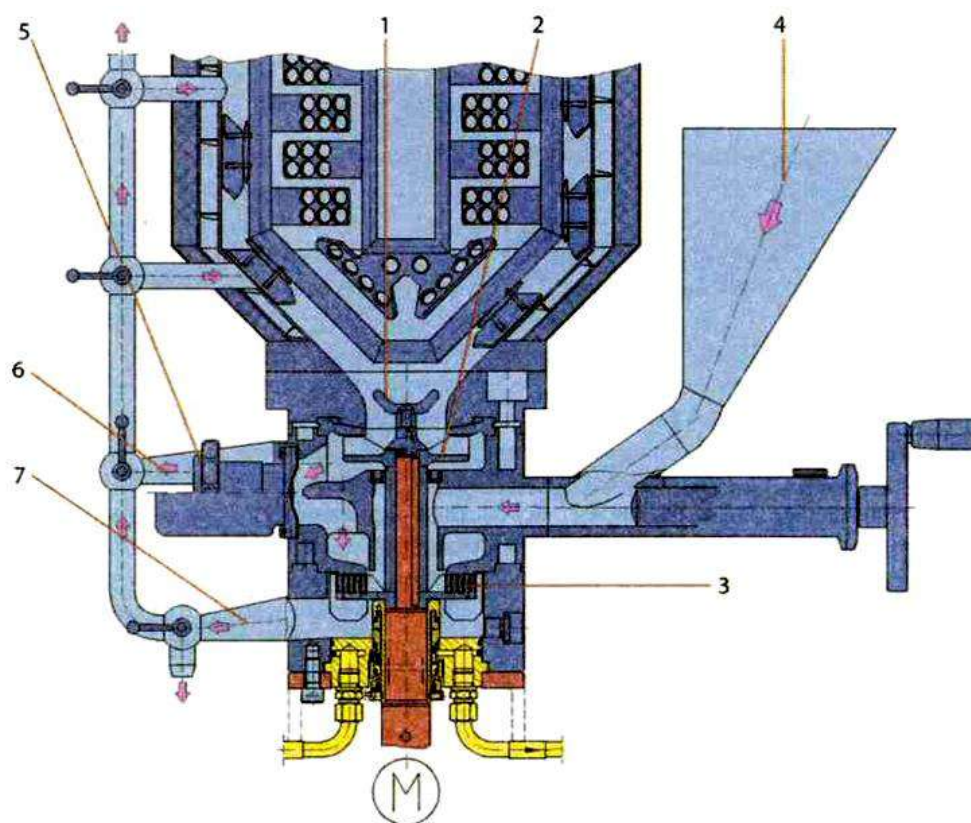
диспергирования. Вследствие этого в обрабатываемой массе исключается образование комков, а время гомогенизации продукта сокращается. *Batch* (партия, порция) означает, что машина монтируется в линии для производства отдельных порций продукта.

Минимальный набор компонентов для эксплуатации машины DBI состоит из резервуара, самой машины и трубных соединений для замыкания системы «резервуар-диспергатор-резервуар». Через загрузочные бункеры, установленные на машине DBI, в циркулирующую по системе основную жидкую фазу вносятся сухие и жидкие добавки. После нескольких проходов через диспергатор образуется качественный гомогенный продукт. Дорогостоящие дозирующие устройства представляют собой замкнутые системы, поэтому нет необходимости в непрерывной подаче компонентов.

Достаточно до загрузки отмерить необходимое количество материала согласно рецептуре. Указание на *in-line process* (непрерывный процесс) присутствует в сокращенном названии диспергирующей машины, поскольку машина эксплуатируется в непрерывном режиме. Во включенном состоянии машина всасывает в себя основную фазу через верхнее впускное отверстие, добавляемые компоненты через боковые впускные отверстия и выталкивает готовую массу через боковое выпускное отверстие. Рабочая камера машины имеет минимальный объем и служит не для приготовления порции готового продукта (как в процессе типа *batch*), а для технологической обработки проходящей через нее массы – измельчения и перемешивания компонентов.

Схема поперечного сечения машины DBI и нижней части смесительной емкости приведена на рис. 49. Как видно из рисунка, в самой верхней части диспергатора DBI располагается специальная эффективная донная мешалка, лопасти **1** которой находятся в нижней конусной части смесительной емкости и своим вращением способствуют образованию турбулентных зон. Совместное действие донной мешалки, диспергатора и перемешивающего устройства смесительной емкости обеспечивает высококачественную гомогенизацию продукта.





**Рис. 49.** Схема поперечного сечения нижней части смесительной емкости диспергирующей машины DBI и циркуляционного контура: 1 – лопасти донной мешалки; 2 – ротор (первая насосная ступень машины DBI); 3 – система ротор-статор для тонкого диспергирования (вторая ступень диспергирования машины DBI); 4 – загрузочный бункер; 5 – дроссельный клапан; 6 – линия циркуляции продукта без измельчения; 7 – линия циркуляции продукта с измельчением

В отличие от традиционной конструкции диспергирующих машин, в машине DBI насосная ступень 2 и ступень диспергирования 3 отделены друг от друга. Это позволяет прокачивать массу как через диспергирующую машину с измельчением, так и в обход ее без измельчения в соответствии с рецептурой приготовления готового продукта. Для перекрытия линии циркуляции продукта 7, проходящей через диспергатор, и транспортировки продукта без измельчения по линии 6 служит дроссельный клапан 5.

Первая ступень машины DBI оснащена специальным ротором 2, вращение которого создает насосный эффект. Благодаря этому продукт из емкости всасывается диспергирующей машиной и без дополнительных насосов транспортируется по циркуляционному контуру. При установке максимальной частоты вращения инструментов диспергатора достигается давление до 4 бар, обеспечивающее высокую производительность диспергирующей машины.

Режим высоких оборотов диспергатора идеален для безразборной чистки на месте или CIP-чистки.

Вторая ступень машины DBI оснащена ротором и статором **3** для тонкого диспергирования. Благодаря этому уже после 3 – 5 проходов продукта через машину происходит его измельчение, при этом частицы продукта достигают размера порядка 10 – 100 микрон и имеют узкое распределение по размерам. Вследствие измельчения частиц происходит увеличение поверхности соприкосновения смешиваемых фаз, в результате получаются высокостабильные эмульсии и суспензии. Отличительной характеристикой произведенных на установке «Master Plant» МР готовых продуктов является их стабильное качество; в любых равных небольших объемах продукта содержится одинаковое количество составляющих его компонентов.

Высокая скорость потока между насосной ступенью и ступенью диспергирования создает разрежение до 20 Мбар, что способствует всасыванию жидких и твердых порошкообразных компонентов через загрузочный бункер **4**, установленный на боковом впускном отверстии машины DBI, без применения дополнительных насосов. Всасывание компонентов осуществляется непосредственно в зону диспергирования, где расположены ротор и статор. Таким образом, вводимые вещества мгновенно измельчаются, что препятствует образованию несмачиваемых агломератов. Описанное свойство машины DBI позволяет сэкономить время и энергию на разбивание комков, образующихся, как правило, в обычных диспергаторах.

Вертикальное расположение рабочей камеры диспергирующей машины обеспечивает полную выгрузку перерабатываемой массы. Когда готовый продукт выгружен из емкости, машина DBI выполняет роль CIP-насоса. На три вращающиеся форсунки, вмонтированные в крышку смесительной емкости установки, подается моющая жидкость с исходным давлением в 4 бар (рис. 50). CIP-форсунки обеспечивают тщательную, без мертвых зон, безразборную мойку аппарата на месте. Возможно установление дополнительных CIP-форсунок для дополнительной тщательной промывки перемешивающего



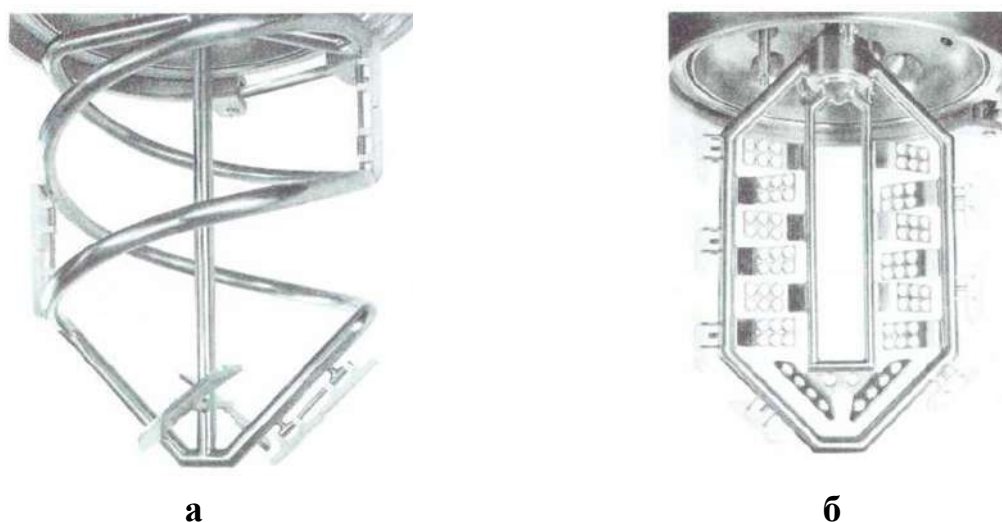
устройства или SIP-форсунок для стерилизации. В случае работы с продуктом, плохо растворимым в воде и применяемых моющих средствах, может возникнуть необходимость в дополнительной чистке. Для этих целей крышка установки поднимается с помощью шпиндельного привода на подъемной колонне и отводится в сторону на 135°. При этом безопасность гарантируется электрическими и механическими блокираторами.



**Рис. 50.** SIP-форсунки для безразборной мойки аппарата на месте

Конструкция установки «Master Plant» обеспечивает также удобный доступ к машине DBI. Диспергирующая машина устанавливается в подвешенном положении, легко снимается с крепления и выдвигается вперед для технического обслуживания. Специальное перемешивающее устройство, встроенное в крышку рабочей емкости, с возможностью реверсивного вращения равномерно перемешивает содержимое емкости, перемещая продукт вертикально и горизонтально.

Установка оснащена спиральной или противоточной мешалкой (рис. 51). Противоточная мешалка предназначена для перемешивания масс широкого диапазона вязкости, вплоть до максимально допустимых производителем для данной установки. Она состоит из внутренней и внешней мешалок, вращающихся в противоположных направлениях, которые создают радиальные и тангенциальные потоки, вследствие чего достигается идеальный перемешивающий эффект.



**Рис. 51.** Мешалка для установки «Master Plant»: а – спиральная; б – противоточная

Противоточная мешалка комплектуется гибкими тефлоновыми скребками, которые перемещают массу от стенок емкости в зону интенсивного перемешивания. Перемешивающие устройства, выполненные из трубных профилей, могут охлаждаться и нагреваться так же, как и сама двустенная емкость. Это позволяет почти в два раза сократить время, необходимое для нагрева или охлаждения продукта, что особенно важно при охлаждении и стабилизации эмульсий. Максимальная температура продукта, перерабатываемого в установке «Master Plant», составляет 150 °С.

Управление двигателями перемешивающего устройства и диспергирующей машины осуществляется посредством частотных преобразователей, что делает возможным устанавливать направление вращения, а также интенсивность перемешивания и диспергирования в соответствии с технологическими требованиями.

Система электрического управления установкой «Master Plant» позволяет задавать режимы работы элементов установки через удобный графический интерфейс, выведенный на промышленный сенсорный монитор. Путем нажатия на соответствующие поля экрана осуществляется включение и выключение двигателей перемешивающего устройства и диспергирующей машины, подъем крышки емкости, открытие и запирание электропневматических клапанов, а также задание желаемых параметров, таких как скорость и направление

вращения, температура и вакуум. Система выводит на экран индикацию фактических параметров процесса, а также записывает их значения во времени. Система включает предохранительные блокировки, обеспечивающие безопасность эксплуатации установки, и позволяет осуществлять контроль над предельными значениями рабочих параметров. Расширенное электрическое управление установки «Master Plant» обеспечивает ввод рецептур, автоматический режим работы и может быть интегрировано в компьютерную сеть заказчика.

Установка «Master Plant» выпускается в 9 типоразмерах с объемом смесительной емкости от 10 до 4000 л. Технические характеристики установки Master Plant MP приведены в табл. 24, прил.

### **Универсальная смесительная установка Standard Plant SPP**

Standard Production Plant (SPP) (рис. 52) представляет собой современную универсальную смесительную установку для производства эмульсий и суспензий. В зависимости от исполнения установка может применяться и для производства кремов и лосьонов в косметической промышленности.

Установка SPP является крайне инновационным и доступным по стоимости решением для смешивания, гомогенизации или диспергирования. Благодаря продуманной конструкции установка легка в управлении и обеспечивает постоянное высокое качество производимого на ней продукта. Такие опциональные элементы, как вакуумная система, двойная рубашка для нагрева или охлаждения рабочей емкости, дополнительные устройства для ввода добавок или отбора проб, делают установку SPP идеальной системой для полного процесса обработки продукта.

Установка SPP отличается малой высотой конструкции. Благодаря уникальной геометрии емкости и встроенному подъемно-опрокидывающему механизму предоставляется неограниченный доступ к внутренним частям

системы для осмотра и технического обслуживания при минимально необходимом пространстве для размещения установки.



**Рис. 52.** Установка Standard Production Plant SPP

Мощная якорная мешалка обеспечивает первичное перемешивание загруженного материала, а встроенный в систему преломитель потока служит

для изменения направления движения потоков продукта. Закрепленные на лопастях якорной мешалки скребки препятствуют образованию отложений на внутренней поверхности рабочей камеры и стимулируют оптимальный теплообмен между продуктом и двойной рубашкой емкости. Диспергирование с высоким усилием сдвига обеспечивается встраиванием в линию рециркуляции высокоэффективного одноступенчатого гомогенизатора ULTRA-TURRAX UTL 1000.

В случае более сложных технологических процессов, особенно при поточном вводе и диспергировании добавок, лучшим выбором является использование высокотехнологичной многофункциональной двухступенчатой машины DBI 2000, которая прифланцовывается непосредственно к смесительной емкости. Система оборудована эффективной донной мешалкой, лопасти которой находятся и в конической части смесительной емкости. Совместное вращение лопастей донной мешалки и якорной мешалки в противоположных направлениях приводит к высококачественной гомогенизации содержимого емкости. Донная мешалка диспергатора предназначена еще и для перемешивания минимальных объемов загрузки.

Установка Standard Production Plant SPP выпускается восьми различных типоразмеров объемом от 25 до 4000 л. Технические характеристики установки Standard Production Plant SPP приведены в табл. 25, прил.

### **Установка ИКА MHD**

Установки ИКА MHD (рис. 53) пригодны для широкого спектра применений, в частности в химической, косметической, фармацевтической и пищевой промышленности. В качестве жидкой фазы могут выступать: вода, масла, смолы, керосин, спирты, жидкие полимеры, дисперсии различной вязкости, расплав мочевины, сиропы и растворители.



В качестве твердой фазы, смешиваемой с жидкостью, добавляются: крахмал, загустители, тальк, минеральные красители и прочие красители, реактивные порошки, волокна полиамида, целлюлоза, бентонит, сажа и т.п.



**Рис. 53.** Установка ИКА MHD

Смешиваемые фазы подаются в машину MHD в пропорциональных количествах и смешиваются в рабочей камере. Благодаря последующему диспергированию в нижней части рабочей камеры обеспечивается производство готового продукта всего за один проход через машину. MHD способна обрабатывать материалы с высокой концентрацией порошкообразных твердых веществ (до 80 %) и продукты с вязкостью до 50000 МПа·с.

Работающая в непрерывном процессе установка MHD окупает себя за очень короткое время, особенно при значительных объемах производства вследствие того, что средства, вкладываемые в приобретение дозирующего оборудования, значительно ниже стоимости громоздких резервуаров для хранения и рабочих емкостей с перемешивающими устройствами, необходимость в которых при использовании системы MHD отпадет.

Установки MHD обеспечивают непревзойденную гибкость, так как при заданной рецептуре любое количество продукта производится с постоянным, неизменно высоким, качеством. Обычно подача твердых веществ осуществляется при помощи волюметрического дозирующего устройства.

При необходимости высокой точности дозирования или при подаче веществ с неравномерной плотностью засыпки используются гравиметрические дозаторы. Вес твердых компонентов, подаваемых в систему, измеряется одним или несколькими измерительными приборами и сравнивается с установленным значением. В случае обнаружения отклонений в работу подающего механизма автоматически вносятся корректирующие настройки.

Таким образом, изменение плотности засыпки и прочих характеристик материала не влияет на результаты гравиметрического дозирования. Установки MHD поставляются с дозаторами высокой точности, гарантирующими максимальную погрешность 0,5 % от массы материала либо меньше.

Установки ИКА MHD включают семь различных типоразмеров: от лабораторных и пилотных до производственных систем с производительностью до 40000 л/ч.

Производственные линии MHD могут быть доукомплектованы устройствами для подачи порошков, разгрузочной станцией для мягких контейнеров, системой транспортировки готового продукта, буферными емкостями, машинами ИКА для тонкого помола и прочим периферийным оборудованием.

Технические характеристики установки MHD приведены в табл. 26, прил.



## Установка для смешения жидкостей



Рис. 54. Установка IKA DPV

Установка IKA DPV (рис. 54) предназначена для гомогенного и пропорционального смешения двух или более жидкостей за одно прохождение через рабочий модуль. Непрерывный процесс является при этом эффективным и экономичным методом производства. Основой установки является одноступенчатый диспергатор ULTRA-TURRAX<sup>®</sup> UTL, рабочий модуль которого подходит для большинства стандартных применений. Машина UTL при высоких требованиях к качеству диспергирования может быть заменена трехступенчатым диспергатором DISPAX-REACTOR<sup>®</sup> или коллоидной мельницей МК. Высокоточное дозирование ингредиентов обеспечивается насосами, обладающими очень стабильными характеристиками. Установка представляет собой компактное устройство, все компоненты которого, включая

трубопроводы и внутреннюю электрическую проводку, крепятся на общем основании.

Отличительной чертой установки ИКА DPV является особая техника непрерывного диспергирования. Смешиваемые фазы не контактируют друг с другом до момента попадания в рабочую камеру диспергатора. Поэтому такие нежелательные реакции, как образование сгустков, полностью исключаются. В дополнение к этому система позволяет настраивать желаемую конечную концентрацию разбавляемой жидкости, а также производить смеси из более, чем двух ингредиентов.

Благодаря технике непрерывного диспергирования сокращается время производства. Гомогенные смеси получаются постоянного качества, без сгустков. Полностью закрытая система исключает попадание воздуха в продукт.

Технические данные установки для разбавления ИКА DPV приведены в табл. 27, прил.

### **Поточные диспергаторы**

ИКА поддерживает и развивает технологии непрерывных процессов смешивания, которые осуществляются в поточных диспергаторах. Преимущества поточных диспергаторов ИКА объясняется экономией времени, денежных и материальных ресурсов при более высоком качестве производства.

В поточных машинах ИКА (рис. 55) диспергирование производится в рабочей камере, уменьшенной до минимально возможного размера, и энергия, прилагаемая к продукту, используется наиболее эффективным образом. Кроме того, в поточных машинах ИКА продукт прокачивается через роторно-статорный инструмент специальной конструкции, в результате чего достигается измельчение частиц с гарантированно воспроизводимым узким диапазоном распределения.

Поточные машины ИКА реализуют множество прогрессивных методик смешивания для производства грубых и тонких эмульсий или суспензий, для

мокрого помола, а также гомогенизации. ИКА охватывает несколько уникальных типов оборудования для различных методик смешивания, большинство из которых представлено в 8 типоразмерах.



**Рис. 55.** Поточные диспергаторы ИКА

Машины сконструированы таким образом, что существенные параметры диспергирования сохраняются для каждого типоразмера, надежно обеспечивая пропорциональный перенос отработанных технологий из лаборатории в производство. Например, поточный высокопроизводительный одноступенчатый диспергатор IKA ULTRA-TURRAX® UTL 2000 предназначен

для производства эмульсий и суспензий. Благодаря эффективному измельчающему и смешивающему действию роторно-статорной системы, выполняющей роль рабочего инструмента, машина UTL успешно применяется тогда, когда традиционные перемешивающие устройства не позволяют достичь желаемых результатов диспергирования.

Рабочий инструмент одноступенчатого диспергатора (генератор) обеспечивает средние усилия сдвига, достаточные для процессов смешивания и гомогенизации. ИКА с целью адаптации диспергаторов UTL к широкому спектру задач на смешивание предлагает для всех типоразмеров машин разнообразные генераторы, состоящие из роторной и статорной частей. Каждой конструкции генератора соответствует определенная удельная энергия, которая сообщается смешиваемым фазам. В силу особой геометрии венцов генератора возможна обработка материалов с различной начальной вязкостью и размером частиц. Как и в популярной машине для периодических операций ULTRA-TURRAX® UTC, в поточной машине UTL материал подвергается действию касательных и срезающих напряжений, способствующих оптимальному диспергированию. Машина UTL может использоваться в непрерывных процессах, где окончательное смешивание происходит за один проход, а также в периодических рециркуляционных процессах. Минимальный объем рабочей камеры машины UTL обеспечивает равномерное измельчение проходящего через нее продукта.

В периодическом процессе машина UTL устанавливается в циркуляционный контур, проходящий через рабочую емкость со смешиваемым продуктом. В полностью непрерывном процессе смешиваемые компоненты пропорционально дозируются в машину через различные впускные соединения. В рабочей камере машины данные компоненты тщательно смешиваются и диспергируются. Гомогенная смесь прокачивается через выпускное отверстие. Абсолютно все капли и частицы, попадающие в рабочую зону машины UTL, подвергаются измельчению, в результате чего достигается узкий диапазон распределения их размеров и обеспечивается воспроизводимость качества

диспергирования. Машина UTL 2000 создает еще и напор, позволяющий подавать продукты низкой или средней вязкости на высоту до 20 м (около 2 бар). Технические характеристики ULTRA-TURRAX® UTL приведены в табл. 28, прил.

### **Установка DISPAX-REACTOR DR**

Машина IKA DISPAX-REACTOR® DR 2000 (рис. 56) включает в себя три последовательные ступени диспергирования, создает высокое усилие сдвига и предназначена для производства особо тонких эмульсий и суспензий.

Усилия сдвига, возникающие в рабочей камере, вызывают интенсивное перемещение материала, благодаря чему данная машина также ускоряет растворение моно- и макромолекулярных субстанций. Комбинация из трех последовательных ступеней роторно-статорных генераторов обеспечивает образование мельчайших капель и частиц, а также узкий диапазон распределения их размеров. Таким образом, всего за один проход удастся получить высокостабильные эмульсии и суспензии.

В поточных машинах DISPAX-REACTOR® реализован тот же принцип диспергирования, что и в популярных машинах ULTRA-TURRAX®, рассмотренных выше. Чрезвычайно малый объем рабочей камеры обеспечивает равномерное воздействие на проходящий через нее продукт.

Поточная машина DR может быть установлена в линию за контейнером с предварительно перемешанным продуктом. В полунепрерывном процессе продукт проходит через машину, в которой он идеально гомогенизируется. В полностью непрерывном процессе смешиваемые компоненты подаются в машину с пропорциональными объемными скоростями потока через различные впускные соединения. Затем данные компоненты тщательно смешиваются, диспергируются или гомогенизируются и прокачиваются через выпускное отверстие машины.

Поточная машина DR может быть установлена в линию за контейнером с предварительно перемешанным продуктом. В полунепрерывном процессе продукт проходит через машину, в которой он идеально гомогенизируется. В полностью непрерывном процессе смешиваемые компоненты подаются в машину с пропорциональными объемными скоростями потока через различные впускные соединения. Затем данные компоненты тщательно смешиваются, диспергируются или гомогенизируются и прокачиваются через выпускное отверстие машины.



**Рис. 56.** Машина IKA DISPAX-REACTOR® DR 2000

Серия DRS (рис. 57) также относится к высокопроизводительным поточным диспергирующим и гомогенизирующим машинам, но для производства микроэмульсий и тонких суспензий. Невероятно высокие градиенты скорости (до 190000 л/с) в сочетании с уникальной конструкцией генератора позволяют измельчать капли жидких фаз и частицы твердых



веществ до мельчайших размеров. В результате удастся произвести стабильные эмульсии и суспензии даже без использования эмульгаторов и загустителей.



**Рис. 57.** Диспергирующая и гомогенизирующая машина DISPAX-REACTOR® DRS

Благодаря чрезвычайно высокой плотности энергии в рабочей камере возможно сокращение или полное исключение вспомогательных средств диспергирования.

Обычно машины DRS оснащаются двухступенчатой роторно-статорной системой (генератором). В силу того, что внешний край ротора достигает высокой окружной скорости – до 40 м/с, необходимость в третьей диспергирующей ступени отпадает. Конструкция и высокое качество машины DRS сравнимо с машинами ULTRA-TURRAX® UTL и DISPAX-REACTOR® DR, что необходимо для применения в фармацевтической промышленности, где к качеству готового продукта, материалов и поверхностей оборудования предъявляются довольно жесткие требования.



Поточные диспергаторы DISPAX REACTOR® DRS 2000 выпускают пяти типоразмеров с производительностью (относительно воды) от 700 до 40000 л/мин. Все машины могут работать с одинаковой окружной скоростью ротора, что обеспечивает надежное масштабирование при переносе технологий из лаборатории в производство.

К поточным диспергаторам относится и ранее рассмотренный гомогенизатор высокого давления ИКА НРН.

### **Насосы-гомогенизаторы**

В качестве гомогенизаторов можно использовать и насосы-гомогенизаторы (диспергаторы), предназначенные для тонкого перемешивания и диспергирования эмульсий или суспензий (гели, кремы, пасты, мази, краски и т.д.) в пищевых, косметических, фармацевтических, химических и других производствах с одновременным перекачиванием гомогенизированного продукта.

#### **Насосы-гомогенизаторы серии НГД**



**Рис. 58.** Насосы-гомогенизаторы серии НГД

Российское ООО Инновационно-техническое предприятие (ИТП) «ПРОМБИОФИТ» выпускает восемь модификаций насосов-гомогенизаторов серии НГД (гидродинамические) (рис. 58) с мощностью электродвигателей от 0,55 до 15,0 кВт.

Гомогенизаторы серии НГД являются гидродинамическими устройствами роторно-пульсационного типа с одинарным торцевым уплотнением. Выполнены с выносными опорами, что создаёт дополнительные удобства при сборке, наладке и обслуживании устройства и увеличивает срок его безотказной работы. Профилированные лопасти гомогенизирующей головки обеспечивают более высокие гидродинамические характеристики (подача, напор) при той же мощности электродвигателя по сравнению с аналогами, а особая конструкция гомогенизирующей головки позволяет достичь при этих характеристиках минимального размера частиц и более равномерного распределения их дисперсного состава в смеси.

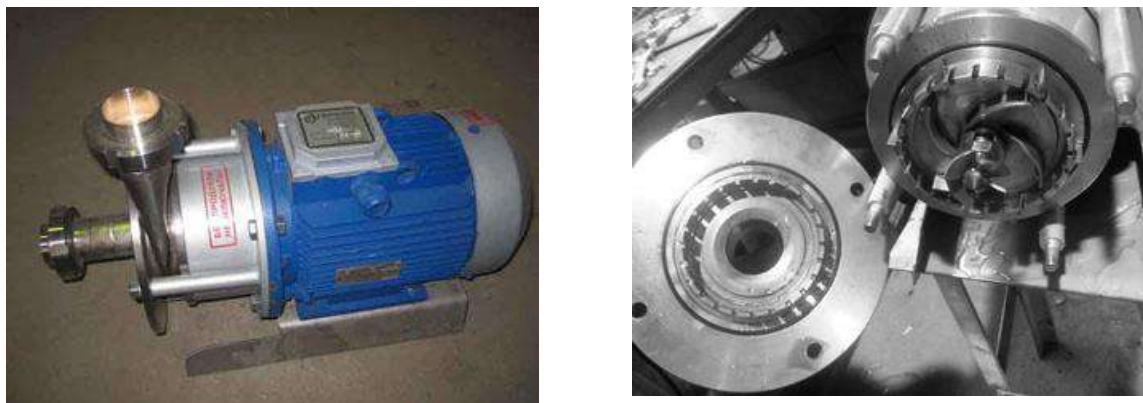
Для получения высококачественных водомасляных эмульсий с размером жировых шариков порядка 1 мкм после обработки эмульсии с помощью насоса-гомогенизатора НГД вводят дополнительную обработку эмульсии с помощью высоконапорного клапанного гомогенизатора НГД-ВК, о котором будет сказано ниже.

Технические характеристики насоса-гомогенизатора НГД приведены в табл. 29, прил.

### **Насос-гомогенизатор серии НГД-М (модернизированный)**

Другая российская фирма НПО «Агромаш» выпускает насос-гомогенизатор серии НГД-М (модернизированный) (рис. 59), который позволяет одновременно производить диспергирование, гомогенизирование и перекачивание продукта с повышением давления на выходе. Специальная конструкция гомогенизатора (две рабочие камеры), специальная геометрия корпуса (с отсутствием «мертвых зон») и вращающихся рабочих частей обеспечивает высокую производительность. Применяемые материалы гигиеничны, конструкция гомогенизатора практична в эксплуатации. Он используется в различных областях промышленности, в том числе

косметической (крема, шампуни, бальзамы, гели, мази, зубные пасты) и фармацевтической (мази, эмульсии, гели).



**Рис. 59.** Насос-гомогенизатор серии НГД-М

Гомогенизатор обладает высокой производительностью, позволяет получать высокостабильные эмульсии и суспензии, обеспечивает степень гомогенизации 80 % с размером частиц до 2 мкм и может быть встроен в уже существующие линии.

Технические характеристики данного типа полностью соответствуют значениям насосов-гомогенизаторов серии НГД, выпускаемых ИТП «ПРОМБИОФИТ».

### **Насосы-гомогенизаторы высоконапорные клапанные с плунжером серии НГД-ВК**

Гомогенизатор серии НГД-ВК (рис. 60) является высоконапорным устройством клапанного (ВК) типа и предназначен для интенсивной механической обработки и получения высококачественных эмульсий в системах «масло-вода» либо «вода-масло» с размером жировых шариков порядка 1 мкм путём продавливания через узкие щели специального клапана. При этом достигается высокая дисперсность жировой фазы и однородность структуры продукта. Такие гомогенизаторы могут быть использованы в производстве мелкодисперсных липосомных кремов и эмульсий.



**Рис. 60.** Насос-гомогенизатор серии НГД-ВК

Гомогенизатор включает в себя плунжерный насос, при помощи которого создаётся высокое давление, всасывающий и нагнетательный клапаны, а также две ступени гомогенизирующих клапанов, прижатых пружиной к соответствующим сёдлам. Вторая ступень необходима для предотвращения слипания диспергированных в первой ступени жировых шариков, т.к. такое слипание приводит к снижению гомогенизационного эффекта.

Технические характеристики насосов-гомогенизаторов серии НГД-ВК приведены в табл. 30, прил.

### **Установки для приготовления эмульсий и суспензий модели УПЭС**

Предприятие ИТП «ПРОМБИОФИТ» разработало и выпускает установки для приготовления эмульсий и суспензий (УПЭС) (рис. 61) с объёмом рабочей ёмкости 50, 100, 150, 300, 600 или 1200 литров.

Установки УПЭС применяются в качестве технологического оборудования при производстве майонезов, кетчупов, кондитерских и косметических кремов, гелей, паст, мазей, препаратов бытовой химии, лакокрасочной продукции, битумных эмульсий, водотопливных композиций,

фармацевтических субстанций, эмульсий и суспензий специального назначения.



**Рис. 61.** Установка для приготовления эмульсий и суспензий (УПЭС)

Конструктивно установка выполнена в виде цилиндрической ёмкости вертикального типа с коническим дном, циркуляционного трубопроводного контура с насосом-гомогенизатором НГД (см. выше) и разгрузочным устройством УРГ-2, оснащена пультом управления тепловыми режимами приготовления продукта. Ёмкость снабжена теплообменной пароводяной рубашкой с блоком электронагревательных элементов, а также низкооборотной мешалкой рамного типа. Трубопроводный контур соединяет нижний выпуск ёмкости со входом гомогенизатора НГД, предназначенного для тонкого перемешивания и диспергирования с одновременной подачей гомогенизированной смеси обратно в резервуар.

Исходные компоненты смеси в соответствии с технологией производства загружаются в рабочую ёмкость через люк в верхней крышке или через загрузочное устройство. Затем осуществляется нагрев смеси, её перемешивание и многократная циклическая гомогенизация. По окончании процесса готовая смесь выгружается с помощью насоса-гомогенизатора НГД через разгрузочное устройство без использования дополнительных насосов и оборудования и поступает на участок фасовки.

Объем рабочей ёмкости и тип насоса-гомогенизатора выбирается в зависимости от требуемой производительности и технологии производства смеси. Теплообменная рубашка может использоваться также для охлаждения готовой смеси. Все детали установки, контактирующие с приготавливаемым продуктом, выполнены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т и фторопласта Ф-4.

Технические характеристики установки УПЭС приведены в табл. 31, прил.

### Модель УПЭС-ВК



**Рис. 62.** Установка марки УПЭС-ВК

Для приготовления однородных мелкодисперсных водомасляных эмульсий специалистами ИТП «ПРОМБИОФИТ» разработано оборудование, которое объединяется в технологическую цепочку, обеспечивающую реализацию ряда последовательных ступеней (режимов) приготовления продукта (рис. 62):

I. Режим загрузки компонентов в рабочую ёмкость установки УПЭС и перемешивание с помощью низкооборотной мешалки (дозированная загрузка сыпучих компонентов и загрузка коагулирующих компонентов производится через специальное загрузочное устройство);

II. Режим тонкого перемешивания и диспергирования с помощью насоса-гомогенизатора серии НГД (процесс осуществляется циклически с применением замкнутого трубопроводного контура). В течение всего процесса с помощью пароводяной рубашки может поддерживаться заданный температурный режим до 93 °С;

III. Режим тонкого диспергирования осуществляется с помощью высоконапорных клапанных гомогенизаторов с плунжером серии НГД-ВК.

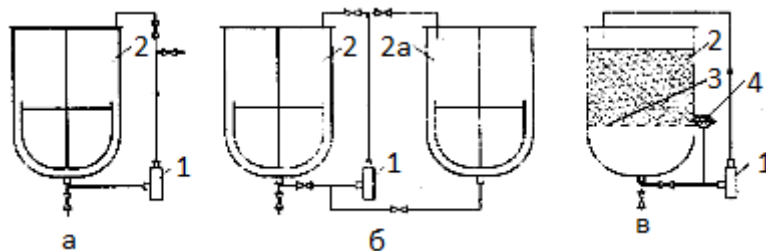
В результате такого комбинированного применения гомогенизирующих устройств достигается получение однородной мелкодисперсной водомасляной эмульсии с субмикронными размерами жировых шариков в эмульсии порядка 1 мкм.

### **Роторно-пульсационные аппараты**

Роторно-пульсационные аппараты (РПА) предназначены для приготовления высокодиспергированных, гомогенизированных жидких эмульсий и суспензий, а также многокомпонентных составов из труднсмешиваемых жидкостей с температурой перерабатываемой среды до 95 °С. Они сочетают в себе принципы работы центробежного насоса, дисмембратора, дезинтегратора и коллоидной мельницы. Путем пульсационных, ударных и других гидродинамических воздействий, происходящих в РПА, изменяются физико-механические свойства производимых продуктов и снижается энергопотребление производства за счет интенсификации технологических процессов. Существует много зарубежных и отечественных конструкций РПА различных типов, которые могут использоваться для разных технологических схем (рис. 63).

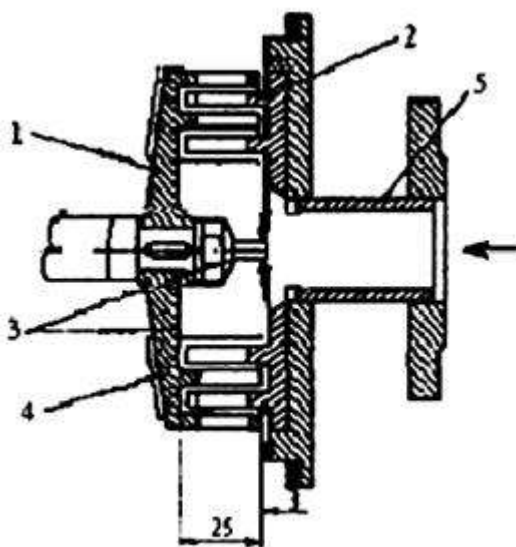


Наибольшее применение нашли РПА погружного и проходного (проточного) типа.



**Рис. 63.** Технологические схемы применения РПА: а – циркуляционная схема; б – схема перегрузок; в – схема с различной разностью циркуляции фаз; 1 – РПА; 2, 2а – емкостный аппарат; 3 – ложное дно; 4 – шнек

РПА погружного типа обычно выполняются в виде мешалок, помещаемых в емкость с обрабатываемой средой. Их иногда используют для повышения эффективности перемешивания, устанавливая дополнительно к уже имеющимся мешалкам других типов (например, якорным). Погружные РПА серийно выпускаются отечественной промышленностью под названием гидродинамических аппаратов роторного типа, а также рядом зарубежных фирм.

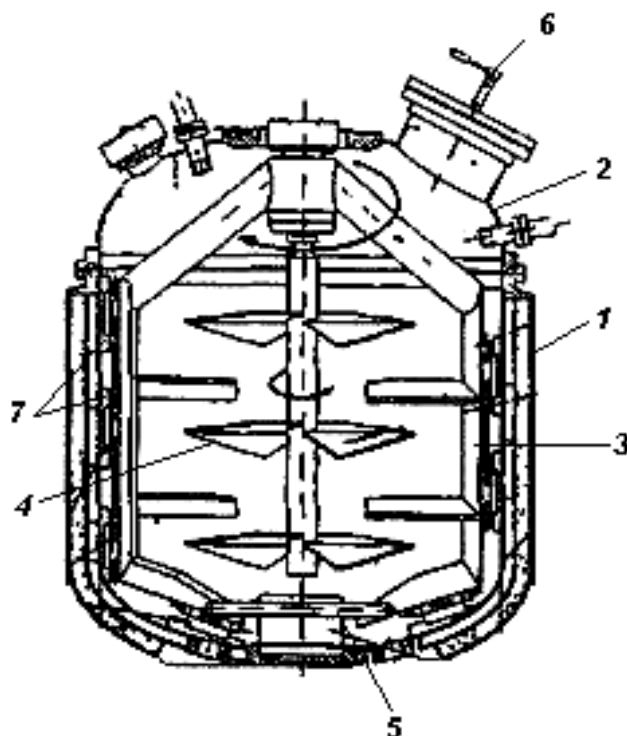


**Рис. 64.** Схема РПА погружного типа: 1 – ротор; 2 – статор; 3 – радиальные лопасти; 4 – лопасти; 5 – входной патрубок

При получении дисперсных систем РПА могут быть непосредственно погруженными в реактор с перемешиваемой средой, иногда в дополнение к

имеющейся в нем мешалке. РПА погруженного типа имеют ротор и статор с концентрически расположенными на них зубцами или цилиндрами с отверстиями и по форме напоминают мешалки (рис. 64).

К РПА погружного типа относятся ГАРТ (гидродинамические аппараты роторного типа), аппараты фирмы «Janke and Kunkel K. G.» (Германия), мешалка Polytron фирмы «OLSA» (Италия). Последняя входит в комплект реактора-гомогенизатора MACEF PH-500B (рис. 65).



**Рис. 65.** Реактор-гомогенизатор MACEF PH-500B фирмы «OLSA» (Италия): 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – рамная мешалка; 4 – лопастная мешалка; 5 – турбинная мешалка Polytron; 6 – загрузочный люк; 7 – тефлоновые скребки

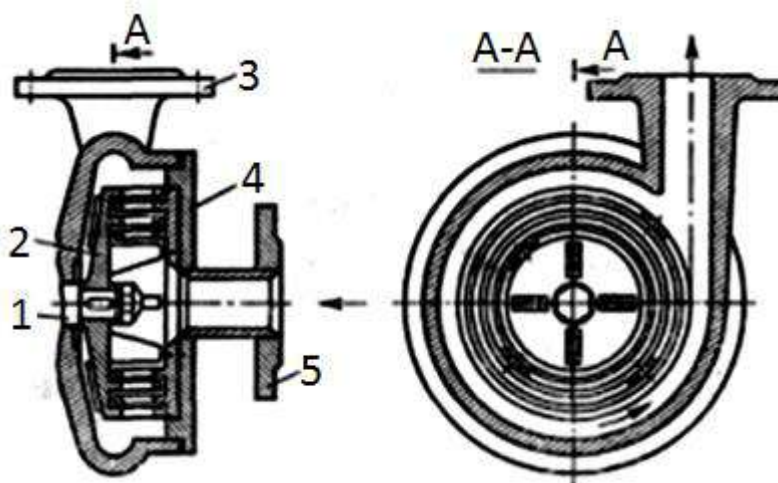
Данный тип РПА устанавливают для эффективности перемешивания дополнительно к другим типам мешалок. Несмотря на конструктивную простоту, погружные РПА не обеспечивают достаточно однородной обработки всей массы продукта. Их применение оправдано при небольших объемах обрабатываемых сред с небольшой вязкостью.

Известны конструкции РПА, в которых обрабатываемая среда движется в обратном направлении, перемещаясь от периферии к центру. При таком движении степень турбулизации потока возрастает, одновременно с этим

повышается гидравлическое сопротивление аппарата, затраты электроэнергии на разогрев обрабатываемой среды.

Отдельные модификации РПА могут иметь рабочие камеры с различным направлением движения потока. По количеству рабочих камер РПА могут быть однокамерными и многокамерными. Однокамерные аппараты имеют два диска с концентрическими рядами зубьев или цилиндрами с прорезями. Один или оба диска вращаются. В многокамерных аппаратах имеется более двух дисков с зубьями или перфорированными цилиндрами, в результате чего образуется две или более зоны активной обработки среды. Кроме основных рабочих органов (цилиндров с прорезями, дисков), РПА могут иметь дополнительные рабочие органы, предназначенные для повышения эффективности их работы.

Часто в качестве дополнительных элементов используют лопасти-ножи, устанавливаемые на роторе, статоре или корпусе. Лопасти на роторе позволяют значительно улучшить напорно-расходные характеристики РПА, повысить эффективность обработки потока во внутренней зоне и создать дополнительные ступени обработки.

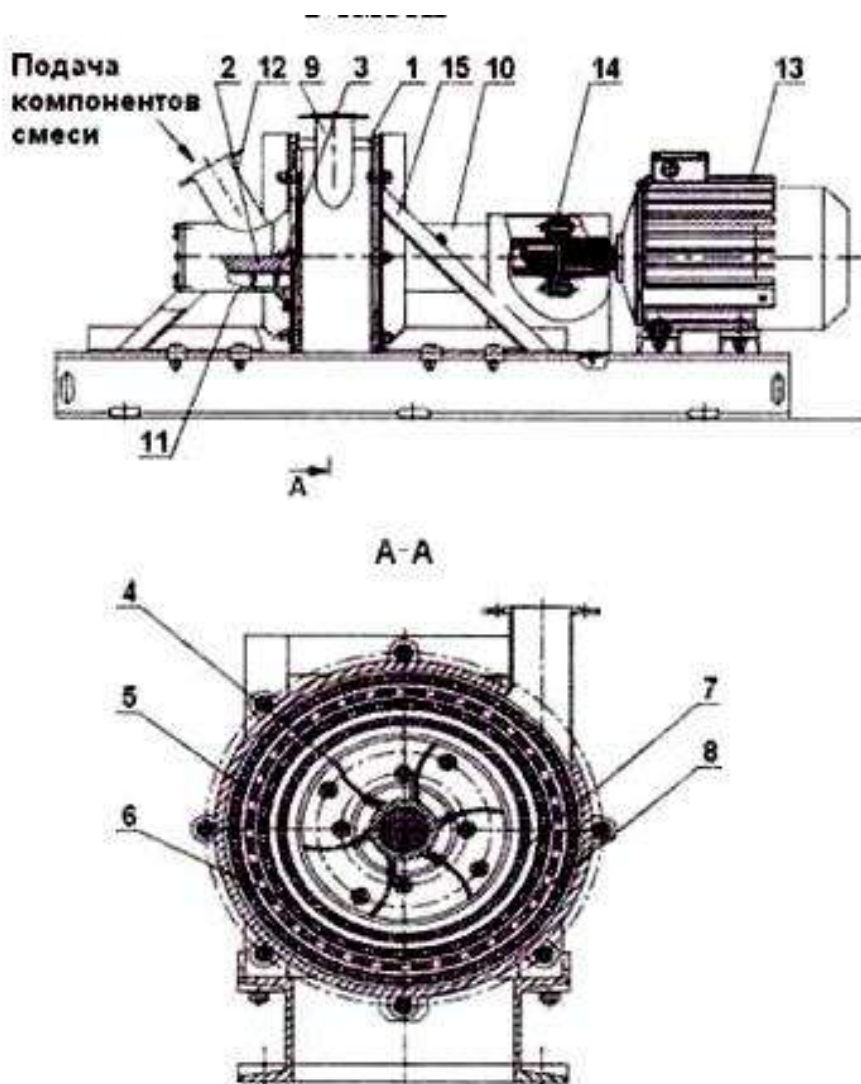


**Рис. 66.** Схема РПА проточного типа: 1 – приводной вал; 2 – ротор; 3 – патрубок выхода суспензии; 4 – крышка-статор; 5 – патрубок входа

РПА проточного типа получили наибольшее распространение. Их рабочие органы смонтированы в небольшом корпусе, имеющем патрубки для входа и выхода обрабатываемой среды. При этом в большинстве конструкций обрабатываемая среда поступает по осевому патрубку во внутреннюю зону

устройства и движется в нем от центра к периферии. РПА проточного типа устанавливается вне реактора (рис. 66).

Ротор и статор его заключены в корпус, имеющий входной и выходной патрубки. Обрабатываемая смесь поступает по осевому патрубку внутрь аппарата и под действием центробежной силы выбрасывается через выходной патрубок. Движение жидкости в аппарате осуществляется от центра к периферии.



**Рис. 67.** Схема роторно-пульсационного аппарата: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – шнек; 4 – рабочее колесо; 5 – малый цилиндр статора; 6 – большой цилиндр статора; 7 – малый цилиндр ротора; 8 – большой цилиндр ротора; 9 – выходной патрубок; 10 – приводной стакан; 11 – загрузочный стакан; 12 – приемный патрубок; 13 – электродвигатель; 14 – муфта; 15 – рама

Эффективность диспергирования в РПА значительно повышается с увеличением концентрации суспензии, так как при этом измельчение

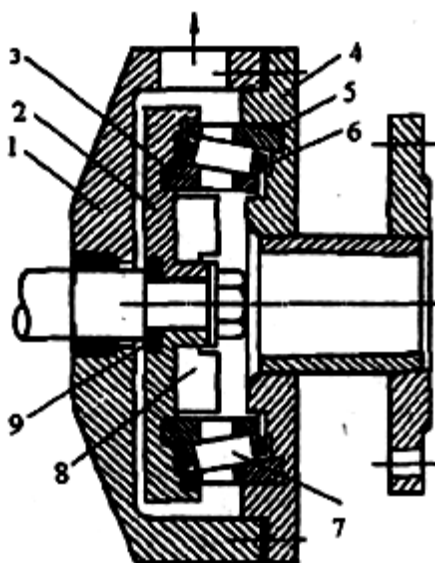
происходит не только за счет РПА, но и путем интенсивного механического трения частиц дисперсной фазы друг с другом.

Схема одной из разновидностей РПА представлена на рис. 67. Принцип работы РПА заключается в следующем: после подготовки компонентов смеси они подаются в приемный патрубок **12** загрузочного стакана **11**. Затем компоненты смешиваются и нагнетаются при помощи шнека **3** к рабочему колесу **4**, от которого смесь отбрасывается к сегментам ротора **7** и статора **5, 6**. При прохождении зазоров между сегментами ротора и статора за счет разрыва сплошности среды и возникающих пульсаций в их пазах происходит активная гомогенизация мази. Пройдя сквозь пазы, готовая смесь выбрасывается в выходной патрубок **9** и далее по трубопроводу подается на фасовку. Регулировка частоты вращения ротора обеспечивается при помощи электропривода, состоящего из электродвигателя **13** и частотно-импульсного преобразователя. Применение РПА позволяет исключить как предварительное измельчение порошкообразных компонентов, так и последующую гомогенизацию мази на мазетерках, обеспечивая при этом более высокую степень дисперсности суспензионных мазей. Однако следует отметить, что при приготовлении мазей с использованием лекарственных препаратов, являющихся кристаллическими веществами с весьма прочной кристаллической решеткой (борная кислота, стрептоцид, некоторые антибиотики и др.), применение РПА не исключает предварительного тонкого измельчения препаратов. Во всех случаях приготовление мазей с помощью РПА приводит к значительной экономии времени и электроэнергии, а также к снижению потерь компонентов по сравнению с традиционными методами приготовления мазей.

В процессе работы РПА развиваются интенсивные механические воздействия на частицы дисперсной фазы, вызывающие турбулентность и пульсацию смеси. Для повышения эффективности диспергирования разработаны конструкции РПА с отдельной подачей компонентов обрабатываемой среды по специальным каналам в теле статора, с дополнительными рабочими элементами в виде лопастей на роторе или статоре,

с диспергирующими телами (шары, бисер, кольца), свободно размещенными в полостях ротора, с роликовыми подшипниками в обоймах. Диспергирование в РПА такого типа происходит за счет соударения свободно размещенных тел с вращающимися и неподвижными элементами, а также путем раздавливания и истирания материала в местах контакта роликов с вращающимися и неподвижными обоймами.

Для исключения предварительного измельчения порошкообразных антибиотиков и других веществ, содержащих частицы повышенной прочности, следует применить аппараты роликового типа (рис. 68).



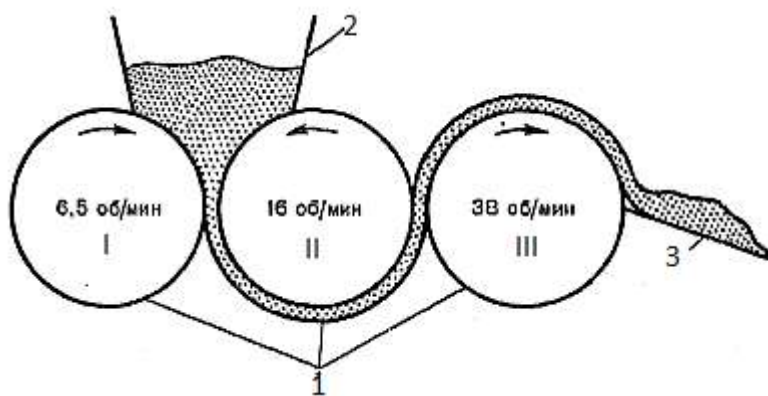
**Рис. 68.** РПА роликового типа: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – обойма с перфорацией; 4 – крышка; 5 – неподвижная перфорированная обойма; 6 – сепаратор; 7 – ролики; 8 – радиальные лопасти; 9 – упругая втулка

Таким образом, применение РПА в химико-фармацевтической промышленности дает возможность получения высококачественной продукции, повышения производительности труда, сокращения непроизводительных расходов и т.д.

### **Прочее оборудование для гомогенизации**

Для гомогенизации суспензий, эмульсий, мазей и линиментов кроме гомогенизаторов, миксеров, смесителей используют валковые или дисковые мазетерки, жерновые и коллоидные мельницы, мешалки различного типа.

**Валковые мазетерки** имеют два или три вала с гладкой поверхностью, вращающиеся навстречу друг другу с разной скоростью, обеспечивая переход мази с вала на вал и увеличивая трение между ними. Валки изготавливаются из фарфора, базальта или металла. Для поддержания оптимальной температуры мази, поступающей на валки, их делают полыми, чтобы при необходимости можно было подавать внутрь воду.



**Рис. 69.** Трехвалцовая мазетерка: 1 – валки; 2 – бункер; 3 – направляющий желоб

На рис. 69 показана трехвалцовая мазетерка. Она представляет собой систему из трех соприкасающихся между собой валков, оси которых лежат в одной плоскости. Два крайних валка прижимаются к среднему пружинами. Зазор между средним и крайними валками регулируется. Мази и пасты растираются в зоне контакта валков. Растертая мазь соскабливается с вала скребком, укрепленным на корпусе мазетерки. Твердые частицы раздавливаются или дробятся в щелях между валками I и II. Затем размалывающее действие усиливается перетирающим действием валков II и III вследствие большей скорости вращения и дополнительными колебательными движениями III вала вдоль своей оси.

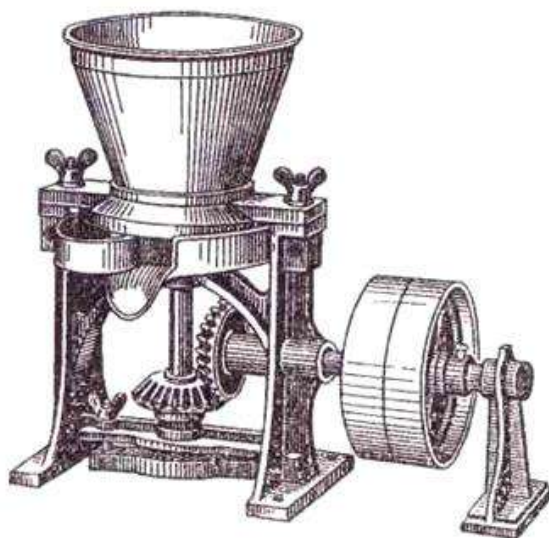
Очень важно, чтобы валки стояли на соответствующем расстоянии друг от друга и просветы между валками I и II, а также между валками II и III были в правильном соотношении. Для изменения величины зазоров подшипники валков I и III перемещаются помощью регулирующих винтов. Мазетерка имеет предохранительное устройство, которое автоматически останавливает процесс



при попадании посторонних предметов в зазоры между валками. Производительность трехвальцовой мазетерки составляет около 50 кг мази в час.

Более производительными в сравнении с мазетеркой являются мельницы. По принципу действия их можно разделить на жерновые и коллоидные. Коллоидные в свою очередь делятся:

- на роторно-бильную;
- виброкавитационную;
- фрикционную;
- ударного типа;
- конусную.

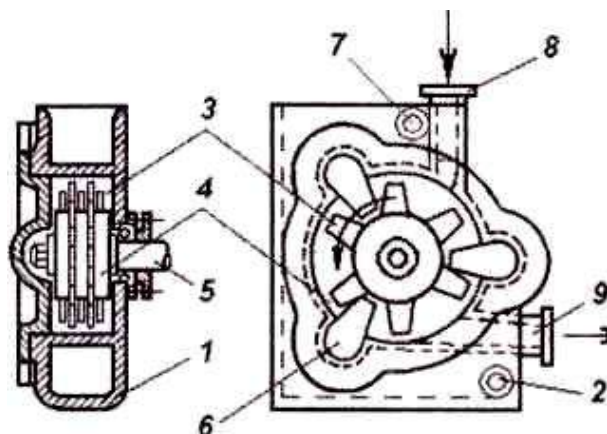


**Рис. 70.** Жерновая мельница для гомогенизации мазей

Жерновая мельница (рис. 70) представляет собой два жернова. Верхний отлит вместе с загрузочной воронкой и является неподвижным, а нижний жернов вращается в горизонтальном направлении. Мазь гомогенизируется в просвете между жерновами и выдавливается к краям, где собирается в приемник при помощи скребка. Степень дисперсности определяется гомогенизированием между жерновами. Производительность мельницы составляет 60 – 80 кг/ч.

Для приготовления эмульсий и суспензий, содержащих нерастворимые твердые вещества, применяются коллоидные мельницы разных конструкций. В современных коллоидных мельницах размалывание происходит в жидкой среде при помощи удара или растирания. В зависимости от свойств твердого измельчаемого материала соотношение твердой и жидкой фаз колеблется в пределах от 1:2 до 1:6. Коллоидное измельчение является сложным и малоизученным процессом.

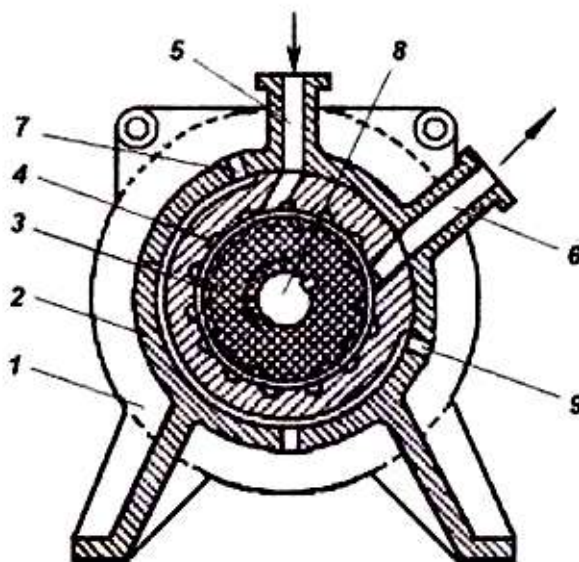
При работе роторно-бильной коллоидной мельницы (рис. 71) диспергируемая смесь подвергается многократному ударению и истиранию между билами, закрепленными на вращающемся роторе, и контрударниками, закрепленными на корпусе-статоре. Ряды бил ротора расположены между рядами контрударников корпуса. При этом образуется тонкая суспензия или эмульсия.



**Рис. 71.** Роторно-бильная коллоидная мельница: 1 – корпус; 2, 7, 8, 9 – штуцера; 3 – била ротора; 4 – ротор; 5 – вал; 6 – контрударники

Суспензия, подлежащая измельчению, подается через штуцер **8** в корпус **1**, где проходит между билами **3**, которые укреплены на роторе **4**, вращающемся на валу **5**, и контрударниками **6**, закрепленными неподвижно в корпусе. Измельченный материал выходит из штуцера **9**. Если степень измельчения недостаточна, суспензия пропускается через мельницу вторично. Корпус измельчителя можно охлаждать. Для этого жидкость поступает через штуцер **2** и выводится через штуцер **7**. Вследствие высокой скорости движения бил и частиц смеси, их столкновения с контрударниками в мельнице

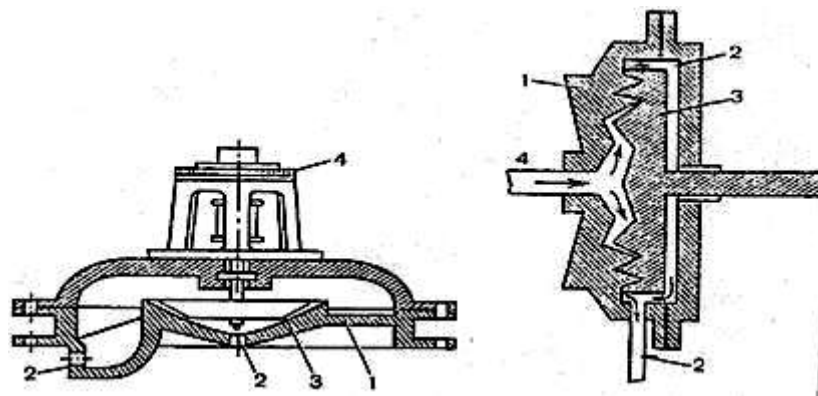
развивается значительный кавитационный эффект. Поэтому такие мельницы иногда называют кавитационными измельчителями. Производительность такой мельницы с диаметром ротора 200 или 800 мм и скоростью вращения от 3000 до 12000 об/мин составляет до 100 кг суспензии в час.



**Рис. 72.** Виброкавитационная коллоидная мельница: 1 – корпус; 2 – статор; 3 – ротор; 4 – продольные канавки; 5 – штуцер подачи продуктов; 6 – штуцер выхода продукта; 7,9 – штуцеры для входа и выхода хладагента соответственно; 8 – вал

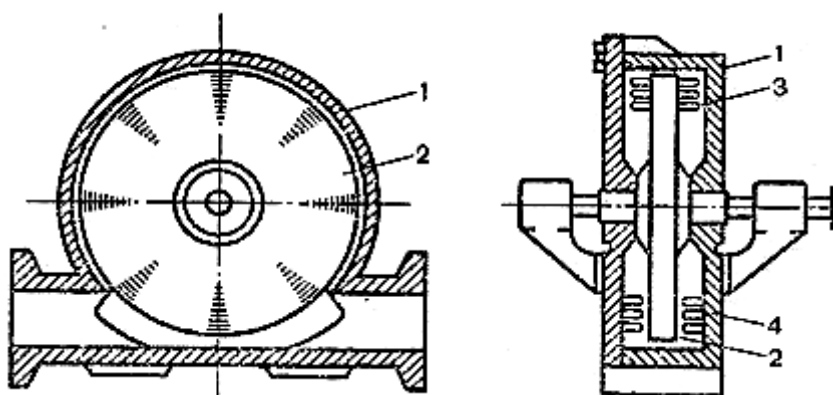
Виброкавитационная коллоидная мельница (рис. 72) работает по принципу кавитации. Измельчитель состоит из статора 2 и ротора 3, которые находятся в корпусе 1. На поверхности статора и ротора нанесены продольные канавки 4. Суспензия через штуцер 5 поступает в кольцевой зазор между неподвижным статором и вращающимся ротором и выходит через штуцер 6. При вращении ротора на валу 8 со скоростью 18000 об/мин частицы суспензии, двигаясь от канавок ротора к канавкам статора, совершают колебания большой частоты, близкие к ультразвуковым, и измельчаются до размера 1 мкм.

Мельницу можно охлаждать, для этого охлаждающую жидкость пропускают через штуцеры 7 и 9. Производительность виброкавитационной коллоидной мельницы с диаметром ротора 500 мм составляет от 500 до 700 кг суспензии в час.



**Рис. 73.** Фрикционная коллоидная мельница: 1 – основание с коническим гнездом; 2 – отверстие в гнезде; 3 – ротор; 4 – микрометрический винт

При работе фрикционной коллоидной мельницы (рис. 73) ротор вращается со скоростью до 20000 об/мин. Диспергируемая смесь засасывается в щель между ротором и статором-корпусом мельницы, размер которого регулируется микровинтом и составляет 0,025–0,05 мм. Смесь многократно прогоняется через щель до получения суспензии с очень небольшим размером частиц.

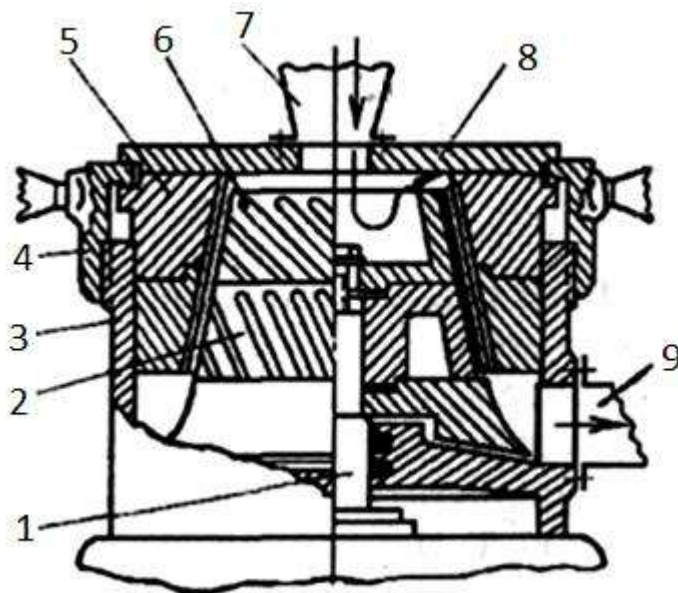


**Рис. 74.** Коллоидная мельница ударного типа: 1 – корпус-статор; 2 – диск-ротор; 3, 4 – пальцы

В коллоидную мельницу ударного типа (рис. 74) смесь подается между вращающимся диском и корпусом с насаженными на них пальцами. При вращении диска частицы дисперсной фазы подвергаются мощному гидравлическому воздействию, возникающему в результате бесчисленных ударов пальцев по жидкости, образуя тонкую суспензию или эмульсию.

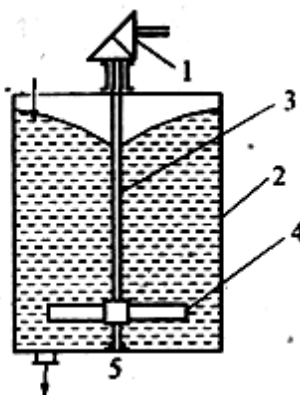
Конусная коллоидная мельница (рис. 75) имеет статор **5** и конусный ротор **2**, заключенные в корпус **3**. На поверхности ротора и статора имеются

наклонные канавки 6, которые направлены в противоположные стороны. Статор закреплен в корпусе при помощи гайки 4, которая также регулирует зазор между ротором и статором. Материал поступает в аппарат через воронку 7 в крышке 8. Он попадает в зазор между статором и ротором, измельчается и выводится через штуцер 9. Ротор вращается с окружной скоростью до 105 м/с.



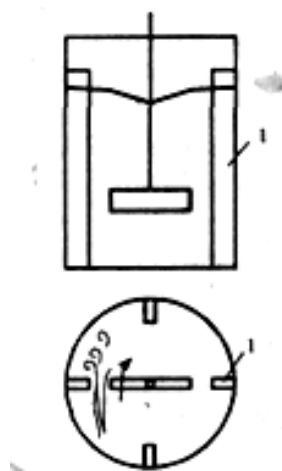
**Рис. 75.** Схема конусной коллоидной мельницы: 1 – вал; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – накидная гайка; 5 – статор; 6 – канавки; 7 – загрузочная воронка; 8 – крышка; 9 – выходной штуцер

Для механического диспергирования и гомогенизации суспензий, эмульсий и линиметов используется и простое смешение фаз. Для этих целей используют различные мешалки общего типа лопастные, планетарные, пропеллерные и др.



**Рис. 76.** Аппарат с лопастной мешалкой: 1 – привод; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – лопасть; 5 – подпятник

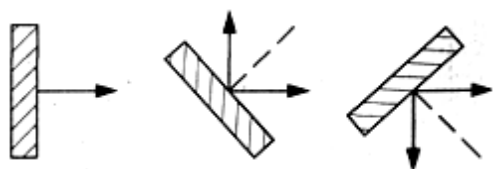
Лопастные мешалки используются для перемешивания жидкостей с небольшой плотностью. Она (рис. 76) состоит из двух плоских лопастей, укрепленных на валу перпендикулярно к нему. Вал вращается электродвигателем с помощью зубчатой или червячной передачи и совершает от 20 до 120 об/мин. В зависимости от высоты слоя перемешиваемой жидкости на валу устанавливают соответствующее количество рядов таких лопастей. Диаметр лопастей составляет 0,5 – 0,6 диаметра аппарата, а ширина лопастей – 0,12 – 0,22 их диаметра.



**Рис. 77.** Перемешивание жидкости в сосуде с перегородками: 1 – отражательная перегородка

Эффективность перемешивания увеличивается с интенсивностью числа оборотов и образованием вихревых потоков в жидкости, что приводит к углублению воронки на поверхности размешиваемой массы, последнее уменьшает рациональное использование всего объема аппарата. Вследствие этого необходимо находить оптимальное число оборотов мешалки для каждого варианта опытным путем. Чтобы создать вихревые потоки в жидкости устанавливаются отражательные перегородки (рис. 77).

Для перемешивания суспензий с твердыми частицами используют мешалки с наклонными к плоскости вращения лопастями (рис. 78), что способствует усилению вертикальных токов жидкости и поднятию частицы со дна аппарата.



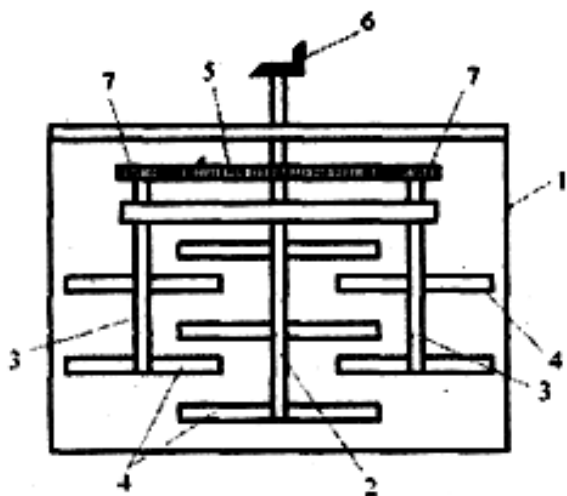
**Рис. 78.** Различный наклон лопастей



**Рис. 79.** Аппарат с рамной мешалкой

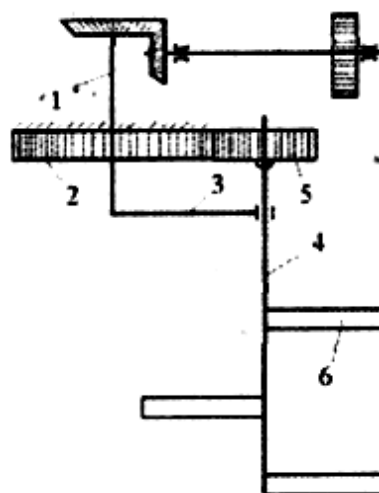
Стандартные лопастные мешалки имеют диаметр лопасти: 400, 500, 550, 700, 850, 950, 1000 и 1400 мм.

Эффективное перемешивание суспензий и вязких сред во всем объеме аппарата достигается использованием рамной мешалки (рис. 79), состоящей из вертикальных, горизонтальных и, иногда, наклонных лопастей.



**Рис. 80.** Схема планетарной мешалки с тремя валами:

1 – емкость; 2 – центральный вал; 3 – боковые валы; 4 – лопасти; 5 – центральное зубчатое колесо; 6 – редуктор; 7 – малые зубчатые колеса



**Рис. 81.** Схема планетарной мешалки с одним валом:

1 – вал; 2 – неподвижное зубчатое колесо; 3 – водило; 4 – вал; 5 – подвижное зубчатое колесо; 6 – лопасти

Планетарные мешалки применяются для перемешивания крайне густых жидкостей. В фармацевтическом производстве планетарные мешалки применяют при получении мазей, суспензий, эмульсий, которые легко образуются из их компонентов. Например, в производстве каучукового

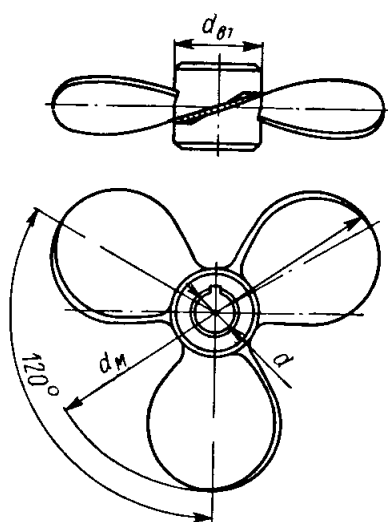


пластыря планетарной мешалкой перемешивают пасту антистарителя, цинковую основу и резиновый клей до однородного распределения компонентов в течение 6 ч.

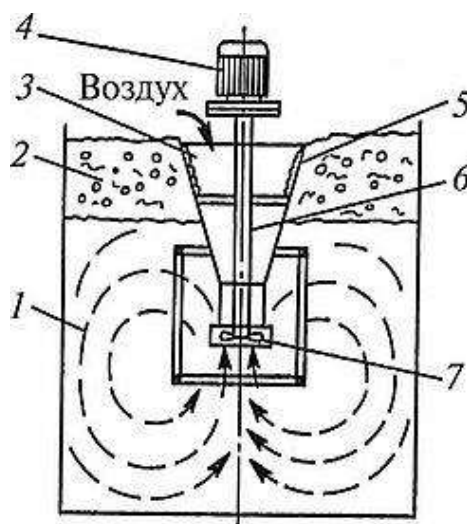
В ёмкость **1** помещается планетарная мешалка, имеющая центральный вал **2** и два боковых вала **3** с насаженными на них лопастями **4** (рис. 80). Центральный вал жестко соединен с центральным зубчатым колесом **5**, приводимым в движение через редуктор **6**. В зацепление с центральным зубчатым колесом входят два малых зубчатых колеса **7**, жестко соединенных со своими валами. При вращении центральной мешалки приходят во вращение вокруг своей оси и вокруг оси центрального вала боковые мешалки. Лопастей боковых мешалок в отличие от центральной мешалки находятся в других плоскостях.

Планетарная мешалка другой конструкции (рис. 81) имеет вал **1**, проходящий через неподвижное зубчатое колесо **2**. На валу **1** укреплено водило **3**, ведущее вал **4**, на котором закреплено зубчатое колесо **5**, входящее в зацепление с неподвижным зубчатым колесом **2**, и лопасти мешалки **6**. При вращении вала **1** водило **3** увлекает за собой вал **4** и зубчатое колесо **5**, которое катится по колесу **2**, заставляя при этом вращаться вокруг своей оси вал **4** и насаженные на нем лопасти **6**. Лопастей совершают сложное движение, вращаясь вокруг оси вала **4** и вместе с ней – вокруг вала **1**. Каждая точка лопасти описывает при этом сложную кривую, форма которой зависит от положения точек на лопасти и непрерывно меняется. Благодаря непрерывному изменению скорости и направления движения частичек перемешиваемых материалов происходит эффективное и равномерное распределение их во всем объеме.

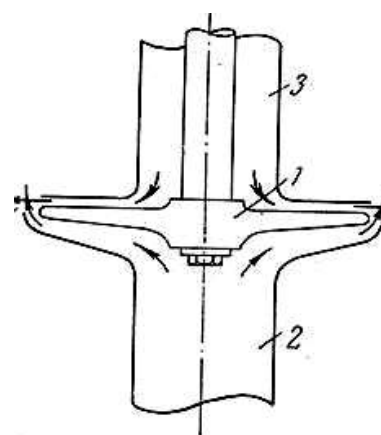
Пропеллерные мешалки (рис. 82, 83) создают круговое и осевое движение жидкости со скоростью 160–1800 об/мин и применяются для маловязких систем. В процессе перемешивания часто используют вакуум для удаления пузырьков воздуха, которые понижают устойчивость системы.



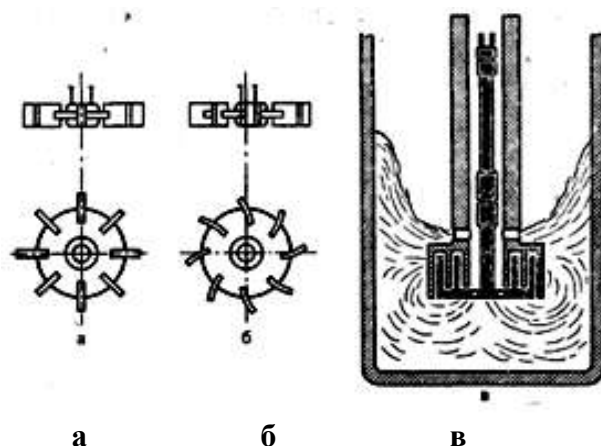
**Рис. 82.** Пропеллерная мешалка



**Рис. 83.** Пропеллерная мешалка с диффузором



**Рис. 84.** Турбинный распылитель: 1 – турбина; 2 – труба для подачи дисперсной фазы, 3 – труба для подачи дисперсионной среды

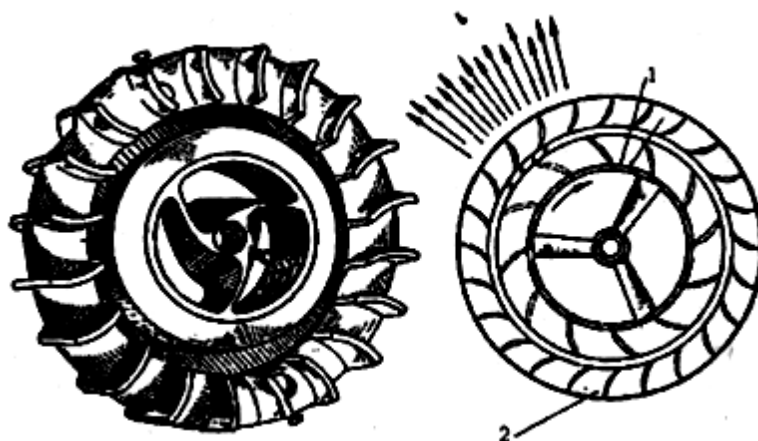


**Рис. 85.** Схема турбинных мешалок: а, б – открытого; в – закрытого типа

Более мелкодиспергированные и стойкие эмульсии, суспензии и линименты можно получить с помощью турбинной мешалки, создающей турбулентное движение жидкости. В турбинном распылителе (рис. 84) дисперсная фаза подается по трубе 2 снизу, а дисперсионная среда 3 сверху. При вращении турбины 1 обе дисперсные фазы с большой скоростью вылетают, распыляясь, через сопла (см. за стрелками) в перпендикулярных направлениях и у выхода из сопла в точке скрещения стрелок смешиваются, образуя эмульсию.

В других конструкциях турбинных смесителей турбина вращается в непрерывной фазе и подает в неё другую фазу, распыленную до степени тумана.

Мешалки открытого типа представляют собой турбинки (рис. 85, а, б) с прямыми, наклонными под разными углами или криволинейными лопастями.



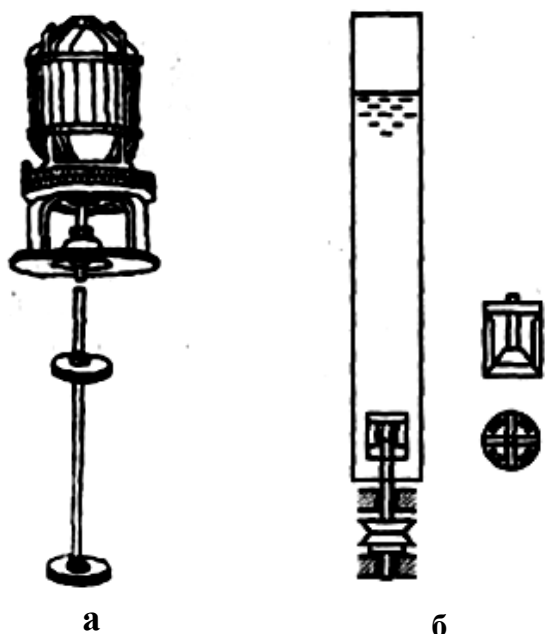
**Рис. 86.** Турбинные мешалки закрытого типа: 1 – турбинка; 2 – направляющий аппарат (статор)

Мешалки закрытого типа – это турбинки, установленные внутри неподвижного кольца с лопастями, изогнутыми под углом  $45\text{--}90^\circ$  (рис. 85, в, 86). Жидкость входит в мешалку в основании турбинки, где расположены круглые отверстия, и под действием центробежной силы выбрасывается из нее через прорезы между лопастями кольца, интенсивно перемешиваясь во всем объеме реактора. Скорость вращения турбинки составляет 1000–7000 об/мин.

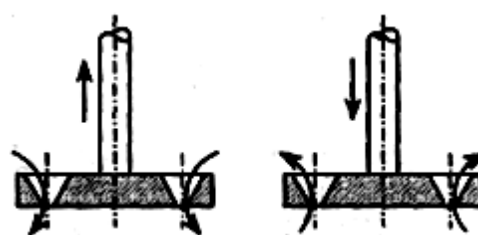
Кроме мешалок общего типа, в некоторых случаях применяются различные конструкции специальных мешалок, например дисковые и барабанные.

Дисковые мешалки состоят из двух дисков, укрепленных на небольшом расстоянии друг от друга на вертикальном валу, которые вращаются с большой скоростью в направляющих цилиндрах (рис. 87, а). Каждый из дисков снабжен отверстиями специальной формы и представляет собой сплошной плоский или сужающийся к периферии диск, диаметр которого составляет 10 – 15 % от диаметра аппарата. Для того чтобы устранить вращение жидкости, на крышке сосуда, в котором ведут перемешивание, прикреплены три вертикальные

перегородки. При вращении дисков слои жидкости, находящиеся под нижним диском, поднимаются с большой скоростью по оси нижнего направляющего цилиндра, а слои жидкости, находящиеся выше верхнего диска, опускаются вниз по оси верхнего направляющего цилиндра. Столкновение потоков вызывает завихрения во всем объеме жидкости, что соответствует интенсивному перемешиванию. Окружная скорость очень велика – 5 – 35 м/с.



**Рис. 87.** Мешалки: а – дисковая; б – барабанная



**Рис. 88.** Схема дисков вибрационных мешалок

Барабанную мешалку (рис. 87, б) применяют для получения эмульсий и суспензий с твердыми частицами, имеющими большой удельный вес. Она представляет собой барабан типа «белчьего колеса». Такие мешалки создают интенсивное перемешивание жидкостей при соблюдении следующих соотношений: диаметра барабана к диаметру сосуда от 1:4 до 1:6, диаметра барабана к высоте 2:3. Для приготовления эмульсий и суспензий высоту заполнения сосуда принимают десятикратной диаметру барабана.

Вибрационные мешалки имеют вал с закрепленными на нем одним или несколькими перфорированными дисками (рис. 88). Диски совершают возвратно-поступательное движение, при котором достигается интенсивное перемешивание содержимого аппарата. Энергия, потребляемая на процессы гомогенизации и диспергирования, значительно сокращается, поверхность

жидкости остается спокойной, воронки не образуется. Вибрационные мешалки изготавливаются диаметром до 300 мм и применяются в аппаратах емкостью не более 3 м<sup>3</sup>.

### **Смесители**

В качестве дополнительного оборудования при гомогенизации часто используют смесители.

*Смешивание* – это процесс, при котором после тщательного перемешивания нескольких отдельно находящихся порошкообразных компонентов образуется однородная смесь. Эта операция производится с целью равномерности распределения действующего вещества в массе. С помощью смесителя сыпучих продуктов готовятся разнообразные высокооднородные многокомпонентные пищевые и непищевые сыпучие смеси, производство которых требует соблюдения жестких правил к однородности компонентов при смешивании. Смесители сыпучих продуктов незаменимы при приготовлении гомогенных смесей из порошкообразных компонентов или твердых сыпучих, исходя из принципа мягкой обработки, не приносящего разрушающего воздействия. Благодаря использованию таких аппаратов, время на смешивание компонентов значительно уменьшается, и появляется возможность получить высокое качество смешивания. Степень и скорость смешивания зависят от следующих факторов:

- 1) физико-химических и технологических свойств отдельных компонентов (размеры, форма частиц, характеристика поверхности, насыпная плотность и плотность частиц, содержание влаги и др.);
- 2) характеристики смешивающих устройств (размеры, геометрия смесителя, конструкционные материалы и степень их чистоты);
- 3) условий операции смешивания (отношение объемов смеси и смесителя, метод смешивания, последовательность и скорость добавления компонентов, скорость смешивания).

Для перемешивания сухих, сыпучих, не склонных к агрегатобразованию порошкообразных материалов, российскими и зарубежными фирмами выпускаются смесители различных типов.

Общий вид смесителей сыпучих продуктов – емкость различной формы, которая крепится на вращающемся валу с добавлением мотор-редуктора, установленного на раме. Каждый смеситель сыпучих продуктов имеет узел загрузки и выгрузки компонентов. Это может быть люк или шиберная задвижка. Безопасные условия эксплуатации обеспечивает откидная рама с защитным выключателем, расположенная по периметру. Ее поднятие останавливает вращение емкости.

В стандартной комплектации смесителей предусмотрен ряд функций и устройств, которые существенно позволяют упростить и ускорить технологический процесс, включающий смешивание компонентов, их загрузку и выгрузку, а применение программируемого логического контроллера полностью автоматизирует работу смесителя и позволяет использовать его в составе автоматических компьютеризированных линий.

Смесители изготавливаются из высоколегированных нержавеющей сталей с содержанием хрома, никеля, молибдена и титана которые не подвержены коррозии и выдерживают обработку дезинфицирующими средствами. В стандартном исполнении смесители изготавливаются из стали AISI 304. Смесители из сталей AISI 321 и 316L применяются для более агрессивных продуктов с повышенной кислотностью и при мойке щелочными растворами. Для придания внешнего вида изделию используются стали с зеркальной, матовой или шлифованной поверхностью.

Рассмотрим некоторые типы смесителей.

**Смесители наклонные** (рис. 89) особенно эффективны для перемешивания многокомпонентных смесей, в составе которых компоненты резко отличаются между собой физико-механическими свойствами: плотностью, размером и формой частиц, сыпучестью и т.д. Смесители данного

типа универсальны и могут применяться с равной эффективностью для многих продуктов.

Неоспоримым плюсом данного типа смесителей являются их сравнительно небольшие габаритные размеры, что позволяет эффективно использовать производственные площади, данный способ перемешивания не ведет к образованию «мертвых зон» и разогреву продукта, как в случае с пропеллерными, рамными и т.п. мешалками. Кроме того, плавное регулирование скорости при вращении смесителя позволяет оптимально выйти на эффективный режим перемешивания. Смеситель снабжен контроллером с жидкокристаллическим дисплеем, а система вакуумной загрузки позволяет загружать смеситель без пылеобразования. Комплект ёмкостей для загрузки и выгрузки продукта (мобильные емкости) позволяет осуществлять транспортировку сырья, предназначенного для смешивания в «чистую» зону, а также перевозку уже готового продукта для последующей фасовки. Устройство



**Рис. 89.** Смеситель наклонный



**Рис. 90.** Смеситель барабанный

ускоренной перегрузки продукта снижает время загрузки/выгрузки продукта. Система мойки состоит из моющих головок и воронки для слива промывных жидкостей. Передвижная эстакада предназначена для обслуживания смесителя через верхние люки, а защитные ограждения настроены на автоматическую



экстренную остановку смесителя в случае поднятия ограждения с последующей возможностью продолжить прерванный процесс.

Технические характеристики смесителей наклонных приведены в табл. 31, прил.

**Смесители барабанные** (рис. 90) предназначены для перемешивания сыпучих, не склонных к агрегатобразованию, порошкообразных материалов. Перемешивание осуществляется за счет действия силы тяжести, возникающей при неоднократном пересыпании в объеме цилиндрической емкости, которая постоянно вращается.

В основу конструкции смесителей данного типа положен классический принцип смешения «пьяная бочка». В процессе перемешивания происходит активное взаимодействие частиц продукта друг с другом, что является положительным фактором, сказывающимся на качестве и скорости перемешивания продуктов с аморфной формой.

Технические характеристики смесителей барабанных приведены в табл. 32, прил.

Компания «IMIXING» занимается разработкой, производством и продажей барабанных смесителей (рис. 91). Данные устройства различаются по своей конструкции и модификации.



**Рис. 91.** Барабанные смесители компании «IMIXING»

**Смесители «пьяная бочка».** Компания «IMIXING» реализует смесители «пьяная бочка» двух видов: со стационарной и сменной тарой (рис. 92). Они

имеют широкую линейку всевозможных модификаций и конструкций, применяются в химической и пищевой, косметической и фармацевтической отраслях промышленности.



**Рис. 92.** Смесители «пьяная бочка»

Так, данный аппарат в фармакологии необходим для получения гранулированной либо однородной порошковой массы, составленной из нескольких компонентов. Его применение позволяет высококачественно смешать компоненты за короткий промежуток времени. Смеситель «пьяная бочка» отлично смешивает жидкости и незаменим в приготовлении твердых, порошкообразных, сыпучих компонентов гомогенных смесей с помощью мягкой обработки.

Он представляет собой цилиндрическую емкость, установленную на раме, имеющую привод вращения, усиленный мотором-редуктором. Вращающийся вал прикреплен к поверхности бочки. Стационарная емкость снабжена герметичным люком или шиберной задвижкой, для загрузки компонентов и выгрузки готового продукта.

Существуют смесители типа «пьяная бочка», у которых емкость цилиндрическая. Она крепится под углом и помещается внутрь держателя, устроенного по принципу «беличьего колеса». Держатель емкости вращается при помощи специальных роликов на валу, который прикреплен к мотору-редуктору.

Весь периметр смесителя типа «пьяная бочка» оснащен защитной рамкой, необходимой для обеспечения безопасности, и имеет систему доводки для установки емкости под нужным углом.

**Смеситель «Турбомикс»** (рис. 93) предназначен для перемешивания как сыпучих порошкообразных материалов, так и жидких продуктов. Малый объем смесителя позволяет использовать его в лабораторных целях.



**Рис. 93.** Смеситель «Турбомикс»



**Рис. 94.** Конусный смеситель

Технические характеристики смесителя «Турбомикс» представлены в табл. 33, прил.

**Смеситель конусный** (рис. 94) представляет собой однослойную емкость конической формы, также установленную на раме и снабженную двойным шнековым устройством специального типа с мотор-редуктором. Вертикальный шнек опирается на опорный подшипниковый узел. Шнековая мешалка состоит из разнонаправленных малого внутреннего шнека и большого наружного шнека, имеющего вид конуса. Конусный смеситель снабжен герметичными узлами загрузки и выгрузки компонентов (люк, шиберная задвижка). При необходимости, возможна установка аспирационного, либо другого воздушного фильтра. Для удобства обслуживания и эксплуатации конусные смесители большого объема снабжаются отдельным люком, расположенным в нижней трети емкости и виброгенератором. Емкость и шнек конусного смесителя изготавливается из пищевой нержавеющей стали. Применение вертикального конусного смесителя позволяет значительно сократить время перемешивания компонентов.

Биконусный (биконический) смеситель (рис. 95) представляет собой однослойную емкость в виде двух соединенных между собой конусов. Работа

биконусного смесителя периодического действия заключается в перемешивании загруженного сырья за счет вращения двухконусной емкости и перемешивания за счет действия силы тяжести. Технические характеристики биконусного смесителя приведены в табл. 34, прил.



**Рис. 95.** Биконусный смеситель



**Рис. 96.** Смеситель V-образный

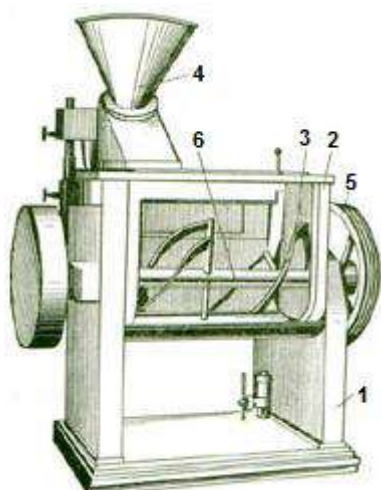
**Смесители V-образные.** Особенно эффективны V-образные смесители (рис. 96) для перемешивания многокомпонентных смесей, в составе которых компоненты резко отличаются между собой физико-механическими свойствами: плотностью, размером и формой частиц, сыпучестью и т.д. При вращении смесителя отдельные порции перемешиваемого материала в мягких условиях движения перемещаются по сложным взаимопересекающимся траекториям и по мере пересыпания под действием сил тяжести перемешиваются между собой. Такое перемешивание сводит к минимуму негативное действие центробежных сил. В смесителе используется многократное разделение массы перемешиваемого материала на два равных объема с последующим соединением. Таким образом реализуется как бы «аптекарский» способ перемешивания, что не ведет к разогреву продукта, как в случае с пропеллерными, рамными и т.п. мешалками.

Технические характеристики V-образного смесителя производства компании АРТЛАЙФТЕХНО приведены в табл. 35, прил.

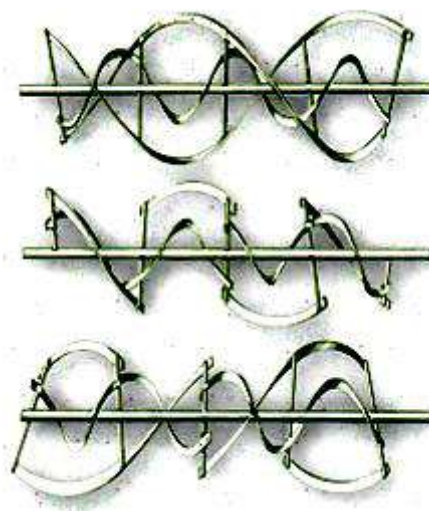
Подобные смесители (серия MX-V) выпускаются и швейцарской компанией «PHARMA APPARATE HANDEL AG», которые используются для смешивания сухих порошков или гранул. Загрузочная способность установки составляет приблизительно 50 % общего объема, эффективность смешивания – до 70 – 90 % в зависимости от свойств материала. Скорость вращения установки достаточно высокая, поэтому цикл процесса занимает 5 – 10 минут.

Технические характеристики V-образных миксеров серии MX-V приведены в табл. 36, прил.

**Ленточные смесители** могут применяться в различных отраслях промышленности для получения смеси с высокой гомогенностью. Процесс смешивания в ленточных смесителях характеризуется двумя основными параметрами: однородность смеси, время смешивания, требуемое для достижения необходимой однородности.



**Рис. 97.** Схема устройства ленточного смесителя: 1 – станина; 2 – корыто; 3 – винтообразные ленты; 4 – загрузочное устройство; 5 – привод; 6 – горизонтальный вал



**Рис. 98.** Типы рабочих органов ленточного смесителя

В качестве рабочего органа ленточного смесителя (рис. 97, 98) используется вал с навитой лентой. Лента накручена на вал таким образом, что продукт подается на рабочий орган со сдвигом и небольшими слоями. Именно на ленточных спиралях осуществляется тонкое смешивание исходных



продуктов, и смесь затем проталкивается к выходному устройству. Процесс непрерывного перемешивания обеспечивают лопасти вала, которые не только участвуют в перемешивании смеси, но и продвигают перемешанные слои вдоль ленточного вала. Если данный смеситель применяется для перемешивания продуктов с добавлением жидкостных фракций, то в барабане устройства дополнительно устанавливаются скребки, чтобы не допустить налипания частиц смеси на его стенки. Перемешивание исходных продуктов в барабане происходит по всему его объему. Длительность смешивания зависит от размера фракций и скорости вращения ленточного вала. Внутренний вид ленточных смесителей представлен на рис. 99.

В рабочем органе создается вихревое движение разнообразной направленности, позволяющее за один цикл перемешивать компоненты смеси в замкнутом корпусе более 10 раз. Кроме этого, на ленточном смесителе устанавливаются клапаны для продувки и откачки воздуха во время перемешивания, устройства для подачи жидких компонентов смеси и люки для осмотра и чистки рабочих поверхностей.

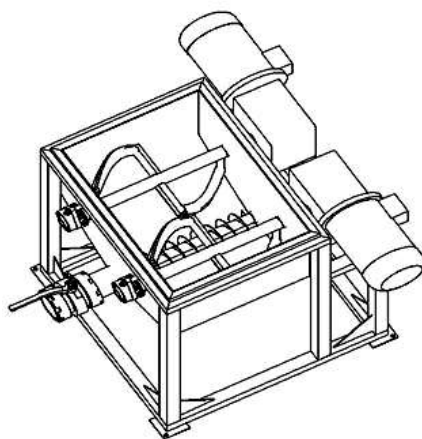


**Рис. 99.** Внутренний вид ленточных смесителей

Фирма Агромаш выпускает ленточные смесители СЛ и ВСЛ, технические характеристики смесителей СЛ представлены в табл. 37, прил.

*Двухроторный смеситель* используют для получения мазей, кремов, линиментов, суппозиторной массы, а также для смешения твердых веществ различного типа.

Двухроторные смесители (рис. 100) выпускаются компанией IMIXING (г. Москва). Они состоят из корпуса, установленного на станине, внутри которого расположены два горизонтальных вала с фигурными лопастями, развернутыми относительно осей валов на  $60^\circ$ . Такое расположение, а также наличие в лопастях цилиндрических отверстий создают условия для эффективного получения однородной массы из смешиваемых компонентов. Лопasti смесителя могут быть различной конфигурации (рис. 100, 101).



**Рис. 100.** Внутренний и внешний вид двухроторного смесителя

Валы вращаются в опорах и приводятся в движение от электродвигателя через ременную передачу и специальный редуктор. Конструкцией смесителя предусмотрено встречное движение массы вдоль стенок корпуса. При этом



лопасти разделяют смешиваемую массу на слои и передают их в соседние зоны. Полученная однородная масса выгружается через патрубок, который во время смешивания закрыт.

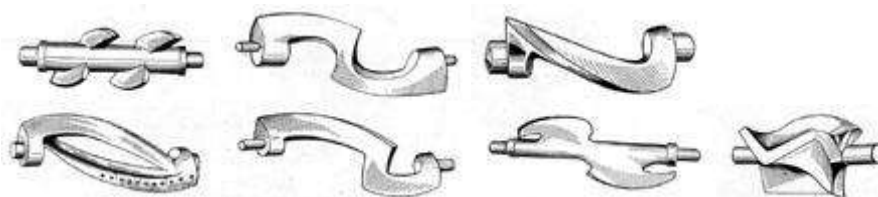


Рис. 101. Конфигурация лопастей смесителя

Двухроторный смеситель снабжен тензодатчиками для контроля веса. Для охлаждения или подогрева рецептурной смеси гомогенизатор может быть снабжен рубашкой. В качестве теплоносителя/хладоагента используется вода, пар или парафиновое масло.

Технические характеристики двухроторного смесителя УСР приведены в табл. 38, прил.

*Смеситель с Z-образными лопастями* относится к двухроторным смесителям и предназначен для интенсивного перемешивания масс с малой, средней или высокой вязкостью.

На рис. 102 изображен один из вариантов схемы такого смесителя.

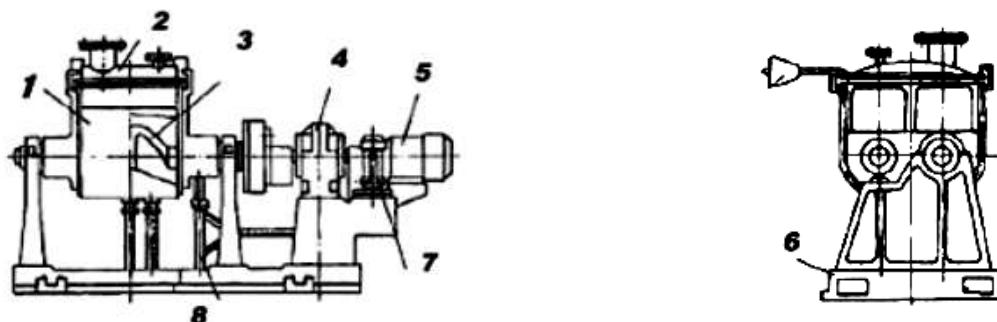
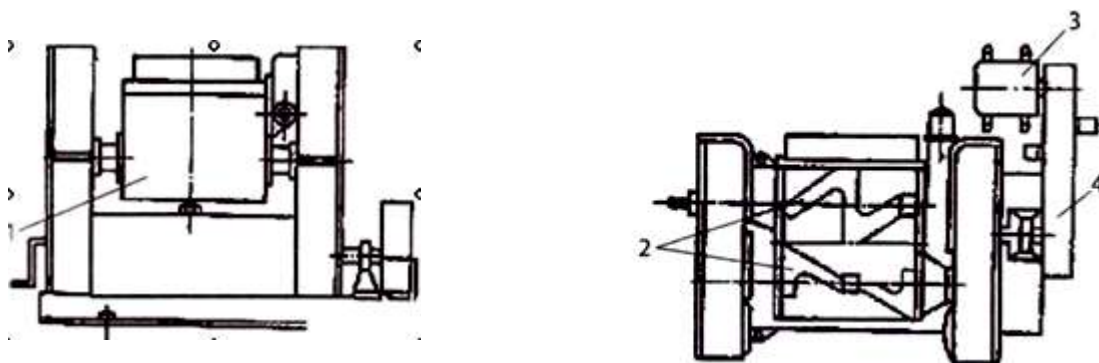


Рис. 102. Схема смесителя Z типа

Смеситель Z типа состоит из следующих основных узлов: корпуса 1 корытообразной формы с рубашкой для нагрева или охлаждения смеси; двух роторов с Z-образными лопастями 3; крышки 2, на которой вварены технологические штуцера; привода роторов, состоящего из электродвигателя 5 и редуктора 4, станины 6; насосной станции 7, обеспечивающей подачу смазки

в подшипниковые узлы роторов; механизма 8 опрокидывания корпуса. Роторы вращаются навстречу друг другу с различной частотой. Одни из них приводятся во вращение от электродвигателя 5 через редуктор 4 (в некоторых типоразмерах смесителей Z – от мотор-редуктора через цепную передачу), а другой – через передачу от первого. Смешиваемые компоненты загружаются в смеситель при открытой крышке или через штуцер в крышке корпуса. Для выгрузки готовой смеси корпус опрокидывается через ось одного из роторов с помощью червячного, винтового или гидравлического механизма (в зависимости от типоразмера смесителя). Крышка прикреплена к корпусу шарнирно и уравновешена противовесом.

**Червячно-лопастные смесители** часто применяются в отечественной промышленности (рис. 103). В таких смесителях можно смешивать сухие сыпучие материалы и увлажненные порошки.



**Рис. 103.** Червячно-лопастные смесители: 1 – корытообразный корпус; 2 – Z-образные роторы; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор

Материалы, подлежащие смешиванию, загружают в корыто смесителя через крышку, которая имеет вынесенные в стороны грузы-противовесы, облегчающие ее подъем, а выгружают при опрокидывании корыта. Для охлаждения или нагрева обрабатываемого материала корыто смесителя снабжено рубашкой.

В смесителях таких типов осуществляется смешивание исходных материалов, биологически-активных веществ и добавок. Данная операция может быть востребована после хранения и транспортировки исходных

компонентов, перед взвешиванием, а также между грануляцией и таблетированием.

**Контейнерные смесители** обеспечивают улучшенную функциональность в производственном процессе, поскольку они являются не только емкостями для смешивания, но и выполняют дополнительные функции (например, транспортировка и хранение). Компания «GLATT INGENIEURTECHNIK GMBH» (Германия) (рис. 104) предлагает бочковые и контейнерные смесители различных размеров (10 – 3000 л).



**Рис. 104.** Контейнерный смеситель Glatt



Исходное/базовое положение



Положение смешивания



Положение очистки/обслуживания

**Рис. 105.** Контейнерный смеситель компании «MIXACO»

Смесители Glatt обеспечивают аккуратное и равномерное перемешивание сырья и сухих гранулятов. Благодаря наклону прямоугольного контейнера смесителя на 30 градусов, а также использованию двух осей вращения цилиндрического смесителя достигается высокое качество перемешивания

материала. Никакое дополнительное перемешивание при этом не потребуется, что снижает вероятность загрязнения продукта. Загрузка смесителя производится с тележки, оборудованной подъемником.

Другая немецкая фирма «MIXACO» также предлагает контейнерные смесители с полезным объемом смешивания от 4 до 1600 литров (рис. 105).

Он состоит из мобильного контейнера и собственно смесителя. При этом контейнер выполняет несколько функций от загрузки смешиваемых ингредиентов до выгрузки готовых смесей, так как служит в качестве транспортной тары до и после смешивания, в качестве смесительной камеры, а также в качестве емкости для хранения смесей и их перемещения для последующей обработки.

Контейнер (он же смесительная камера) заполняется ингредиентами, подсоединяется к смесительной головке и разворачивается на 180° в положение смешивания. По окончании процесса смешивания смесительная головка возвращает контейнер в исходное положение, его отсоединяют, а готовую смесь транспортируют прямо в контейнере для последующей обработки. При этом смесь не нужно выгружать в специальную тару, что позволяет экономить время. Готовая смесь выгружается при помощи специальной беспылевой разгрузочной системы компании «MIXACO». Контейнерный смеситель, установленный в положение очистки, можно быстро и полностью очистить, тем самым подготовив его к последующей работе.

## Вопросы для самоподготовки

1. Что такое гомогенизация?
2. Что такое диспергаторы?
3. Из чего состоит гомогенизирующий узел?
4. Чем отличаются погружные диспергаторы от проточных?
5. В чем преимущество погружного гомогенизатора от проточного?
6. Каких типов бывают диспергирующие элементы?
7. В зависимости от числа гомогенизирующих головок какие бывают гомогенизаторы?
8. В каких случаях используют гомогенизаторы с рубашкой?
9. Для каких целей применяют вакуумные миксеры-гомогенизаторы?
10. Назовите типы вакуумных миксерных систем.
11. Что такое кавитация?
12. Что такое микромизация?
13. Для каких целей используется гомогенизатор серии ИКА НРН?
14. Для каких целей применяют насосы-гомогенизаторы?
15. Для каких целей применяют насосы-гомогенизаторы высоконапорные клапанные с плунжером серии НГД-ВК?
16. В каких случаях применяют роторно-пульсационные аппараты (РПА)?
17. Какие принципы работы сочетают в себе РПА?
18. В чем преимущества РПА перед другими машинами в производстве суспензионных мазей?
19. Способы диспергирования мазей-эмульсий.
20. Какие типы смесителей используются для получения однородных смесей из порошкообразных компонентов?
21. Принцип работы смесителя «пьяная бочка»?
22. В чем преимущество контейнерных смесителей?
23. Чем оснащается гомогенизатор для предотвращения «пригара» реакционной массы?
24. Как осуществляют выгрузку из гомогенизатора?

25. Выберите гомогенизаторы для жидких сред.
26. Выберите гомогенизаторы для пастообразных продуктов.
27. Выберите гомогенизаторы для получения эмульсий и суспензий.
28. Опишите принцип работы вакуумной установки серии ВГА-ГД.
29. В чем преимущество гомогенизаторов высокого давления?
30. Принцип работы поточных установок деспергирования.
31. Принцип работы виброкавитационной коллоидной мельницы.
32. Принцип работы фрикционной коллоидной мельницы.
33. Перечислите типы мешалок, используемых при гомогенизации.
34. Дайте определение процессу смешения.
35. Перечислите типы существующих смесителей.

## Библиографический список

1. Меньшутина, Н.В. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства /Н.В. Меньшутина, Ю.В. Мишина, С.В. Алвес С.В. Т.1. М.: Издательство БИНОМ, 2016. 328 с.
2. Промышленная технология лекарств: учебник: 2 т. /В.И. Чуешков [и др.] Харьков: МКТ-Книга; Изд-во НФАУ, 2002. Т.1. 560 с., Т.2. 716 с.
3. Тютенков, О.Л. Специальное технологическое оборудование химико-фармацевтической промышленности /О.Л. Тютенков. М.: ЦБНТИ, Медпром, 1974. – 291 с.
4. <http://www.iltec-prom.ru>
5. <http://www.фармоборуд.рф>
6. <http://ruscochaggie.livejournal.com/707.html>
7. <http://forum.wikitech.ru/viewtopic.php?f=6&t=143>
8. [http://www.simas.ru/netcat\\_files/358/585/h\\_3e41d76c8bb7f7fde2d5c4ba590a2770](http://www.simas.ru/netcat_files/358/585/h_3e41d76c8bb7f7fde2d5c4ba590a2770)
9. <http://www.silverson.com>
10. <http://www.agro-mash.ru>
11. <http://www.ikaprocess.ru>
12. <http://www.epsci.ru/catalog://www.gemcom.org>
13. <http://normit.ru/katalog/product-catalog/>
14. <http://www.universalupak.com/gomogenizator.html>
15. <http://www.agrokom.ru/pishp/gomoline.html>
16. [http://www.zavprogress.ru/gomogen\\_obsh\\_161008.html](http://www.zavprogress.ru/gomogen_obsh_161008.html)
17. <http://prombiofit.com/ngd.html>
18. <http://www.prombio.com/prigotovlenie-produktov/gomogenizatory-ngd>
19. [http://pomol.ru/view\\_katalog.php?id=15](http://pomol.ru/view_katalog.php?id=15)
20. <http://www.pmserv.com/catalog>
21. <http://www.pmserv.com/catalog>
22. <http://avtomatpro.info/tovar/idv.php?id=780>



- 23.[http://www.packing-group.ru/catalog/equipment/section.php?SECTION\\_ID=155](http://www.packing-group.ru/catalog/equipment/section.php?SECTION_ID=155)
- 24.<http://www.sowergroup.ru/emulsifier/>
- 25.<http://npoagregat.ru/start/prod/prod/22-gomogenizatory-dispergatory-serii-yumix.html>
- 26.[http://vtcgroup.ru/products/?main\\_products\\_tree\\_id=11](http://vtcgroup.ru/products/?main_products_tree_id=11)
- 27.<http://www.alfainvestspb.ru/Bertoli.php>
- 28.[http://www.promspravka.com/catalog/D/K/29/5/53/1/12/110/1/gom\\_2606.html](http://www.promspravka.com/catalog/D/K/29/5/53/1/12/110/1/gom_2606.html)
- 29.[http://www.promspravka.com/catalog/D/K/29/5/53/1/12/110/1/gom\\_2606.html](http://www.promspravka.com/catalog/D/K/29/5/53/1/12/110/1/gom_2606.html)
- 30.<http://qtec-e.com/new/new7.html>
- 31.<http://localhost.talnah.su/?Gomogenizatory>
- 32.<http://infolab.ru/ika/hph.htm>
- 33.[http://msk.pulscen.ru/products/vakuumny\\_gomogenizator\\_pgzrj\\_6116336](http://msk.pulscen.ru/products/vakuumny_gomogenizator_pgzrj_6116336)
- 34.<http://newhomogenizer.test-sait.ru>
- 35.[http://www.imixing.ru/vakuumnoe\\_oborudovanie/vakuumnyi\\_mikser-gomogenizator](http://www.imixing.ru/vakuumnoe_oborudovanie/vakuumnyi_mikser-gomogenizator)
- 36.<http://www.apv-tapflo.kz/10/36.html>
- 37.<http://www.urlinski.com.pl/оборудование>
- 38.<http://www.oborud.info/product/?c=940>
- 39.<http://www.oborud.info/product/jump.php?11465&c=940>
- 40.<http://www.gea-pe.ru/gpru/cmsdoc.nsf/webdoc/webb8cdelp>
- 41.<http://www.pharmix.cz/ru/stainless-equipment/products-and-services/1016-homogenizatory/609-ru-homogenizatory-vertikalni-hv/>
- 42.<http://www.dgmrussia.ru/ru/catalog/29/44/>
- 43.<http://www.epsci.ru/catalog/575/>
- 44.<http://www.pmserv.com/catalog>
- 45.[http://www.ruprom.ru/c\\_billboard/18253340](http://www.ruprom.ru/c_billboard/18253340)
- 46.<http://www.simas.ru/products/medical/speceq/homogenize/a/>
- 47.<http://medbuy.ru/gomogenizator>
- 48.<http://www.znaytovar.ru/s/Gomogenizatory.html>

- 49.<http://www.agrokom.ru/pishp/gomoline.html>
- 50.<http://4gmp.de/ru/catalog/26/>
- 51.[http://www.ruprom.ru/c\\_billboard/18253340](http://www.ruprom.ru/c_billboard/18253340)
- 52.[http://www.alfainvestspb.ru/niro\\_soavi.php](http://www.alfainvestspb.ru/niro_soavi.php)
- 53.<http://www.znaytovar.ru/s/Gomogenizatory.html>
- 54.<http://www.mixaco.su/index.php/produktsiya/kontejnernyj-smesitel>
- 55. Арт Лайф Техно. Оборудование для фармацевтических производств.  
2017. [www.artlife-nechno.ru](http://www.artlife-nechno.ru).

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

### Технические характеристики многоступенчатого гомогенизатора

<i>Наименование параметров</i>	5,5	7,5	11	15
Подача номинальная, м <sup>3</sup> /ч	5 – 13			
Напор, м вод ст., не менее	140	180	200	
Количество ступеней, шт	15	17	19	
Максимальная потребляемая мощность, кВт	5,5	7,5	11	15
Рабочая температура, °С	до 120			
КПД насосной части, %,	50 - 65			
Число оборотов электродвигателя, об/мин	3000			

Таблица 2

### Технические характеристики гомогенизаторов РПГ

<i>Наименование параметров</i>	3	5,5	7,5	11	15	30
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	2 - 10		2 - 13,6	2 - 15	20	25
Давление на входе, кг/см <sup>2</sup>	0,05				0,1	
Мощность электродвигателя, кВт	3	5,5	7,5	11	15	30
Температура, °С: минимальная, максимальная	-15 115/350					
Уровень звука, дБ	65					
Кинематическая вязкость, не более, сСт	40000	48000	50000	53000	55000	60000
Вес, кг	32	40	45	50	70	90

Таблица 3

### Технические характеристики гомогенизаторов Р

Наименование параметров	Одноступенчатые, без рубашки					
	P-3	P-5,5	P-7,5	P-11	P-15	P-30
	Одноступенчатые с рубашкой					
	P-3P	P-5,5P	P-7,5P	P-11P	P-15P	P-30P
	Двухступенчатые, без рубашки					
	P-3-2	P-5,5-2	P-7,5-2	P-11-2	P-15-2	P-30-2
	Двухступенчатые с рубашкой					
	P-3-2P	P-5,5-2P	P-7,5-2P	P-11-2P	P-15-2P	P-30-2P
Четырехступенчатые						
-	-	-	P 11M	P 15M	P 30M	
Производительность, м³/ч	2 - 10		2 - 12	10 - 15		
Число оборотов двигателя	3000					
Давление на входе, кг/см²	0,05					
Мощность электродвигателя, кВт	3	5,5	7,5	11	15	30
Температура, °C (min – max)	-15 – 110					
Уровень звука, дБ	65					
Кинематическая вязкость, не более, сСт	200					
Вес, кг	42	70	85	109	130	157

Таблица 4

**Технические характеристики гомогенизаторов серии GYDROMEX**

<i>Наименование параметров</i>	5,5	7,5	11	15	22
Подача (по воде), м <sup>3</sup> /ч, не менее	7	10	13	20	26
Напор, м вод. ст., не менее	12				
Скорость вращения ротора, об/мин	3000				
Напряжение номинальное, В	380				
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	7,5	11	15	22
Масса, кг, не более	42	58	65	75	89
Материал проточной части	AISI 304				

Таблица 5

**Технические характеристики погружного гомогенизатора ПНГ**

Наименование параметров	ПНГ 120	ПНГ 140	ПНГ 160	ПНГ 180	ПНГ 200
Диаметр рабочей части, мм	120	140	160	180	200
Глубина погружения, мм	до 1200				
Температура рабочая, °С	-40...+160				
Число оборотов, об/мин	3000				
Мощность электродвигателя, кВт	3		5,5	7,5	
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	2	3	5	8	
Напряжение сети, В	380				

Таблица 6

**Технические данные вакуумных миксеров – гомогенизаторов**

Наименование параметров	Модель			
	ГМ-ГУРТ	МГ-УГМ	ВМГ-ГД	УМТИ-СИ
Вакуум	Возможность подключения к вакуумной линии	Возможность подключения к вакуумной линии	Вакуумный насос в комплекте	Вакуумный насос в комплекте
Перемешивание продукта	Мешалка скребковая	Мешалка скребковая	Мешалка скребковая	Мешалка скребковая
Гомогенизация	Гомогенизатор вертикального расположения с циркуляционным каналом	Гомогенизатор, встроенный в чашу (возможность использования различных насадок в зависимости от продукта)	Гомогенизатор горизонтального расположения с циркуляционным каналом и штуцерами для ввода компонентов	Встроенный ножевой узел
Нагрев и охлаждение	Теплообменная рубашка	Теплообменная рубашка, клапан острого пара	Теплообменная рубашка, клапан острого пара	Теплообменная рубашка, клапан острого пара
Загрузка продукта и ввод компонентов	Через люк	Через крышку или воронку (в процессе работы)	Через дополнительные входы гомогенизатора в общий поток продукта	Через крышку или воронку (в процессе работы)
Подъем крышки	Крышка закреплена на болтах, предусмотрено снятие имеющимся у пользователя механическим устройством	Вручную, откидывается назад, оснащена газонаполненными амортизаторами (мешалка остается в чаше)	Электромеханическим подъемником вертикально вверх одновременно с мешалкой	Крышка (вместе с мешалкой) автоматически откидывается назад при помощи пневмоцилиндра
Разгрузка продукта	Автоматически гомогенизатором	Вручную через разгрузочный патрубок (самотеком) с ручным наклоном чаши	Автоматически гомогенизатором	Автоматически через разгрузочный клапан с автоматическим поворотом чаши
Мойка	Ручная	Ручная	Моющая головка для подключения к системе мойки	Моющая головка для подключения к системе мойки
Степень автоматизации	Ручное управление и визуальный контроль техпроцесса	Ручное управление и визуальный контроль техпроцесса	Автоматическое управление технологическим процессом	Автоматическое управление технологическим процессом с возможностью программирования

Таблица 7

**Технические характеристики установки гомогенизирующей МГ ГУРТ**

Наименование параметров		МГ- ГУРТ- 60	МГ- ГУРТ- 160	МГ- ГУРТ- 360	МГ- ГУРТ- 560	МГ- ГУРТ- 800
Геометрический объем, л		80	200	450	700	1000
Рабочий объем, л		60	160	360	560	800
Частота вращения, об/мин	мешалки	18				
	ротора	3000				
Мощность привода, кВт	мешалки	0,37	0,55	1,8	2,2	3
	ротора	5		11		15
Температура нагрева продукта, °С		110				
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		—0,04...+0,1				
Параметры пара, подаваемого в рубашку	давление, МПа	0,3				
	температура, °С	140				
Расход, кг/ч		40	70	100	130	160

Таблица 8

### Технические характеристики гомогенизирующей установки УГ-ГУРТ

<i>Наименование параметров</i>		УГ- ГУРТ-60	УГ- ГУРТ- 160	УГ- ГУРТ- 360	УГ- ГУРТ-560	УГ- ГУРТ-800	УГ-ГУРТ- 3000	УГ-ГУРТ- 4000
Геометрический объем, л		80	200	450	700	1000	3300	4500
Рабочий объем (в зависимости от вязкости продукта), л		60	160	360	560	800	3000	4000
Частота вращения, об/мин	мешалки	18						
	ротора	3000						
Мощность привода, кВт	мешалки	0,37	0,55	1,8	2,2	3	5,5	5,5
	ротора	5	5	11	11	15	22	30
Температура нагрева продукта, °С		110						
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		-0,04...+0,1						
Размер твердых частиц после гомогенизации, не более, мкм		4						
Параметры пара, подаваемого в рубашку:	давление, МПа	0,3						
	температура, °С	140						
	расход, кг/ч	40	70	100	130	160	250	280



Таблица 9

**Технические характеристики вакуумного миксера-гомогенизатора типа МГ-УГМ**

Наименование параметров		МГ-УГМ-30	МГ-УГМ-60	МГ-УГМ-100	МГ-УГМ-150	МГ-УГМ-200	МГ-УГМ-300
Геометрический объем, л		30	60	100	150	200	300
Рабочий объем (в зависимости от вязкости продукта), л		20-25	40-54	60-80	110-135	155-185	210-270
Частота вращения, об/мин	мешалки	35					
	ротора	3000					
Мощность привода, кВт	мешалки	0,37	0,37	0,55	1,1	1,5	1,5
	ротора	5,5	5,5	7,5	11	15	15
Температура нагрева продукта, °С		110					
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		-0,04 - +0,1					
Размер твердых частиц после гомогенизации, не более, мкм		4					
Параметры пара, подаваемого в рубашку	давление, МПа	0,3					
	температура, °С	140					
	расход, кг/ч	20	40	50	60	70	90
Мощность ТЭНов (для моделей с электронагревом, теплоноситель – глицерин), кВт		6	9	12	12	15	15
Привод опрокидывания, тип		Ручной			Механический		

Таблица 10

**Технические характеристики гомогенизатора типа УГ-УГМ**

Наименование параметров		УГ- УГ М-30	УГ- УГМ- 60	УГ- УГМ- 100	УГ- УГМ -150	УГ- УГМ -200	УГ- УГМ- 300
Геометрический объем, л		30	60	100	150	200	300
Рабочий объем (в зависимости от вязкости продукта), л		20 – 25	40 – 54	60 – 80	110 – 135	155 – 185	210 – 270
Частота вращения, об/мин	мешалки	35					
	ротора	3000					
Мощность привода, кВт	мешалки	0,37		0,55	1,1	1,5	
	ротора	5,5		7,5	11	15	
Температура нагрева продукта, °С		110					
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		-0,04...+0,1					
Размер твердых частиц после омогенизации, не более, мкм		4					
Параметры пара, подаваемого в рубашку:	давление, МПа	От 0,3					
	температура, °С	140					
	расход, кг/ч	20	40	50	60	70	90
Мощность ТЭНов (для моделей с электронагревом, теплоноситель-глицерин), кВт		6	9	12		15	
Привод опрокидывания, тип		Ручной		Механический			

Таблица 11

**Технические характеристики вакуумного миксера-гомогенизатора  
серии ВМГ-Корума**

Наименование параметров		ВМГ-250	ВМГ-350	ВМГ-650	ВМГ-850	ВМГ-1000
Геометрический объем, л		330	450	850	1100	1400
Рабочий объем, л		250	350	650	850	1000
Частота вращения, об/мин	мешалки	35				
	ротора	0-3000 (регулируемая)				
Мощность привода, кВт	мешалки	1,5	1,8	2,2		3
	ротора	11			15	
Температура нагрева продукта, °С		110				
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		-0,04...+0,1				
Параметры пара, подаваемого в рубашку	Давление, МПа	0,3				
	Температура, °С	140				
	Расход, кг/ч	60	90	120	160	200

Таблица 12

**Технические характеристики вакуумного миксера-гомогенизатора УМТИ-СИ**

Наименование параметров		СИ-50	СИ-150	СИ-300	СИ-420	СИ-700
Геометрический объем, л		50	150	300	420	700
Рабочий объем, л		40	130	250	350	600
Частота вращения, об/мин	мешалки	0 - 35 (плавная регулировка)				
	ротора	0 - 3000 (плавная регулировка)				
Мощность привода, кВт	мешалки	0,75	1,8	2,2	3	
	ротора	7,5	22	30	37	45
Температура нагрева продукта, °С		110				
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		- 0,04...+0,1				
Параметры пара, подаваемого в рубашку	Давление, МПа	0,3				
	Температура, °С	140				
	Расход, кг/ч	20	60	80	100	120

Таблица 13

**Технические характеристики гомогенизатора TBG**

Наименование параметров	TBG-100	TBG-200	TBG-350	TBG-500
Объем емкости, л	100	200	350	500
Частота вращения мешалки, об/мин	10...70			
Мощность электродвигателя мешалки, кВт	1,5		2,2	
Частота вращения диспергатора, об/мин	10...3500			
Мощность электродвигателя диспергатора, кВт	3,0	5,5	7,5	7,5
Объем вспомогательных емкостей, л	100; 80	200; 160	300; 250	450; 400
Установленная мощность, кВт	11,0	12,0	15,75	21,5
Габаритные размеры, ШхГхВ (с поднятой крышкой), мм	2920х2120х2200 (3000)	3150х2200х2200 (3100)	3650х2650х2550 (3600)	3970х2800х2700 (3950)
Вес, кг	700	1400	1900	2800

Таблица 14

**Технические характеристики вакуумно-гомогенизирующего аппарата ВГА-ГД**

Наименование параметров		ВГА-ГД-160	ВГА-ГД-360	ВГА-ГД-560	ВГА-ГД-800
Геометрический объем, л.		200	450	700	1000
Рабочий объем, л.		160	360	560	800
Частота вращения, об/мин	мешалки	0 – 35			
	ротора гомогенизирующего узла	0 – 3000			
Мощность привода, кВт	мешалки	1,5	1,5	2,2	3
	ротора	7,5	11	15	30
Температура нагрева продукта, °С		110			
Давление в рабочем объеме чаши, МПа		-0,09...+0,2			
Размер твердых частиц после гомогенизации, не более, мкм		4			
Параметры пара, подаваемого в рубашку:	давление, МПа	0,6			
	температура, °С	150			
	расход, кг/ч	70	100	130	160

## Технические характеристики гомогенизатора ZRJ

Модель	Рабочий объем, л	Параметры гомогенизатора		Параметры мешалки		Габаритные размеры, мм (ДхШхВ)	Высота с поднятой крышкой, мм	Питание, В/50Гц
		Мощность, кВт	Обороты в минуту, min – max	Мощность кВт	Оборотов в минуту, мин-макс			
ZRJ-20B	20	1,1	0 – 3500	0,37	0 – 70	1300х500х1560	2360	380
ZRJ-50B	50	2,2	0 – 3500	0,75	0 – 70	1800х700х1880	2660	380
ZRJ-100B	100	3	0 – 3500	1,5	0 – 70	1900х800х1940	2800	380
ZRJ-150B	150	4	0 – 3500	2,2	0 – 70	2430х900х2320	3200	380
ZRJ-200B	200	4	0 – 3500	2,2	0 – 70	2480х1000х2390	3300	380
ZRJ-300B	300	4	0 – 3500	2,2	0 – 70	2500х1000х2450	3500	380
ZRJ-350B	350	5,5	0 – 3500	2,2	0 – 70	2600х1100х2570	3580	380
ZRJ-500B	500	7,5	0 – 3500	3,7	0 – 70	3000х1200х2600	3750	380
ZRJ-750B	750	7.5	0 – 3500	4	0 – 70	3100х1300х3080	4360	380
ZRJ-1000B	1000	11	0 – 3500	5,5	0 – 70	3300х1500х3130	4560	380
ZRJ-2000B	2000	15	0 – 3500	7,5	0 – 70	4850х4300х3600	Без подъемной крышки	380

Таблица 16

**Технические параметры вакуумного эмульгирующего миксер-гомогенизатора TZZRJ**

Модель	Объем, л	Эмульгация		Перемешивание		Размеры, мм			
		кВт	об/мин	кВт	об/мин	Длина	Высота	Ширина	Высота с поднятой крышкой
TZZRJ-30	30	1,5	0-3500	0,75	0-70	1500	800	1500	2050
TZZRJ-50	50	3	0-3500	0,75	0-70	2750	2100	1900	2600
TZZRJ-100	100	3	0-3500	1,5	0-70	2800	2150	2100	2800
TZZRJ-150	150	4	0-3500	1,5	0-70	2850	2150	2150	2900
TZZRJ-200	200	4	0-3500	1,5	0-70	3000	2200	2200	3100
TZZRJ-350	350	5.5	0-3500	2,2	0-70	3650	2650	2550	3600
TZZRJ-500	500	7.5	0-3500	2,2	0-50	3800	2800	2700	3950
TZZRJ-750	750	11	0-3500	3,7	0-50	3900	3900	2900	4400
TZZRJ-1000	1000	11	0-3500	3,7	0-50	3900	3400	3150	4550
TZZRJ-2000	2000	22	0-3500	7,5	0-50	4850	4300	3600	-

Таблица 17

**Технические параметры вакуумного эмульгирующего миксера-гомогенизатора для производства суппозиторий TZZRJ(S)**

Модель	Объем, л	Эмульгация		Смеситель		Размеры			
		кВт	об/мин	кВт	об/мин	Длина	Высота	Ширина	Высота с поднятой крышкой
TZZRJ(S)-100	100	3	0-1700	1,5	10-70	2400	2200	1900	2600
TZZRJ(S)-150	150	4	0-1700	1,5	10-70	2450	2150	2250	2900
TZZRJ(S)-200	200	4	0-1700	1,5	10-70	2500	2380	2200	3000
TZZRJ(S)-350	350	5,5	0-1700	2,2	10-70	2800	2600	2550	3400

Таблица 18

**Технические характеристики гомогенизатора высокого давления НРН**

Марка	Общая вместимость, л/ч	Максимальное гомогенизирующее давление, бар	Минимальный свободный объем, мл
НРН 2000/4-SH5	3	2000	10
НРН 2000/4-DH5	6	2000	20
НРН 2000/4-SH8	8	800	10
НРН 2000/4-DH8	16	800	20
НРН 2000/5-SH8	20	2000	50
НРН 2000/5-DH8	40	2000	100
НРН 2000/5-SH12	50	800	50
НРН 2000/5-DH12	100	800	100

Таблица 19

Технические характеристики гомогенизаторов марки ГМ

Марка	Производительность не менее, м³/ч	Давление гомогенизации, МПа (атм), не менее	Электродвигатель			Число двойных ходов плунжеров в минуту	Диаметр патрубков всасывания/нагнетания, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
			Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В			Длина	Ширина	Высота	
ГМ-0.5/20	0,5	20 (2000)	4	750	380	215	35/35	870	800	1400	430
ГМ-1.25/20	1,25	20 (2000)	11	750	380	199	35/35	940	980	1530	780
ГМ-2.5/20	2,5	20 (2000)	18,5	1000	380	328	35/35	940	980	1530	800
ГМ-5.0/20	5,0	20 (2000)	37	1500	380	194	50/50	1360	1070	1370	1540

Таблица 20

### Техническая характеристика клапанных гомогенизаторов

Наименование параметров		К5-ОГА-Ю	А1-ОГМ	А1-ОГ2-С
Производительность, л/ч		1000	5000	500
Рабочее давление, МПа		20		
Температура продукта, поступающего на гомогенизацию, °С		45-85		70-90
Электродвигатель:	мощность, кВт	75	37	4
	частота вращения, об/мин	750	980	1000
Частота вращения коленчатого вала, об/мин		360	350	180
Количество плунжеров, шт		5	3	
Ход плунжера, мм		70	60	28
Число ступеней гомогенизации		2	2	-
Габаритные размеры, мм		1800x1500x1900	1480x1110x1640	1300x900x1500
Масса, кг		4000	1710	645

Таблица 21

### Технические характеристики гомогенизаторов марки А1-ОГЗМ

Наименование параметров	А1-ОГЗМ-0,5	А1-ОГЗМ-1,6	А1-ОГЗМ-2,5	А1-ОГЗМ-5
Производительность, л/ч	500	1600	2500	5000
Рабочее давление, МПа	0-200			
Температура продукта, °С	До 85			
Установленная мощность, кВт	5	12,5	18,5	37
Габариты, мм	580x520x590	1100x600x400	1500x900x1000	1600x900x1300
Масса, кг	120	210	300	750



Таблица 22

**Технические характеристики гомогенизаторов Ariete**

Марка Ariete	Максимальная производственная мощность, л/ч									Мощность, кВт
	100 бар	150 бар	200 бар	250 бар	400 бар	600 бар	1000 бар	1200 бар	1500 бар	
NS2006	650	650	450	400	200	100	80	80	35	5,5
NS3006	1000	1000	750	600	350	220	120	120	50	5,5
NS3015	4500	3000	2200	1800	1100	750	400	370	170	15
NS3024	7200	4800	3500	2800	1500	1000	550	450	310	24
NS3037	12000	8000	6000	5000	3000	2000	1200	1000	800	37
NS3075	14000	14000	11000	8200	4900	3100	1400	1400	1000	75
NS3110	22000	22000	18000	15000	8700	5500	3400	2600	1800	100
NS5132	28000	28000	21500	17200	10700	7000	-	-	-	132
NS5180	37000	36000	28000	24000	14500	9500	5500	4200	3000	180
NS6200	40000	40000	31000	25000	16000	10800	-	-	-	200
NS8315	52000	52000	45000	36000	21000	14500	-	-	-	315
NS5355	60000	55000	45000	37000	23000	15000	8000	6000	5000	315

Таблица 23

**Технические характеристики УМ**

Наименование параметров	УМ-0,075	УМ-0,150	УМ-0,250
Вместимость рабочей емкости, л	75	150	250
Мощность двигателя рамной мешалки, кВт	0,55	0,75	1,1
Напор в контуре (по воде), м вод.ст.	25	30	36
Скорость рециркуляции (по воде), м <sup>3</sup> /ч	7	10	13
Мощность электродвигателя гомогенизатора, кВт	1,5	3	5,5

Таблица 24

**Технические характеристики установки Master Plant MP**

Марка	Полезный максимальный объем, л	Полная потребляемая мощность, кВт	Максимальная скорость потока дисперсии, л/ч	Высота конструкции с поднятой крышкой, мм
MP 10	10	5	2000	1515
MP 25	25	6	2000	2086
MP 50	50	7	2000	2417
MP 100	100	11	5200	2950
MP 200	200	12	5200	3376
MP 500	500	30	18500	4615
MP 1000	1000	34	18500	5499
MP 2000	2000	68	20000	7051
MP 4000	4000	78	20000	7300

Таблица 25

**Технические характеристики установки Standard Production Plant SPP**

Марка	Полезный максимальный объем, л	Полная потребляемая мощность (приблиз.), кВт	Максимальная скорость потока дисперсии, л/ч	Высота конструкции с поднятой крышкой, мм
SPP 25	25	4,5	2000	1481
SPP 50	50	5	2000	1694
SPP 100	100	8,5	5200	1998
SPP 250	250	9	5200	2462
SPP 500	500	24	18500	3167
SPP 1000	1000	25	18500	3756
SPP 2000	2000	49	20000	4549
SPP 4000	4000	55	20000	5689

Таблица 26

**Технические характеристики установки MHD**

Марка MHD-Plant	Объем, л/ч	Объем твердых веществ (зависит от насыпной плотности), л/ч	Общая мощность на входе, кВт
2000/04	200	100	5
2000/05	750	180	7,5
2000/10	2500	900	15
2000/20	7500	1800	25
2000/30	20000	6200	44
2000/50	40000	13500	100

Таблица 27

**Технические характеристики установки DPV**

Наименование показателей	DPV 3000	DPV 5000	DPV 7500	DPV 10000	DPV 15000
Общая скорость, л/ч	3000	5000	7500	10000	15000
Соотношение концентрат/разбавитель, %	30 / 70	30 / 70	30 / 70	30 / 70	30 / 70
Скорость подачи концентрата, л/ч	500-1200	800-2000	1000-2500	1600-4000	2500-6000
Скорость подачи разбавителя, л/ч	500-2500	1600-4000	2000-5000	3500-8500	4000-10000
Размеры (ДхШ), мм	1850x850	1900x800	2000x1000	2145x1310	-
Высота, мм	1975	1364	1975	3661	-

## Технические характеристики насосов –гомогенизаторов серии НГД

Наименование параметров	НГД-0.55	НГД-1.1	НГД-2.2	НГД-3.0	НГД-5.5	НГД-7.5	НГД-11.0	НГД-15.0
Подача (по воде), м³/ч, не менее	0.8	2	7	9	12	16	22	26
Напор, м вод. ст., не менее	10	12	25	28	30	36	38	40
Диаметр всасывающего патрубка, мм	20	20	50	50	50	50	80	80
Диаметр нагнетающего патрубка, мм	10	10	15	25	30	35	50	50
Скорость вращения ротора, об/мин	3000	2886	2840					
Напряжение номинальное, В	380							
Мощность электродвигателя, кВт	0,55	1,1	2,2	3,0	5,5	7,5	11,0	15,0
Габаритные размеры, мм	180×230×530	200×240×750	840×250×350	840×250×365	889×320×370	936×320×370	983×345×390	1100×565×350
Масса, кг, не более	20	25	38	45	56	90	125	160
Материал проточной части	Сталь 12Х18Н10Т							

Таблица 29

**Технические характеристики насосов-гомогенизаторов высоконапорных  
клапанных с плунжером**

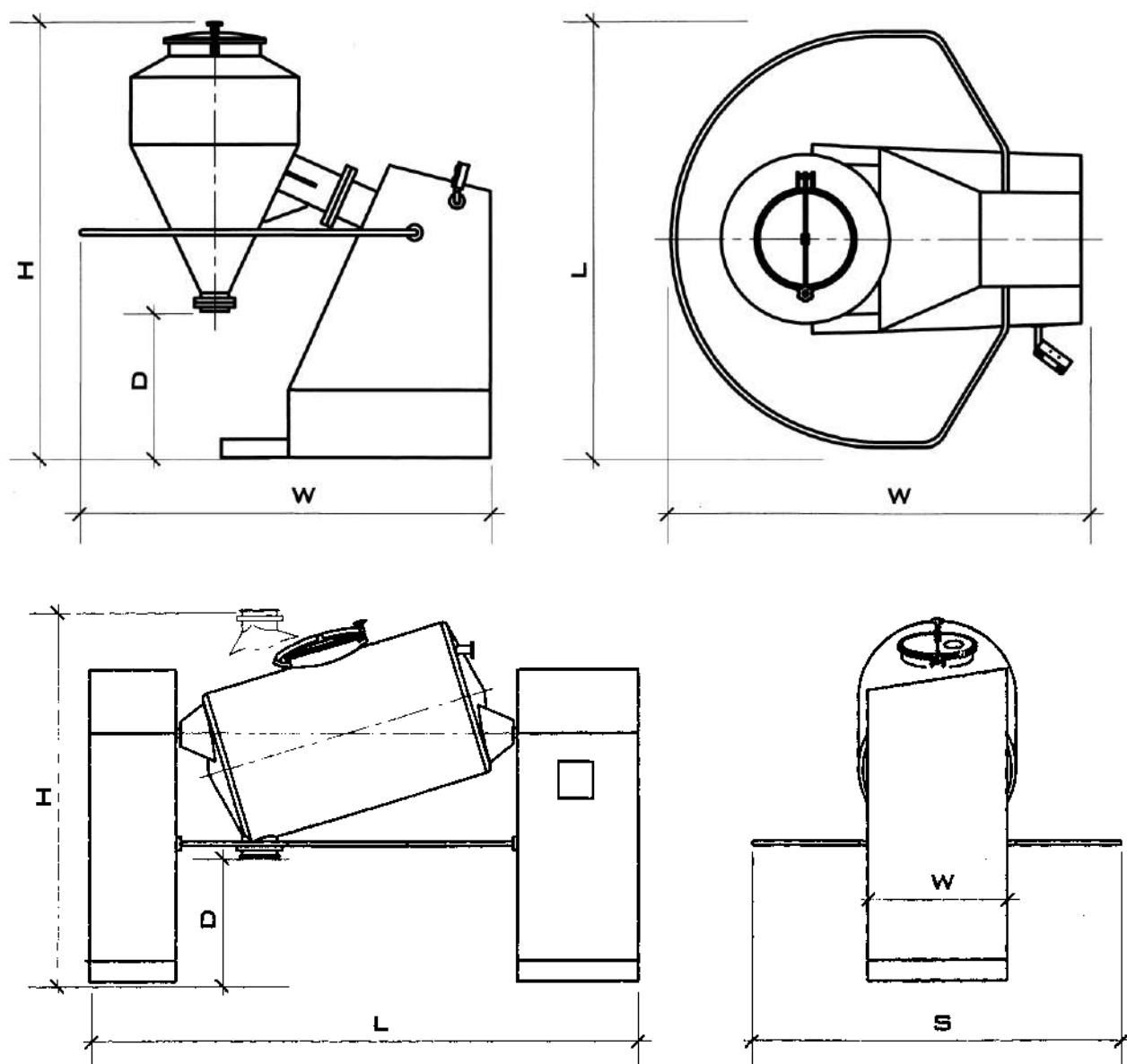
Наименование параметров	НГД- 3,0.ВК63	НГД- 3,0.ВК100	НГД- 3,0.ВК200	НГД- 3,0.ВК320	НГД- 3,0.ВК500
Объёмная подача, л/ч, max (по воде)	63	100	200	320	500
Предельное давление, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	40(400)	40(400)	25(250)	16(160)	10(100)
Диаметр всасывающего патрубка, мм	18	25	25	25	25
Диаметр нагнетающего патрубка, мм	14	25	25	25	25
Номинальное напряжение, В	380				
Мощность электродвигателя, кВт	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Масса кг, не более	170	180	180	180	180
Материал проточной части	Сталь 12Х18Н10Т				

Таблица 30

**Технические характеристики установки УПЭС**

Наименование параметров	0.01/0.55	0.02/1.1	0.05/2.2	0.1/3.0	0.15/3.0	0.3/5.5	0.6/7.5	1.2/11.0
Объём ёмкости, л	10	20	50	100	150	300	600	1200
Частота вращения мешалки, об/мин	0...200		60					
Установленная мощность двигателя мешалки, кВт	0.2		0.37	1.1		1.5		2.2
Тип насоса-гомогенизатора	НГД-0.55	НГД-1.1	НГД-2.2	НГД-3.0		НГД-5.5	НГД-7.5	НГД-11.0
Частота вращения ротора насоса-гомогенизатора, об/мин	3000	2886	2840					
Установленная мощность двигателя насоса, кВт	0,55	1,1	2,2	3,0	3,0	5,5	7,5	11,0
Установленная мощность электронагревателей, кВт	1,6		9,0	18,0		36,0	66,0	108,0
Напряжение электропитания, В	380							
Занимаемая площадь, м²	0.7	0.75	3.0	4.0		5.0		
Обслуживающий персонал. чел.	1		1-3					

## Технические характеристики наклонных смесителей



Общий объем смесителя, л	17	100	200
Максимальная загрузка, л	12	70	140
Максимальная загрузка, кг	9	45	100
Мощность привода, кВт	0,55	1,5	2,2
Скорость вращения, об/мин	4...18	4...18	4...18
Габаритные размеры, мм			
Длина (L),	760	1480	1900
Ширина с ограждениями (W)	860	1590	1900
Высота (H)	950	1900	2000
Высота с ограждениями (H2)	1200	2340	2490
Высота до разгрузочного люка (D)	650	650	2490
Материал изготовления	AISI 304 (AISI 316, AISI 321)		

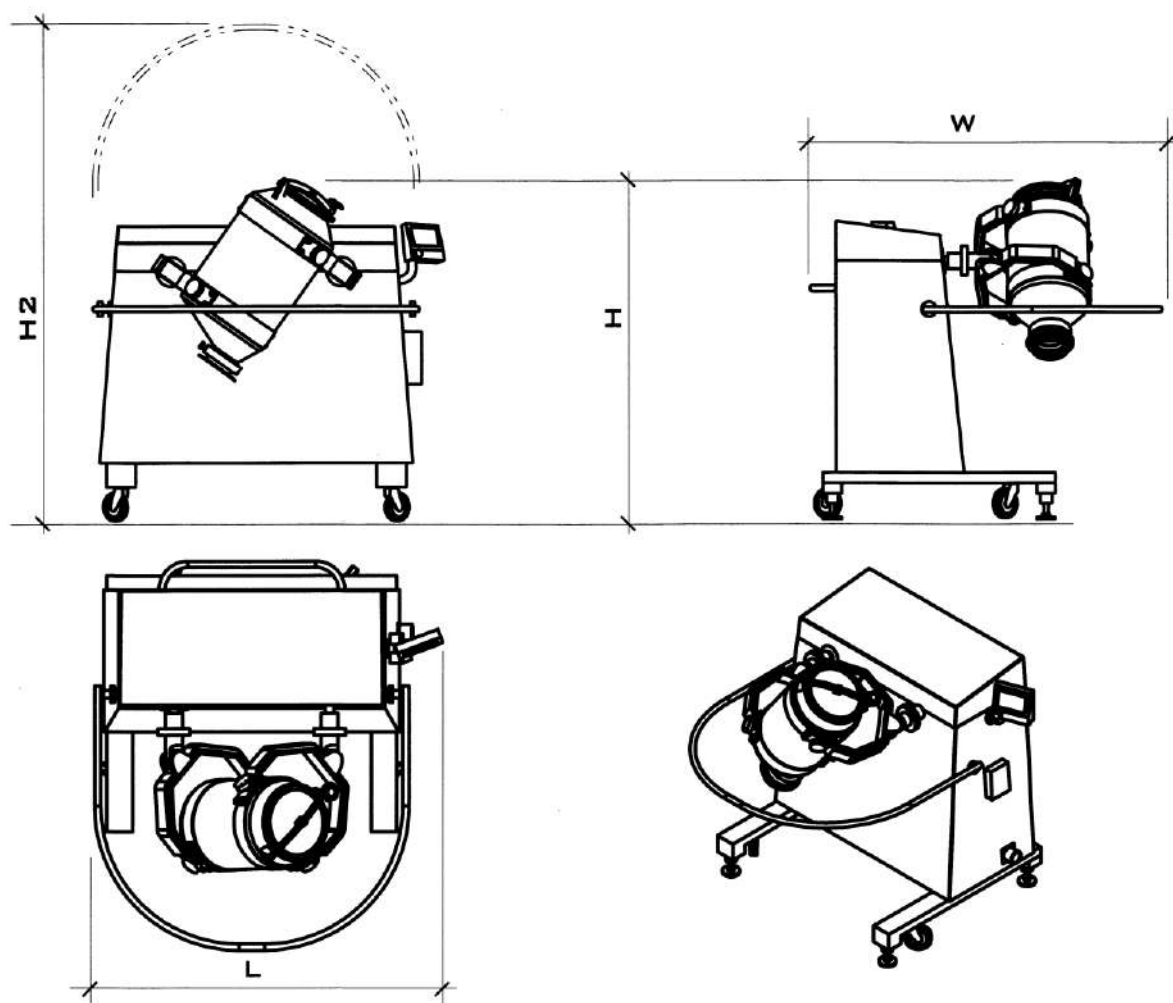


Таблица 32

Технические характеристики барабанных смесителей

Общий объем смесителя, л	350	600	1000
Максимальная загрузка, л	210	360	600
Максимальная загрузка, кг	150	220	420
Мощность привода, кВт	2,2	3	4
Скорость вращения, об/мин	4...18	4...18	4...15
Габаритные размеры, мм			
Длина (L)	2380	2800	3160
Ширина без ограждений (W)	600	700	800
Ширина с ограждениями (S)	1500	1700	2150
Высота в рабочем состоянии (H)	2060	2320	2150
Высота до разгрузочного люка (D)	730	730	730
Материал изготовления	AISI 304 (AISI 316, AISI 321)		

Таблица 33

## Технические характеристики смесителей «Турбомикс»

Наименование параметров	ТМ-6	ТМ-30	ТМ-50	ТМ-100
Общий объем смесителя, л	7	30	50	100
Максимальная загрузка, л	5,5	21	35	70
Максимальная загрузка, кг	4	15	25	50
Мощность привода, кВт	0,37	0,75	1,1	1,5
Скорость вращения, об/мин	2...23	4...15	4...15	4...15
Габаритные размеры, мм				
Высота в рабочем состоянии (H)	700	1100	1450	1500
Высота до разгрузочного люка (D)	300	450	490	710
Высота с поднятой дугой (H2)	970	1470	1940	2080
Длина (L)	730	1200	1380	1620
Ширина без ограждений (W)	800	1300	1550	1800
Материал изготовления	AISI 304 (AISI 316, AISI 321)			

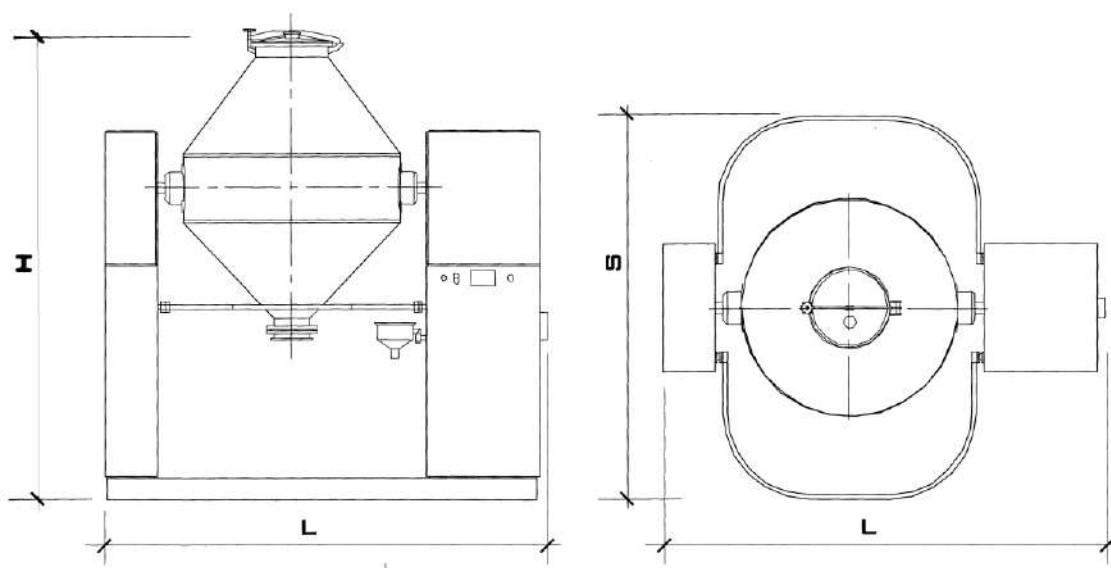


Таблица 34

## Технические характеристики биконических смесителей

Наименование параметров	СМ-250	СМ-500	СМ-1000	СМ-2000
Общий объем смесителя, л	250	500	1000	2000
Максимальная загрузка, л	150	300	600	1200
Максимальная загрузка, кг	105			
Мощность привода, кВт	2,2			
Скорость вращения, об/мин	4...18	4...15	4...15	4...12
Габаритные размеры, мм				
Высота в рабочем состоянии (H)	1900	2160	2580	2900
Длина (L)	1900	2240	2540	3700
Ширина с ограждениями (S)	1600	1800	2200	2600
Материал изготовления	AISI 304 (AISI 316, AISI 321)			

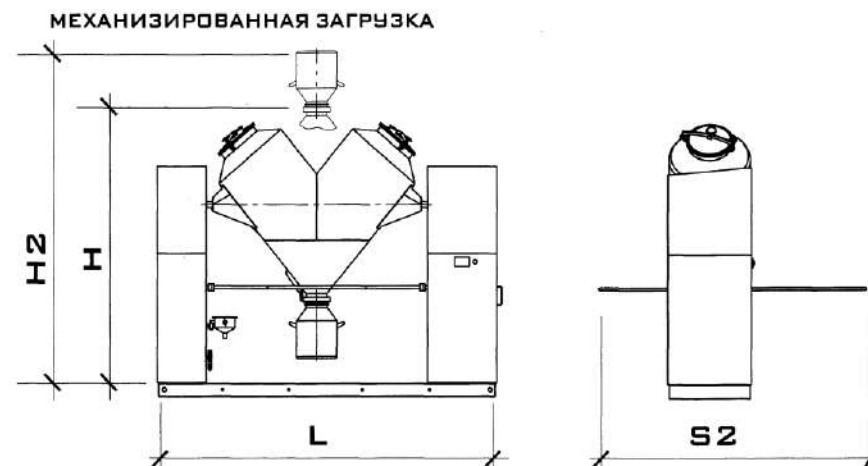
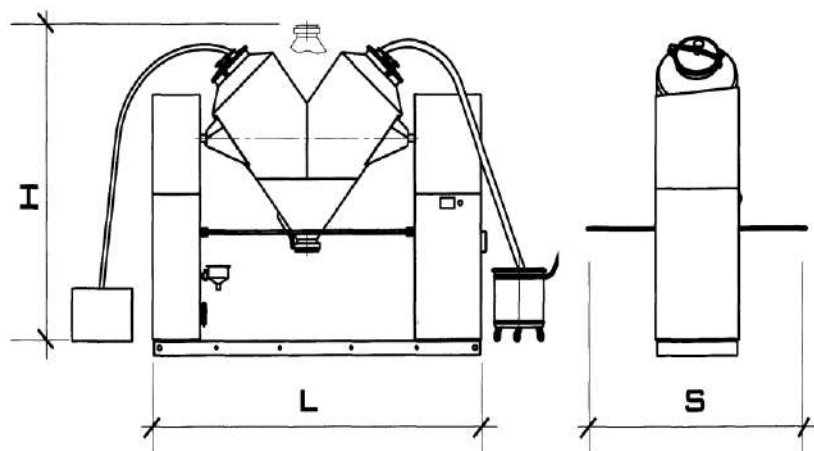


Таблица 35

Технические характеристики V-образного смесителя

Наименование параметров	V-100	V-250	V-500	V-1000
Общий объем смесителя, л	100	250	500	1000
Максимальная загрузка, кг	40	100	200	350
Максимальная загрузка, л	60	150	300	600
Среднее время перемешивания, ч	1	1,5	2	2,5
Мощность привода, кВт	1,5	2,2	4	5,5
Высота с загрузочной емкостью, мм	2400	2670	2950	3350
Длина, мм	2000	2600	2700	3200
Ширина с ограждениями, мм	2400	2100	2900	3300



Таблица 36

## Технические характеристики V-образных миксеров серии MX-V

Тип	Общий объем, л	Объем продукта, л	Загрузка продукта, кг	Скорость, об/мин	Мощность, кВт	Высота поворота, мм	Вес, кг
<b>MX-V50</b>	50	25	15	25	0,55	1380	400
<b>MX-V150</b>	150	75	45	22	0,75	1600	500
<b>MX-V300</b>	300	150	90	20	1.1	2160	700
<b>MX-V500</b>	500	250	150	18	1.5	2360	1000
<b>MX-V1000</b>	1000	500	300	15	3	2600	1500
<b>MX-V1500</b>	1500	750	450	15	4	2800	1800
<b>MX-V2000</b>	2000	1000	600	14	5,5	2900	2000
<b>MX-V3000</b>	3000	1500	900	13	5,5	3200	2100
<b>MX-V4000</b>	4000	2000	1200	11	7,5	4000	2300
<b>MX-V5000</b>	5000	2500	1500	8,8	7.5	4500	2500
<b>MX-V6000</b>	6000	3000	1800	6	11	5000	3000
<b>MX-V8000</b>	8000	4000	2400	5	15	5600	3800
<b>MX-V10000</b>	10000	5000	3000	4	18,5	5900	4300

Таблица 37

**Технические характеристики ленточных смесителей марки СЛ**

Наименование параметров	СЛ-0,15	СЛ-0,3	СЛ-0,5	СЛ-1,0	СЛ-1,2	СЛ-1,5	СЛ-6
Объем, л	150	300	500	1000	1200	1500	6000
Режим работы	циклический						
Частота вращения, об/мин	до 35						
Мощность мотор-редуктора, кВт	1,1	2,2	3	5,5	7	7,5	
Габариты, мм, не более	1200×1100×450	1600×1200×600	1800×1200×800	2800×1400×1550	3000×1400×1600	3200×1500×1600	
Масса, кг, не более	220	250	300	500	650	750	

Таблица 38

**Технические характеристики двухроторного смесителя УСР**

Модель	150	250	500	1000	1200	1500
Объем, л	150	300	500	1000	1200	1500
Мощность мотор-редуктора, кВт	7,5	11	22	45	55	75

Учебное издание

**Майзлиш** Владимир Ефимович  
**Борисов** Альберт Валерьевич  
**Данилова** Елена Адольфовна

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ГОМОГЕНИЗАЦИЯ

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 22.10.2019. Формат 60×84 1/16. Бумага писчая.

Усл.печ.л. 8.13. Тираж 50 экз. Заказ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
редакционно-издательского центра ФГБОУ ВО «ИГХТУ»  
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7