

# Введение

Курс “Процессы и аппараты пищевых производств” является одной из общепрофессиональных дисциплин при подготовке специалистов для предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности и базируется на общенаучной подготовке, которая дается студентам на первых курсах.

Большой вклад в развитие науки о процессах и аппаратах внесли:

Н.Н. Липатов, Н.М. Жаворонков, Н.И. Гельперин,  
Ю.И. Дытнерский, В.Н. Стабников

# Содержание и задачи курса

Курс «Процессы и аппараты пищевых производств» дает основы теории процессов, методики расчета и основные принципы конструирования аппаратов, является базой для курсового и дипломного проектирования.

- **Целью** курса является формирование необходимых теоретических знаний основ процессов пищевых производств и приобретение практических навыков по подбору и расчету аппаратов, необходимых для осуществления данных процессов.
- **Задачами** курса являются: изучение физико-химических основ технологических процессов пищевых производств, освоение принципов современных методов исследования процессов и аппаратов, ознакомление с методами расчета нестационарных и необратимых технологических процессов.

# Основные понятия

В курсе рассматриваются не только процессы, но и аппараты, в которых они протекают, и машины.

**Технологический аппарат**— это устройство или оборудование, предназначенное для проведения технологических процессов. Обычно это сосуд, снабженный различными приспособлениями.

**Машина** — это устройство, выполняющее механические движения с целью преобразования энергии или материалов. Они преобразуют форму, свойства и положение обрабатываемого материала.

# Процесс и технология

**Производственный процесс** - это совокупность последовательных действий для достижения определенного результата.

**Технология** - это ряд приемов, проводимых направленно с целью получения из исходного сырья продукта с наперед заданными свойствами.

Задача технологии как науки заключается в выявлении физических, химических, механических и других закономерностей с целью определения и использования наиболее эффективных и экономичных производственных процессов.

# Кинетика

Это учение о скоростях и механизмах процессов. Знание кинетических закономерностей процессов необходимо для расчета основных размеров аппаратов. Общие кинетические закономерности процессов пищевой технологии (за исключением механических) формулируются в виде общего закона: скорость процесса прямо пропорциональна движущей силе и обратно пропорциональна сопротивлению.

- Величина, обратная сопротивлению, называется коэффициентом скорости процесса.

Общее кинетическое уравнение имеет вид:  $dV/Fdt = \Delta /R = K\Delta$   
где  $V$ - количество массы или энергии;  $F$  - площадь, через которую проходит масса или энергия;  $t$  - продолжительность процесса;  $\Delta$  - движущая сила;  $R$  - сопротивление;  $K$  - коэффициент скорости, обратный сопротивлению.

# Тепловой баланс

- Составляют на основе закона сохранения энергии: количество энергии  $\Sigma Q_n$  введенной в процесс, должно быть равно количеству выделившейся энергии:  $\Sigma Q_n = \Sigma Q_k + \Sigma Q_p$ , где  $\Sigma Q_k$  — количество отводимой теплоты;  
 $\Sigma Q_p$  — потери теплоты в окружающее пространство.
- Вводимая в процесс теплота  $\Sigma Q_n$  складывается из теплоты  $Q_1$  поступающей с исходными материалами, подводимой, теплоносителями теплоты  $Q_2$  и теплоты физических или химических превращений  $Q_3$ .
- Количество отводимой теплоты  $\Sigma Q_k$  складывается из теплоты, уходящей с конечными продуктами и отводимой теплоносителями.
- Из теплового баланса определяют расход греющего пара, воды и других теплоносителей.

# Материальный баланс

- Составляют на основании закона сохранения массы: количество поступающих материалов  $\sum Q_H$  должно быть равно количеству конечных продуктов  $\sum Q_K$ , получаемых в результате проведения процесса:  $\sum Q_H = \sum Q_K$
- На основании материального баланса определяют выход продукта, т.е. выраженное в процентах отношение полученного количества продукта к максимально возможному (рассчитывают на единицу затраченного сырья).
- Материальный баланс составляют для всех веществ либо для одного вещества за единицу времени или за одну операцию.

# Основные свойства пищевых продуктов и сырья

- В пищевой промышленности перерабатывают сырье и получают готовые продукты в различном агрегатном состоянии:

твердом, жидком, паро- и газообразном.

- Для расчета процессов и аппаратов необходимо знать свойства пищевых продуктов и сырья.

# Плотность

- **Плотность** - это отношение массы  $M$  тела (вещества) к его объему  $V$ . Описывается формулой  $\rho = M / V$  и выражается в килограммах на  $1 \text{ м}^3$ , тоннах на  $1 \text{ м}^3$  или граммах на  $1 \text{ см}^3$ .
- Плотность представляет собой величину, обратную удельному объему  $V_{уд}$ , т. е. объему, занимаемому единицей массы вещества ;  $\rho = 1 / V_{уд}$ , где  $V_{уд} = V / M$ .

# Вязкость

- **Вязкость** – это свойство газов и жидкостей сопротивляться действию внешних сил, вызывающих их течение.
- Различают динамическую и кинематическую вязкость.

# Поверхностное натяжение

- **Поверхностное натяжение  $\sigma$**  — это величина, численно равная работе, которую нужно затратить для того, чтобы при постоянной температуре увеличить на единицу площади поверхность раздела фаз.
- Благодаря поверхностному натяжению капля жидкости при отсутствии внешних воздействий принимает форму шара.
- Поверхностное натяжение зависит от температуры и уменьшается с ее повышением.

# Теплоемкость

Это отношение количества теплоты, подводимой к веществу, к соответствующему изменению его температуры.

Теплоемкость единицы количества вещества называется удельной теплоемкостью  $c$  (Дж/кг\*К).

В расчетах используют массовую, объемную и мольную удельные теплоемкости.

# Теплопроводность

- **Теплопроводность** — это перенос энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия микрочастиц, приводящий к выравниванию температуры тела
- Интенсивность теплопроводности характеризуется *коэффициентом теплопроводности  $\lambda$* , который является теплофизическим параметром вещества

# Классификация основных процессов

Основные процессы пищевой технологии:

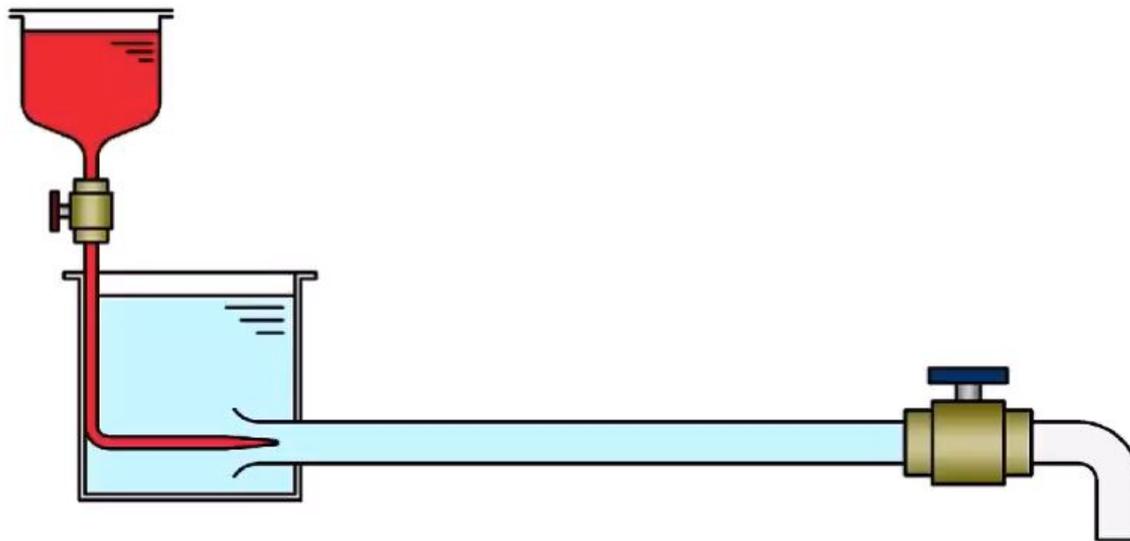
- гидромеханические,
- теплообменные,
- массообменные,
- механические,
- химические и биохимические

# Гидромеханические процессы

Это процессы, скорость которых определяется законами механики и гидродинамики.

К ним относятся процессы перемещения жидкостей и газов по трубопроводам и аппаратам; перемешивания в жидких средах; разделения суспензий и эмульсий путем отстаивания, центрифугирования, фильтрования; псевдоожижения зернистого материала.

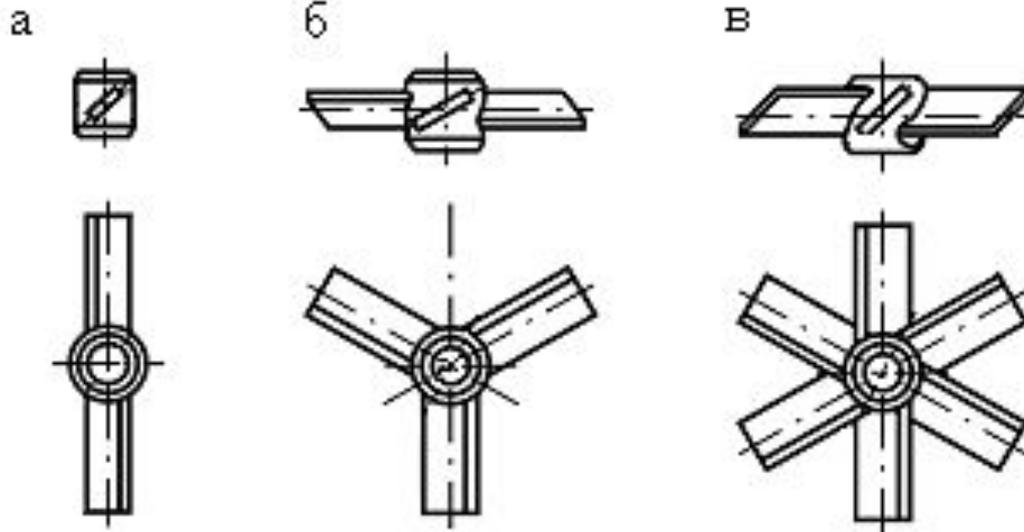
## Режимы течения жидкости



# Перемешивание

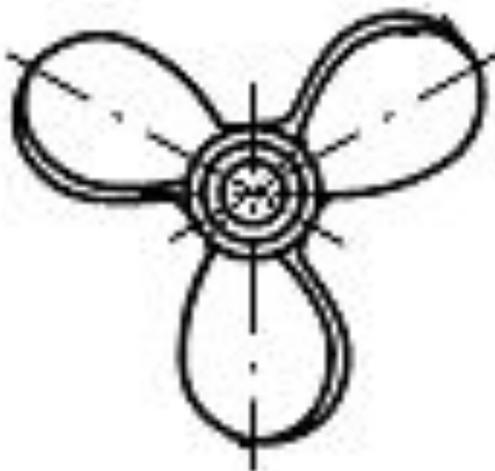
- **Перемешиванием** называется процесс приведения в тесное соприкосновение сыпучих, жидких и газообразных тел при многократном перемещении частиц друг относительно друга, происходящий в объеме аппарата под действием импульса, передаваемого среде мешалкой, струей жидкости или газа.
- Перемешивание используют для образования смесей, дисперсных, коллоидных и молекулярных растворов и повышения однородности их состава, интенсификации тепло-массообменных процессов, а также для выравнивания распределения температуры жидкостей или газов в пространстве.

# Лопастные мешалки

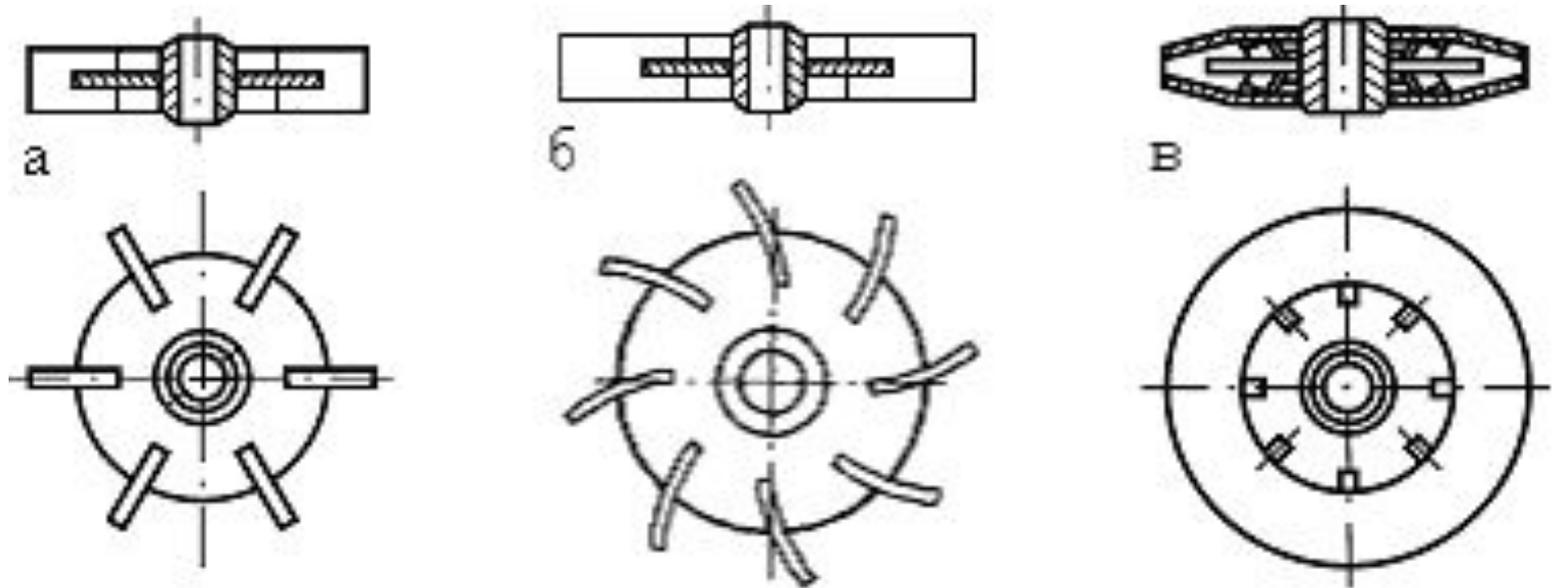


**а - двухлопастная, б – трехлопастная,  
в – шестилопастная**

# Пропеллерная мешалка

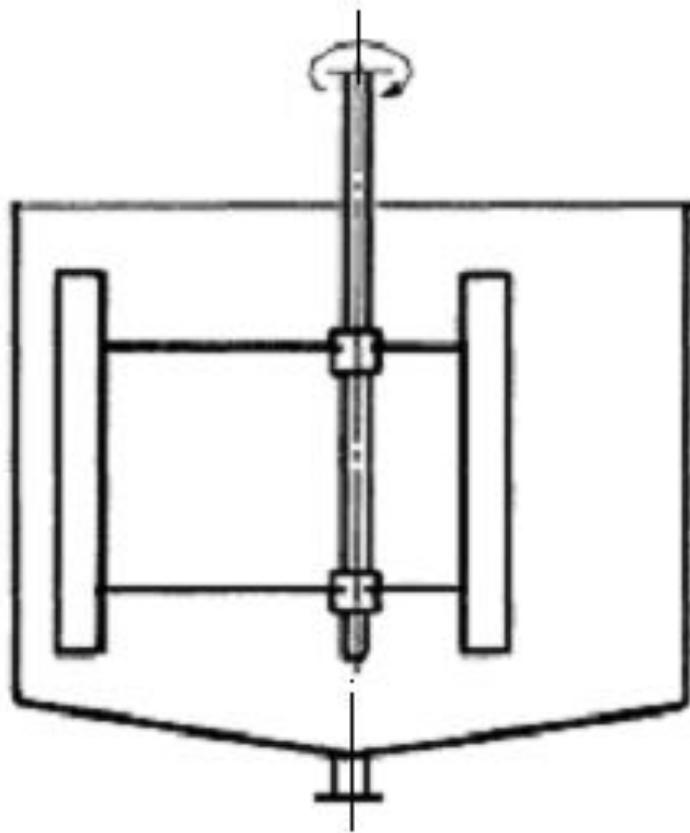


# Турбинные мешалки

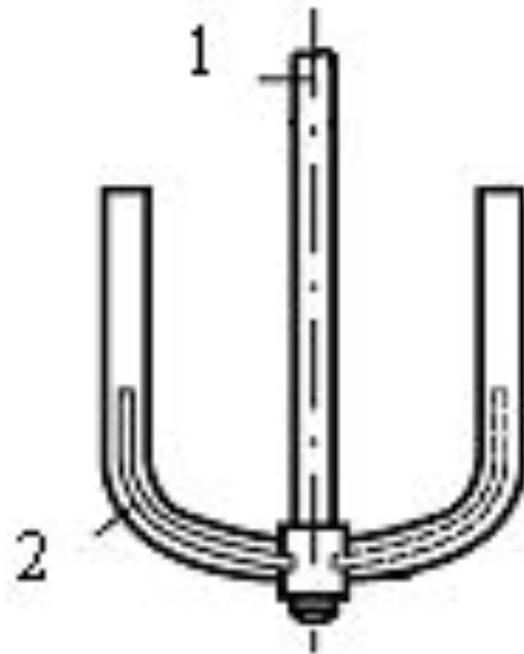


а — открытая турбинная;  
б — открытая турбинная с наклонными лопастями; в — закрытая турбинная.

# Рамная мешалка



# Якорная мешалка

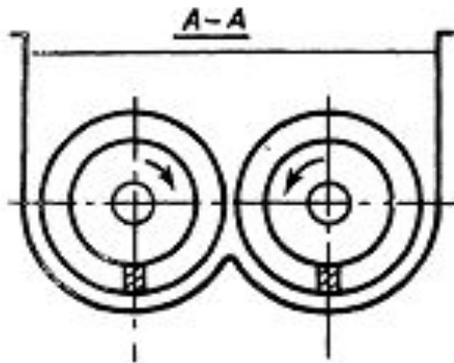
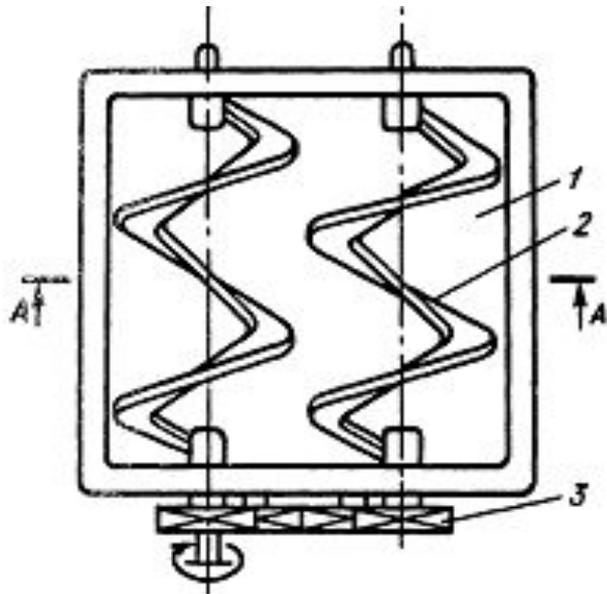


1 – вал; 2 - лопасть

# Тестомес

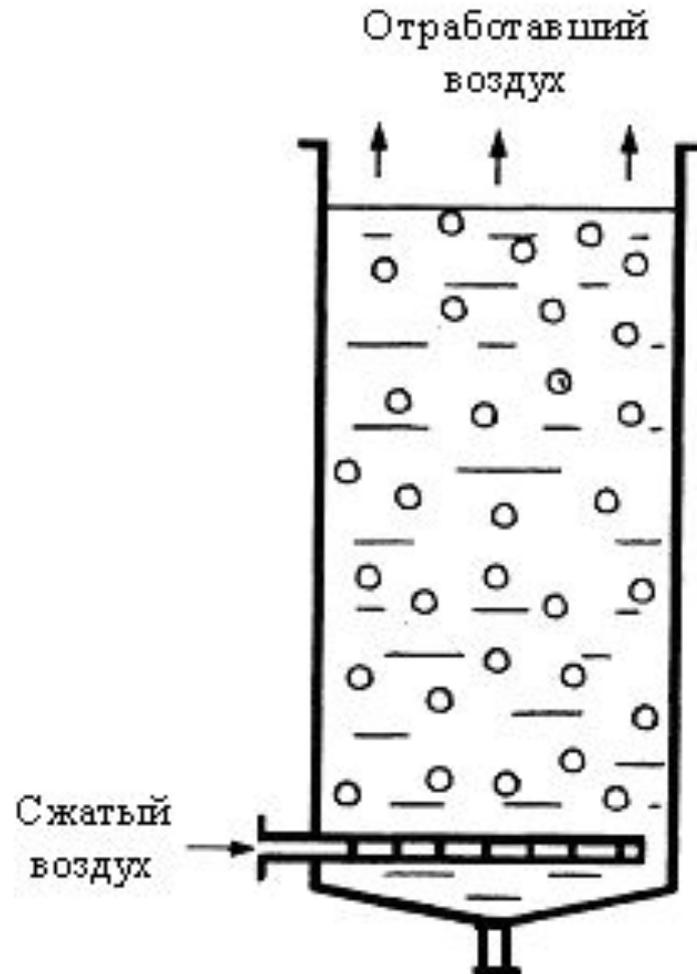


# Аппарат для перемешивания вязкопластичного материала

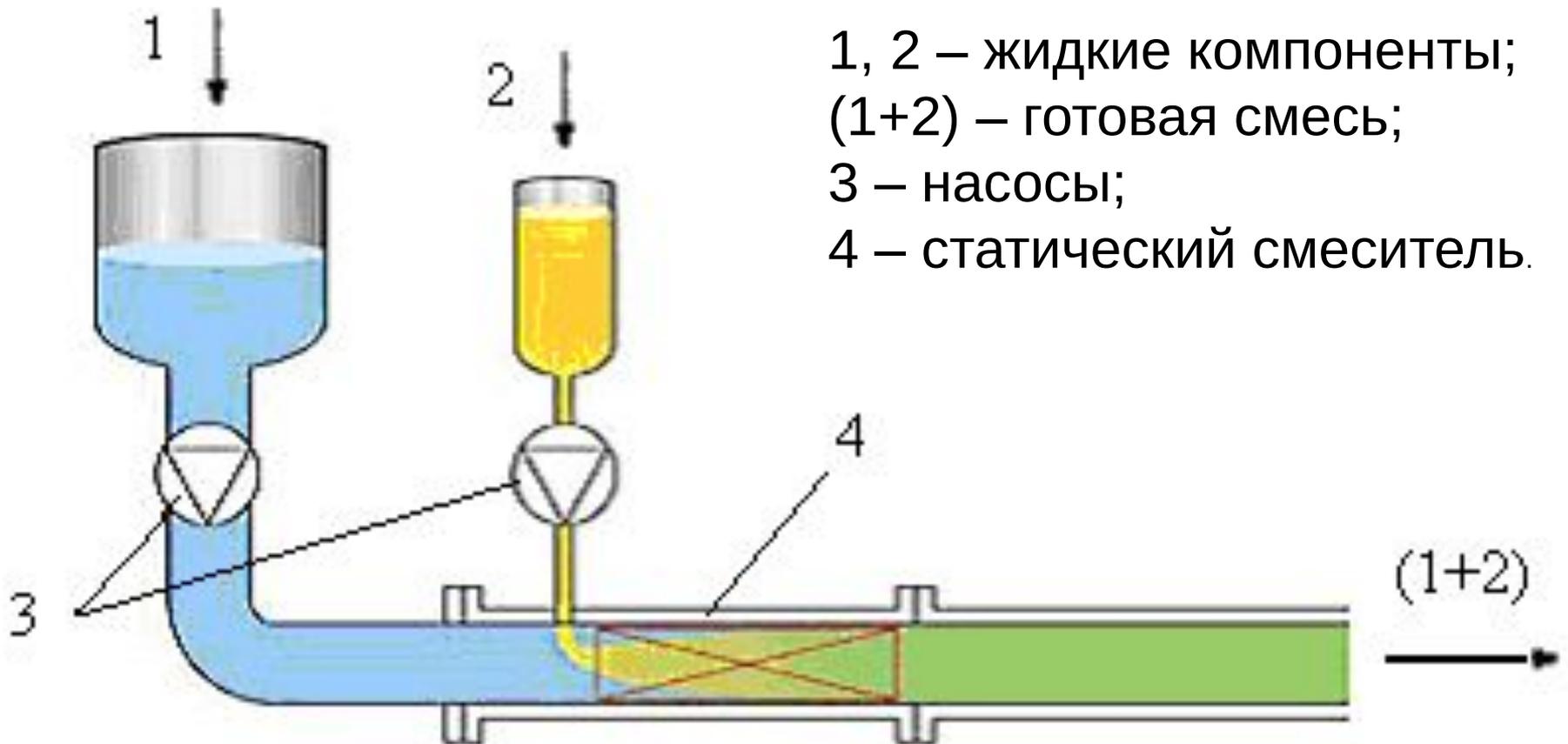


- 1 – камера;
- 2 – ленточная мешалка;
- 3 - привод

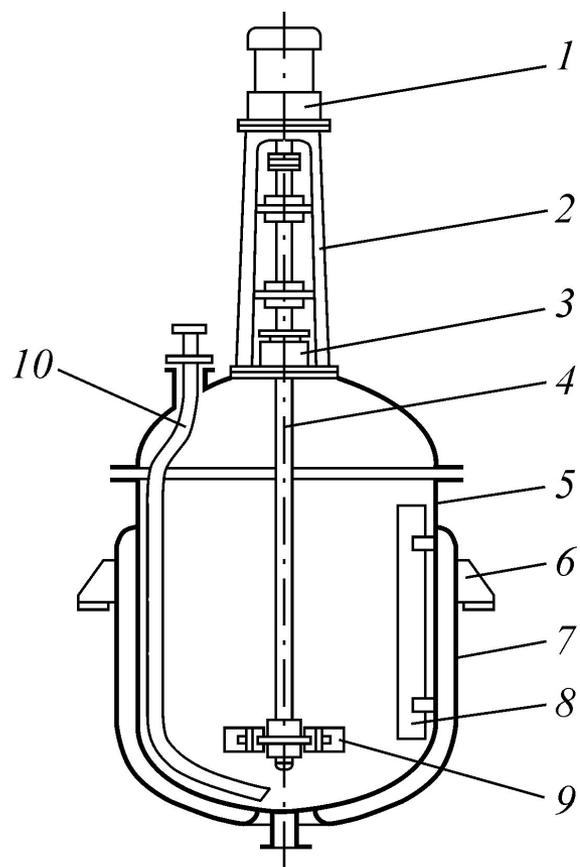
# Устройство для пневматического перемешивания жидкостей



# Схема статического перемешивания потоков

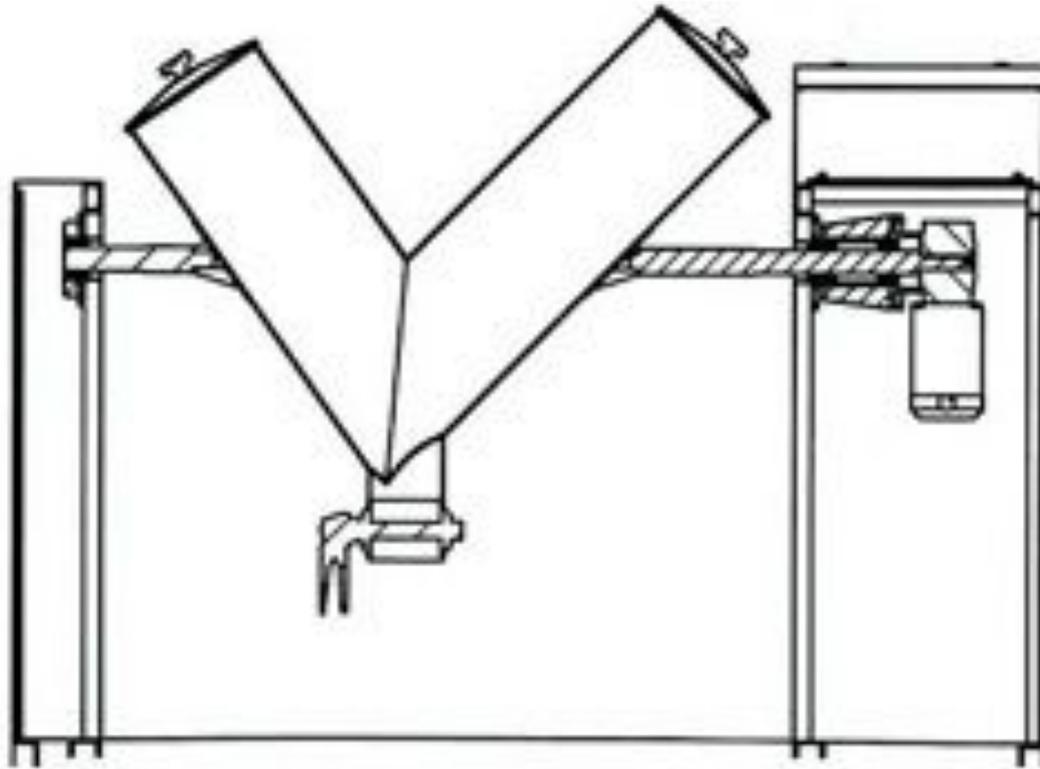


# Схема аппарата с мешалкой



- 1 — электропривод мешалки;
- 2 — стойка привода;
- 3 — уплотнение вала;
- 4 — вал мешалки;
- 5 — корпус;
- 6 — опора аппарата (лапы);
- 7 — рубашка;
- 8 — отражательная перегородка;
- 9 — мешалка;
- 10 — труба передавливания продукта

# Смеситель сыпучих материалов



# Смеситель сыпучих и жидких КОМПОНЕНТОВ



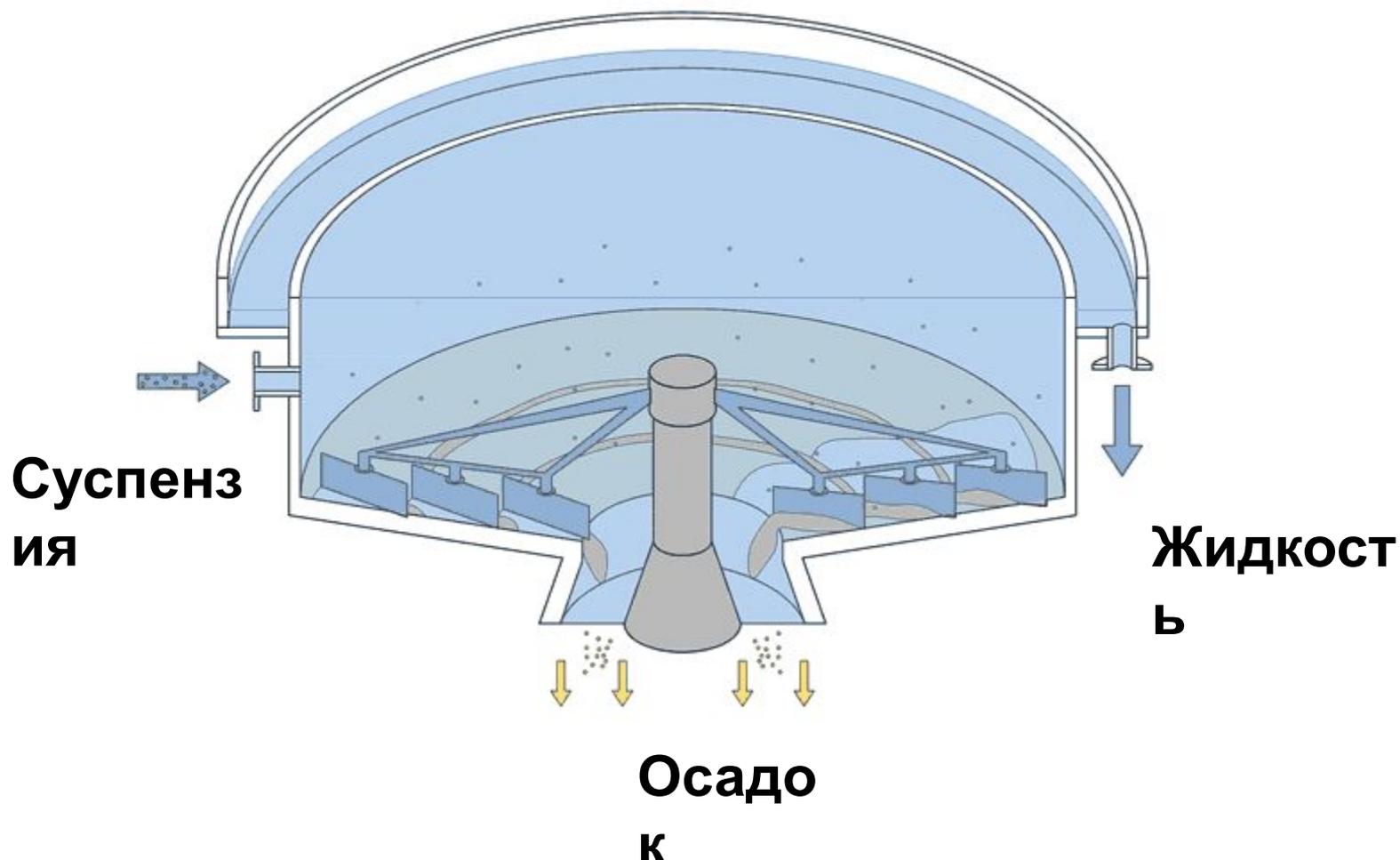
# Смеситель ленточный



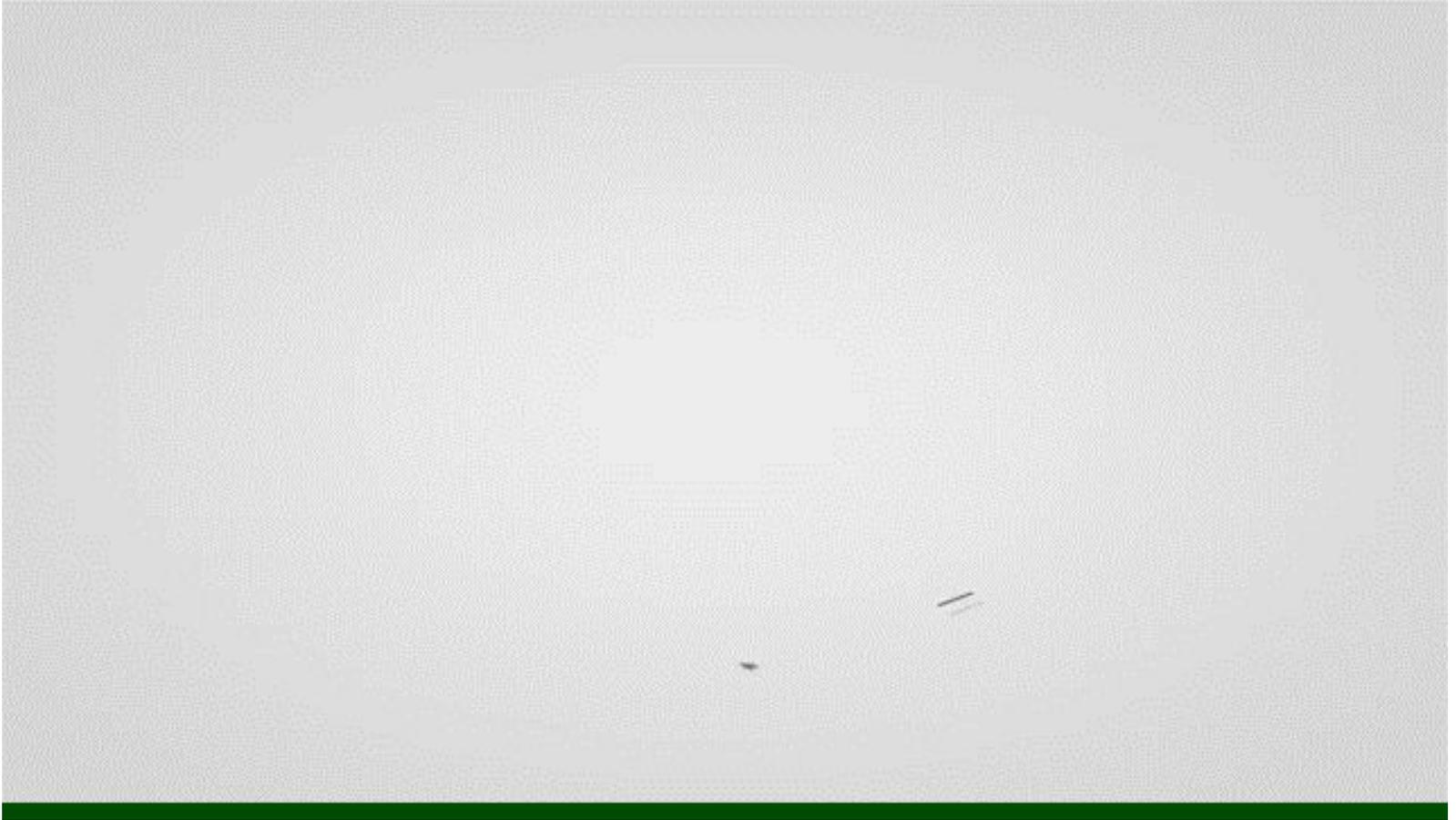
# Осаждение дисперсной фазы

- Эти процессы предназначены для разделения фаз многофазных дисперсных смесей, в которых фазы имеют разную плотность.
- Осаждение представляет собой процесс разделения, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от нее под действием сил тяжести, инерции (в том числе центробежных) или электростатических. Осаждение, происходящее под действием силы тяжести, называется отстаиванием. В основном оно применяется для предварительного, грубого разделения неоднородных систем.

# Одноярусный отстойник



# Отстойник



# Гидроциклоны

# Промышленные гидроциклоны

# Центрифугирование

Это процесс разделения суспензий и эмульсий в поле центробежных сил. Под действием последних осаждение сопровождается уплотнением образующегося осадка, а фильтрование - уплотнением и механической сушкой осадка.



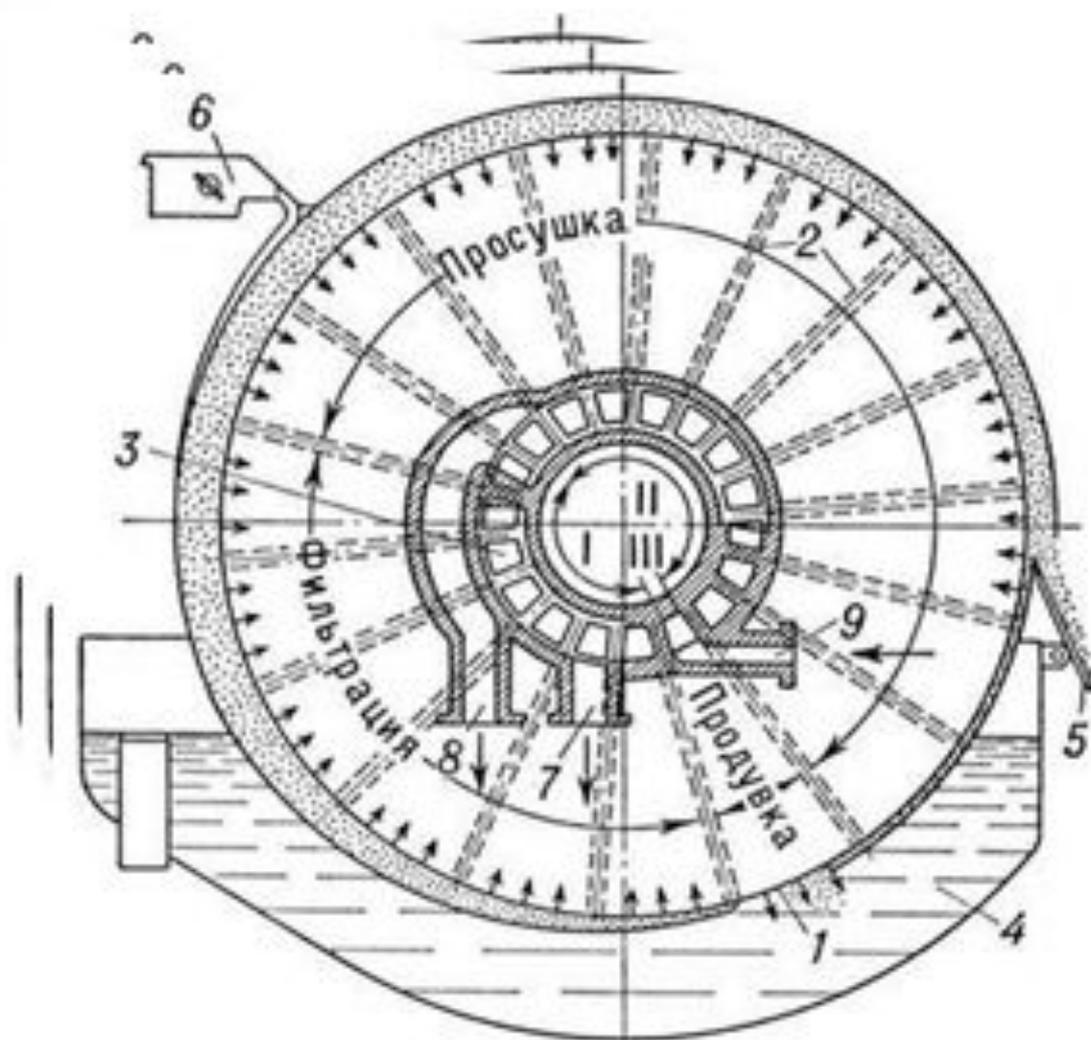
# Фильтрация

- Этот процесс применяют при разделении фаз многофазных дисперсных смесей независимо от плотности их фаз.
- Фильтрация - это процесс разделения с помощью пористой перегородки, способной пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные в них твердые частицы. Оно осуществляется под действием сил давления или центробежных сил и применяется для более тонкого разделения суспензий и пылей.

# Фильтр вертикальный емкостный

ГЭКО-ФИЛЬТР

# Вакуум-фильтр



# Фильтр-пресс

# Теплообменные процессы

- Это процессы, связанные с переносом теплоты от более нагретых тел (или сред) к менее нагретым.
- К ним относятся процессы нагревания, пастеризации, стерилизации, охлаждения, конденсации, выпаривания и т. п.
- Скорость тепловых процессов определяется законами теплопередачи.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ,  
ОСНОВАННАЯ НА ВАКУУМНОМ ВЫПАРИВАНИИ



МЕТАЛЛИСТ  
С А М А Р А



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SAMARA UNIVERSITY

Работа выполнена в рамках Постановления Правительства  
Российской Федерации от 09.04.2010 г. № 218

# Выпаривание



# Концентрирование сыворотки



# Сгущение молока



# Массообменные процессы

**Массообменные (диффузионные) —**

это процессы, связанные с переносом вещества в различных агрегатных состояниях из одной фазы в другую: абсорбция и адсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, растворение, сушка, кристаллизация, сублимация др.

Скорость массообменных процессов определяется законами массопередачи.

# Адсорбер



# Сушка

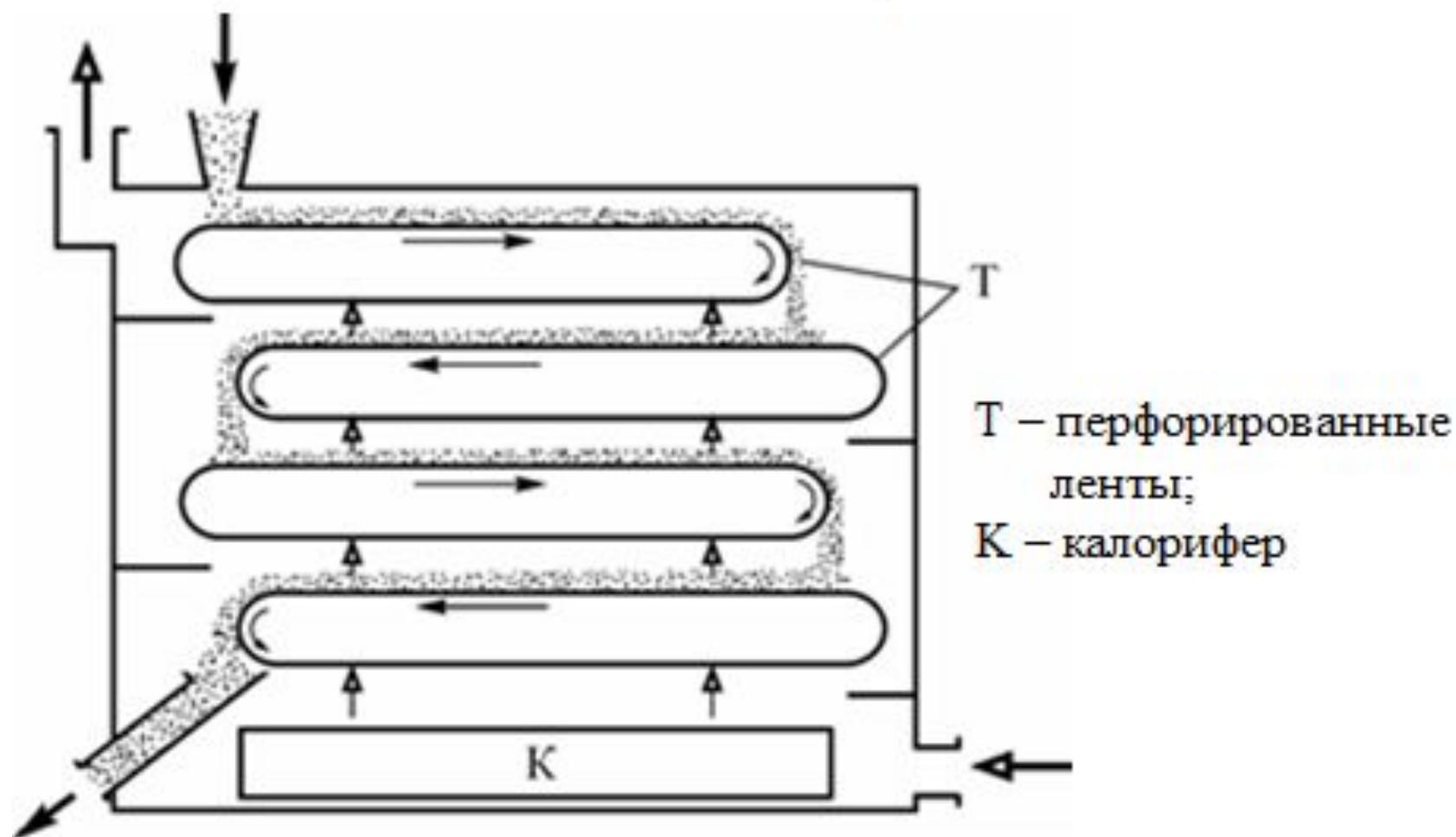
**Сушка** - теплообменный процесс обезвоживания материалов и продуктов.

По способу подвода теплоты к продукту различают следующие виды сушки:

- **конвективная** - путем непосредственного соприкосновения материала с сушильным агентом,
- **контактная** – путем передачи теплоты от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;
- **радиационная** – путем передачи теплоты инфракрасными лучами;
- **диэлектрическая сушка** – путем нагревания в поле токов высокой (сверхвысокой) частоты;
- **сублимационная** - сушка в замороженном состоянии при глубоком вакууме.

# Процесс работы сушилки

# Ленточная сушилка



# Зерносушилка жалюзийная



**Зерносушилка  
жалюзийная**

**Воронеж  
серия М**



# Шахтная сушилка

The logo for Stelma is displayed in a bold, yellow, sans-serif font on a black rectangular background. The word "stelma" is written in lowercase letters. A registered trademark symbol (®) is located at the top right of the letter 'a'. The background of the entire slide is a grey, vertically-ribbed metal texture.

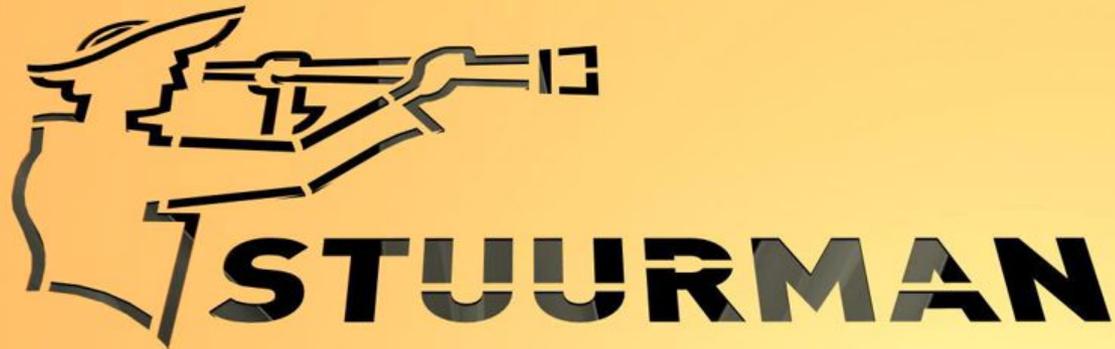
stelma®

# Сушка зерна в силосе

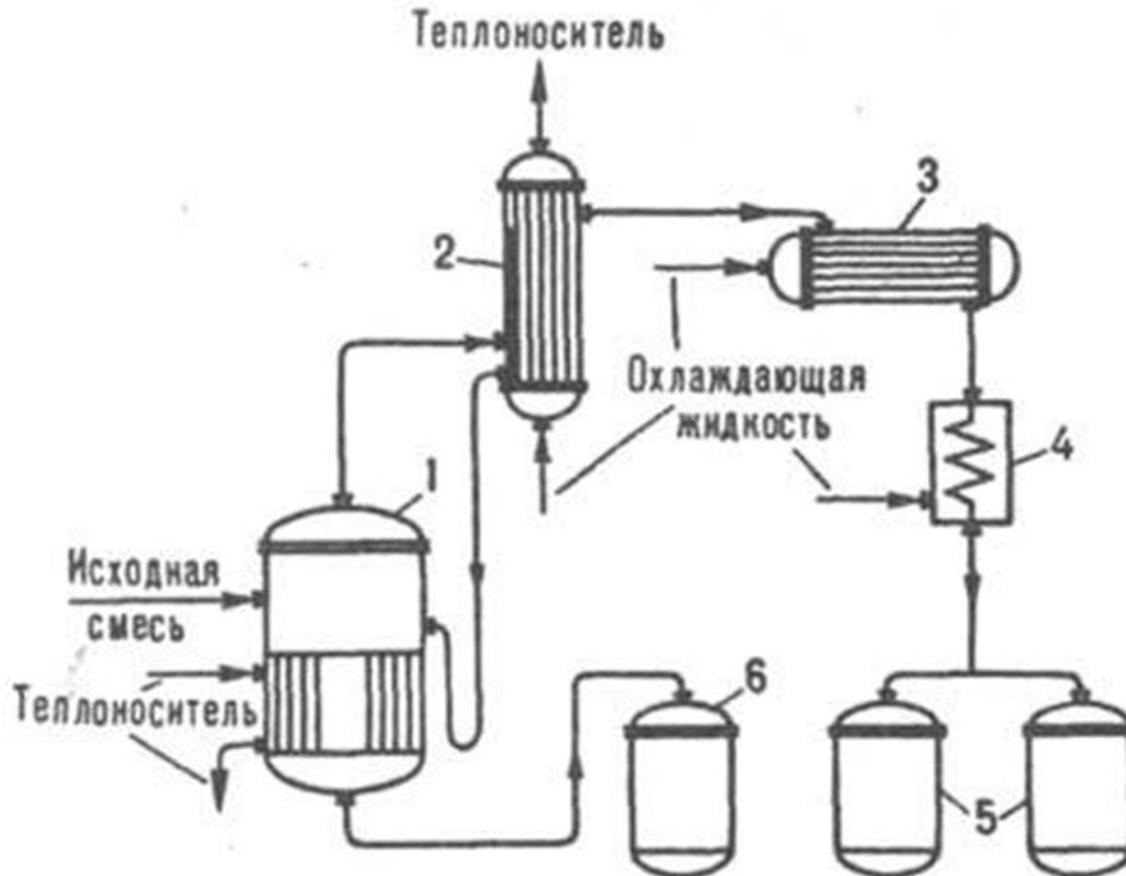
# Конвейерная сушилка



# Колонковая сушилка



**РЕКТИФИКАЦИЯ** (от позднелат. *rectificatio* - выпрямление, исправление), разделение жидких смесей на практически чистые компоненты, отличающиеся температурами кипения, путем многократных испарения жидкости и конденсации паров.





# Механические процессы

**Механические процессы** — это процессы чисто механического взаимодействия тел: измельчение, фракционирование сыпучих материалов, прессование и др.

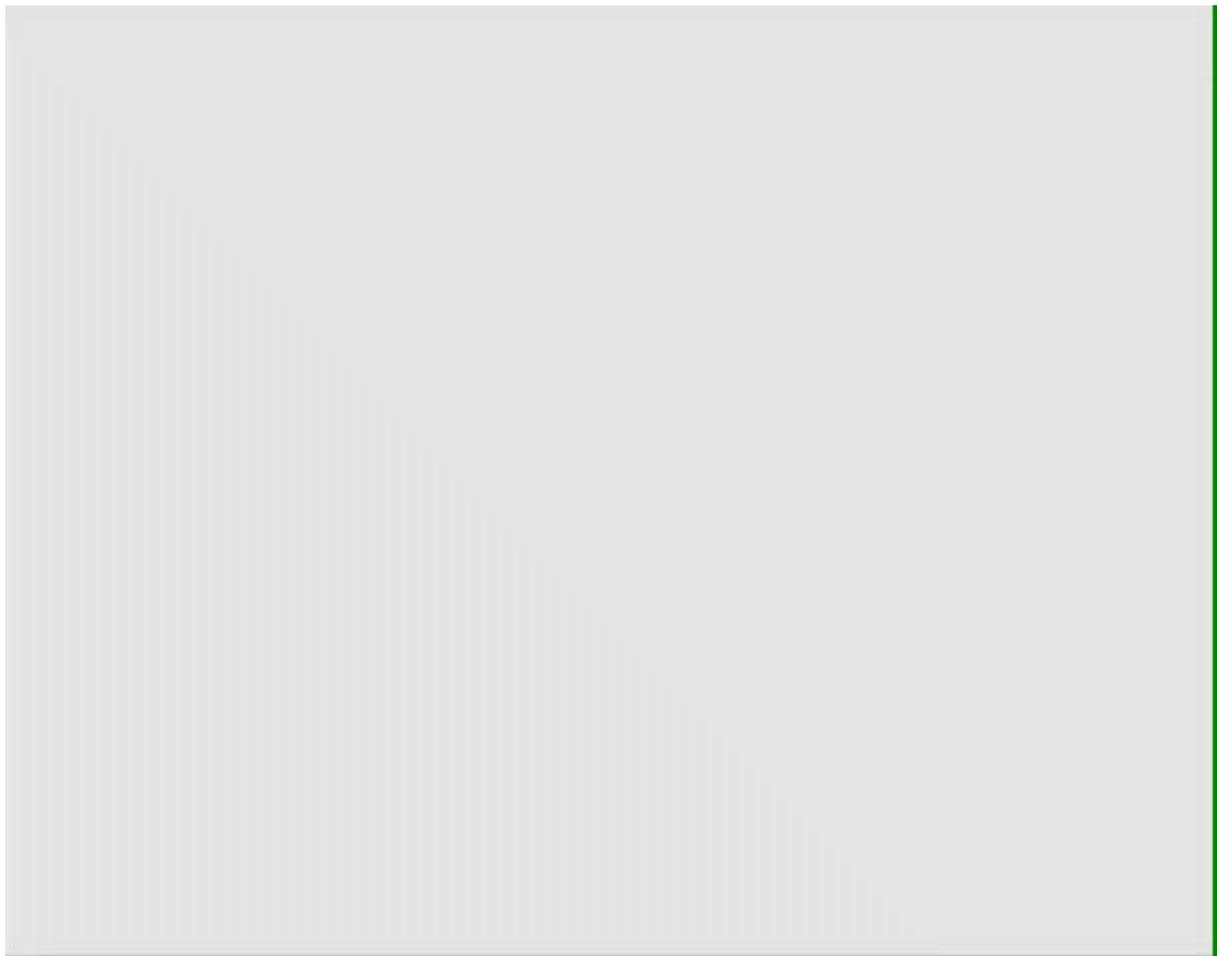
# Измельчение

- **Измельчением** называется процесс разделения твердых тел на части под действием механических сил или иного воздействия. Применяется в мукомольном, пивоваренном, крахмало-паточном, спиртовом производствах.
- Измельчение материала, осуществляемое без придания полученным частицам определенной формы, называется **дроблением**.
- Если одновременно с измельчением куска придается определенная форма, процесс называется **резанием**.

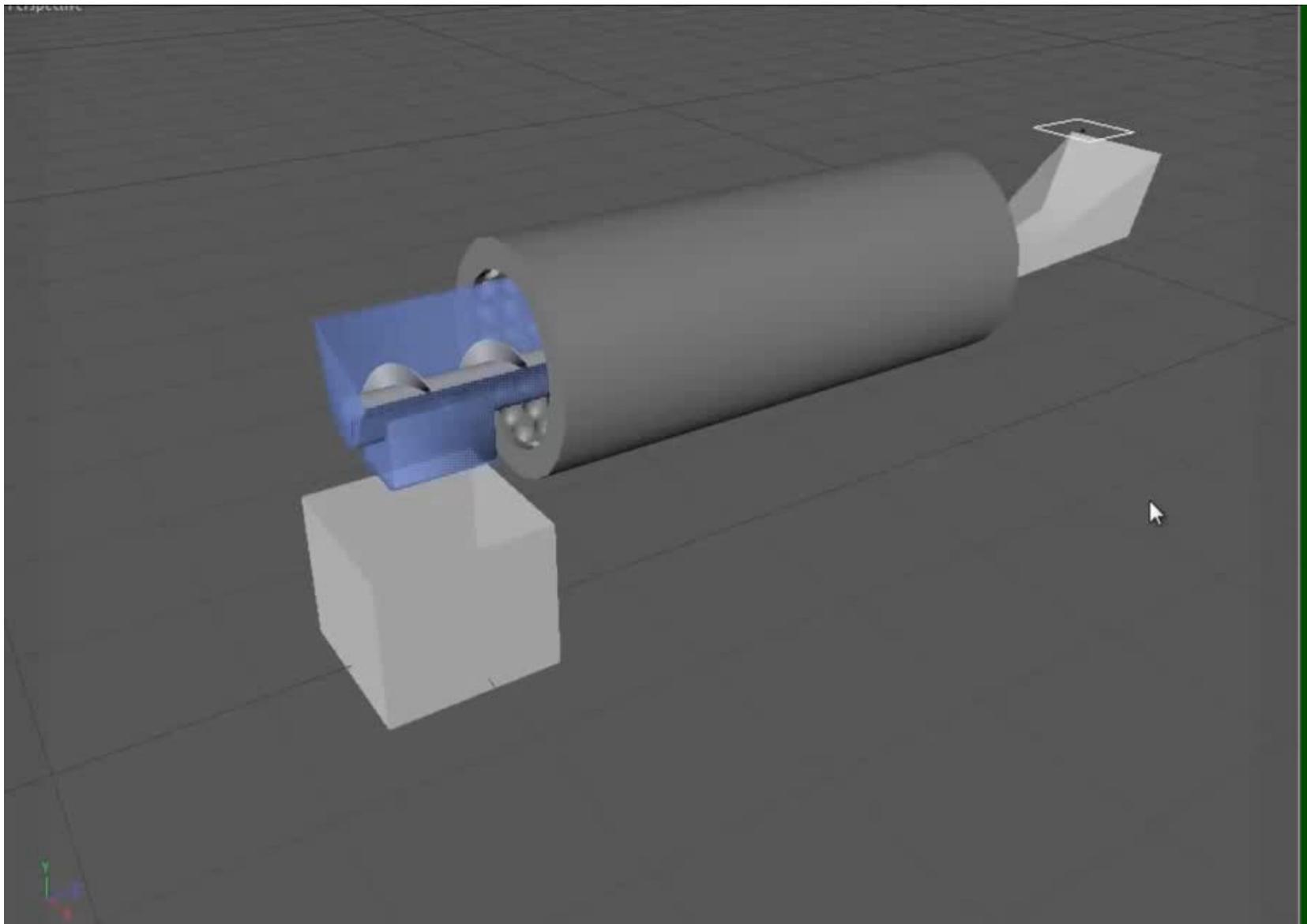
# Молотковая дробилка



# Просеивание



# Триер



# Триерный блок «ПЕТКУС»



# ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ (ПРЕССОВАНИЕ)

Сущность процесса заключается в том, что обрабатываемый материал подвергается внешнему давлению при помощи специальных механических устройств — прессов. При этом могут преследоваться различные цели:

- 1) Отделение жидкости от твердого тела.
- 2) Придание пластическим телам определенной геометрической формы (формирование и штампование).
- 3) Связывание частиц зернистых сыпучих материалов в более крупные агрегаты определенной формы при помощи связующей жидкости и соответствующего давления (прессование)

# Химические и биохимические процессы

- Это процессы, связанные с изменением химического состава и свойств вещества.
- Скорость протекания химических и биохимических процессов определяется законами химической кинетики.

# Классификация процессов по способу организации

По способу организации  
процессы пищевой технологии  
делятся на:

- непрерывные
- периодические

# Периодические процессы

- протекают в аппаратах, в которые через определенные промежутки времени загружаются исходные материалы; после их обработки из этих аппаратов выгружают конечные продукты, т.е. периодические процессы характеризуются тем, что все его стадии протекают в одном аппарате, но в разное время.

# Непрерывные процессы

Поступление исходных материалов в аппарат и выгрузка конечных продуктов производится одновременно и непрерывно.

Следовательно, непрерывный процесс характеризуется тем, что все его стадии протекают одновременно, но разобщены в пространстве, т.е. осуществляются в разных аппаратах или в различных частях одного аппарата.

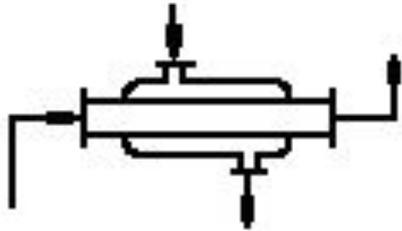
# Аппараты непрерывного действия

По распределению времени пребывания различают две теоретических модели аппаратов непрерывного действия:

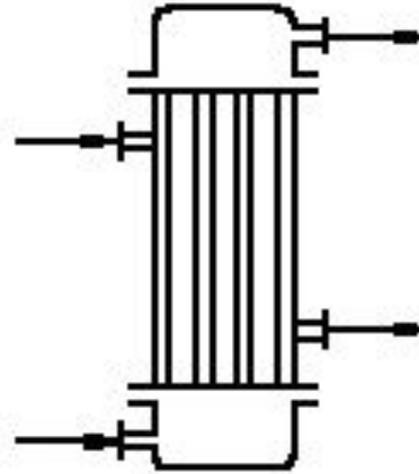
- идеального вытеснения
- идеального смешения.

# Аппараты идеального вытеснения

В аппаратах **идеального вытеснения** все частицы движутся в заданном направлении, не перемешиваясь с движущимися впереди и сзади частицами и полностью вытесняя находящиеся впереди частицы рабочего тела. Время пребывания всех частиц в аппарате идеального вытеснения одинаково. Аппарат идеального вытеснения характеризуется переменной концентрацией веществ по длине аппарата



а)



б)

Рис. 1. Аппараты вытеснения (проточные)

а) однетрубный теплообменник «труба в трубе»;

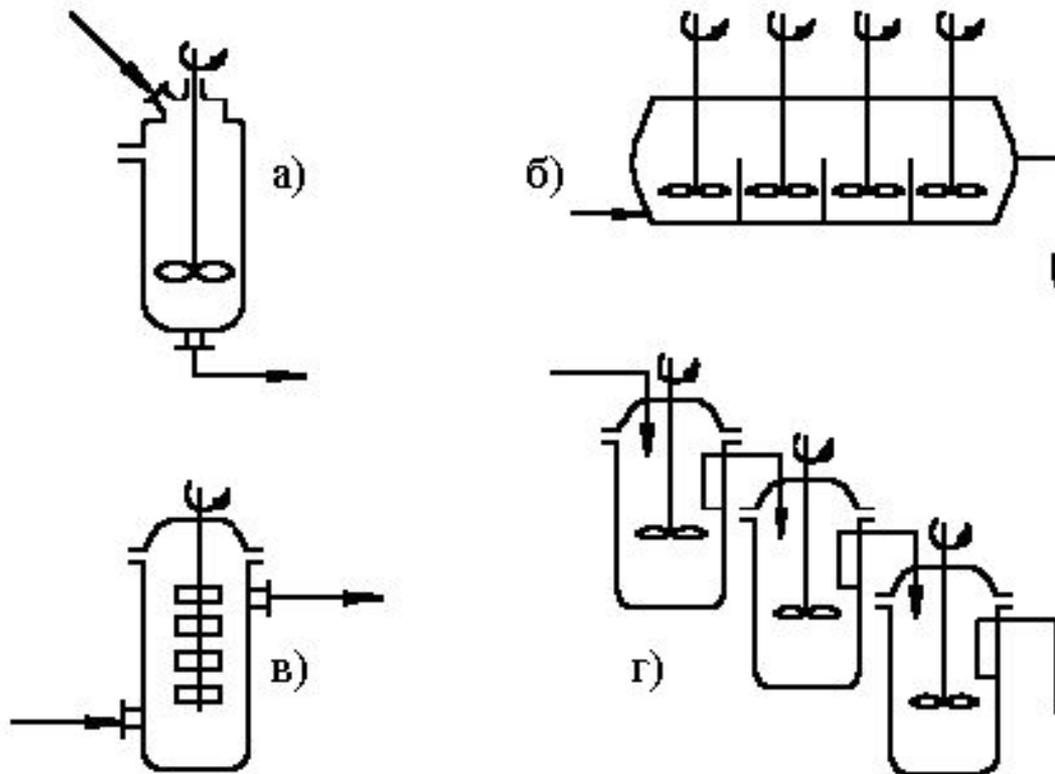
б) многотрубный теплообменник.

# Аппараты смешения

Обычно снабжены каким-либо перемешивающим устройством и характеризуется постоянством концентрации веществ во всем объеме в данный момент времени, вследствие практически мгновенного смешения продуктов в рабочем объеме аппарата.

Время пребывания частиц в аппарате смешения неодинаково.

Поэтому изменение концентрации веществ на входе в аппарат носит скачкообразный характер.



**Рис. 2. Аппараты смешения**

а) одноступенчатый; б) многосекционный горизонтальный;  
в) вертикальный многоступенчатый; г) батарея аппаратов

# Установившиеся и неуставившиеся процессы

В зависимости от изменения параметров процессов (скоростей, температур, концентраций) во времени процессы делятся на установившиеся (стационарные) и неуставившиеся (нестационарные или переходные).

В установившемся процессе значения каждого параметра в данной точке постоянны во времени, а в неуставившемся – переменны.

# Список рекомендуемой литературы

1. Процессы и аппараты пищевых производств./ Остриков А.Н., Красовицкий Ю.В., Шевцов А.А. и др. Учебник для вузов. - С.-П. ГИОРД, 2007,
2. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос. 2000.
3. Панфилов В.А. Машины и аппараты пищевых производств. Книга 1, книга 2. – М.: Колос. 2001.
4. Оболенский Н.В. Процессы и аппараты пищевых производств при переработке продукции растениеводства. М.: Колос. 2008.
5. Панфилов В.А. Введение в специальность «Машины и аппараты пищевых производств». М.: Колос. 2008.

6. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств». Воронеж, ВГАУ. 2009. Заказ № 965R
7. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств». Воронеж, ВГАУ. 2009. Заказ № 4113

# **Продолжение следует**

- [vorontsov1946@mail.ru](mailto:vorontsov1946@mail.ru)