

*Процессы и  
аппараты пищевых  
производств*

<b>Направление подготовки</b>	<b>Лекций</b>	<b>Лаборат. работ</b>	<b>Курсовая работа</b>	<b>Экзамен</b>
<i>Технологическое оборудование...</i>	36	72	+	+
<i>Технология хлеба</i>	36	36	+	+

# Литература

## Основная:

1. Плаксин Ю.М., Малахов И.Н., Ларин В.А. Процесс и аппараты пищевых производств. М.: КолосС, 2008.
2. Кавецкий Г.Д., Касьяненко В.П. Процессы и аппараты пищевой технологии. М.: Колос, 2008.
3. Аминов М.С., Мурадов М.С., Аминова Э.М. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Колос, 2000.

## Дополнительная:

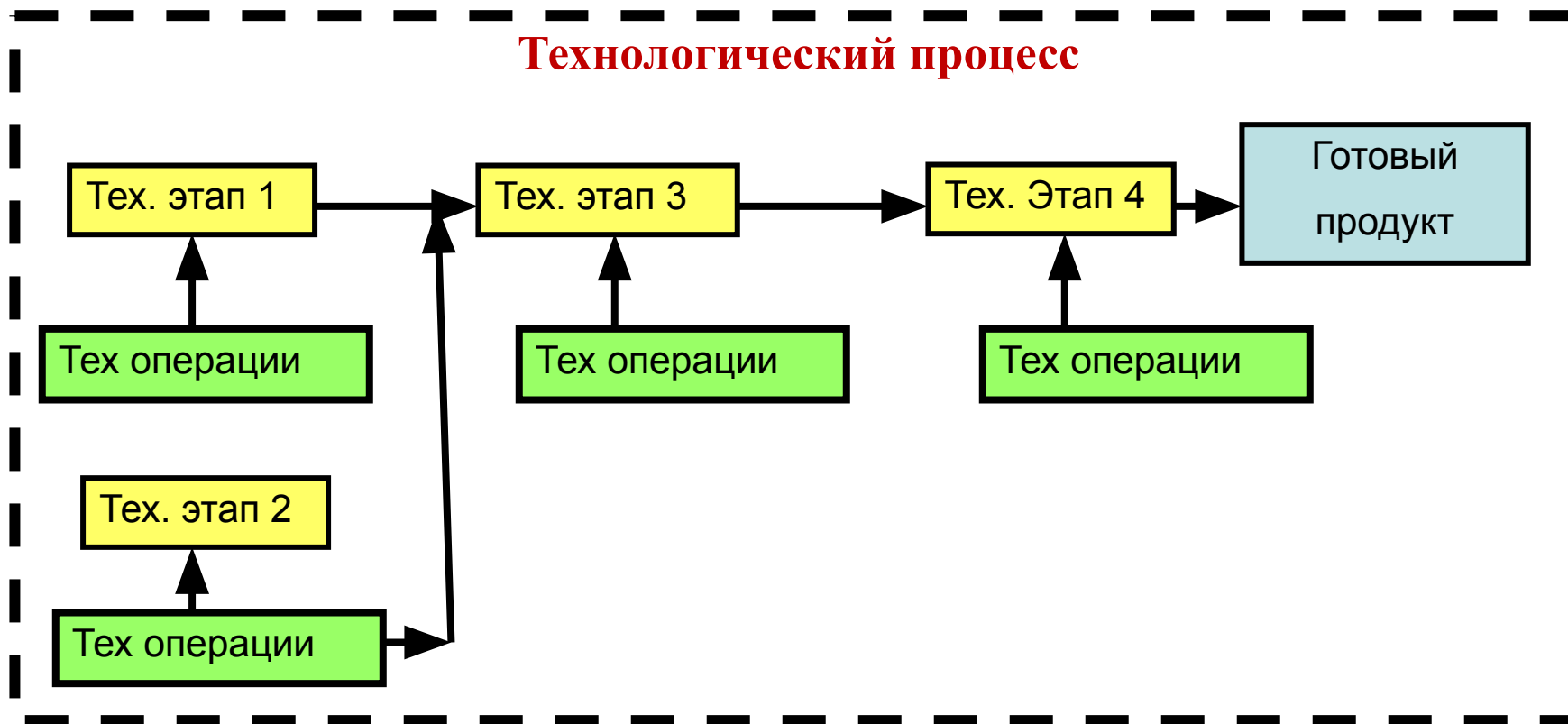
1. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. М.: Колос, 2000.
2. Горбатюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Колос, 1999.
3. Антипов С.Т., и др. Машины и аппараты пищевых производств. М.,: Высшая школа, 2001.
4. Процессы и аппараты химической технологии. Механические и гидромеханические процессы, т. 2/Д.А. Баранов, В.Н. Блиничев, А.В. Вязьмин и др. – М.: Логас. -2002.
5. Антипов С.Т., Добромиров В.Е., Кретов И.Т. и др. Введение в специальность»Машины и аппараты пищевых производств. –М.: КолосС, 2008.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ



Рис. 1. Классификация процессов пищевых производств

# *Технологический процесс*



# Типы технологических процессов

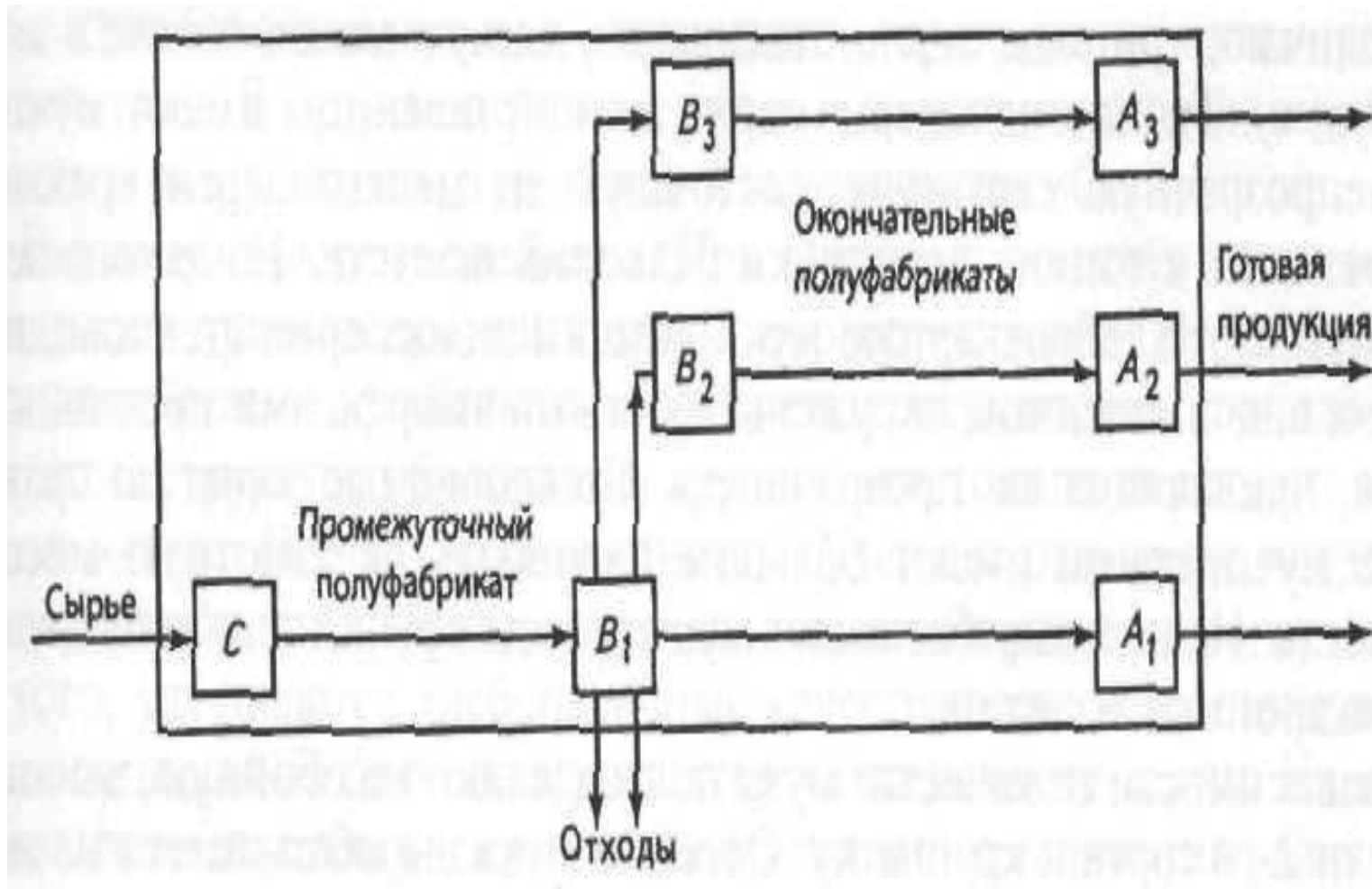
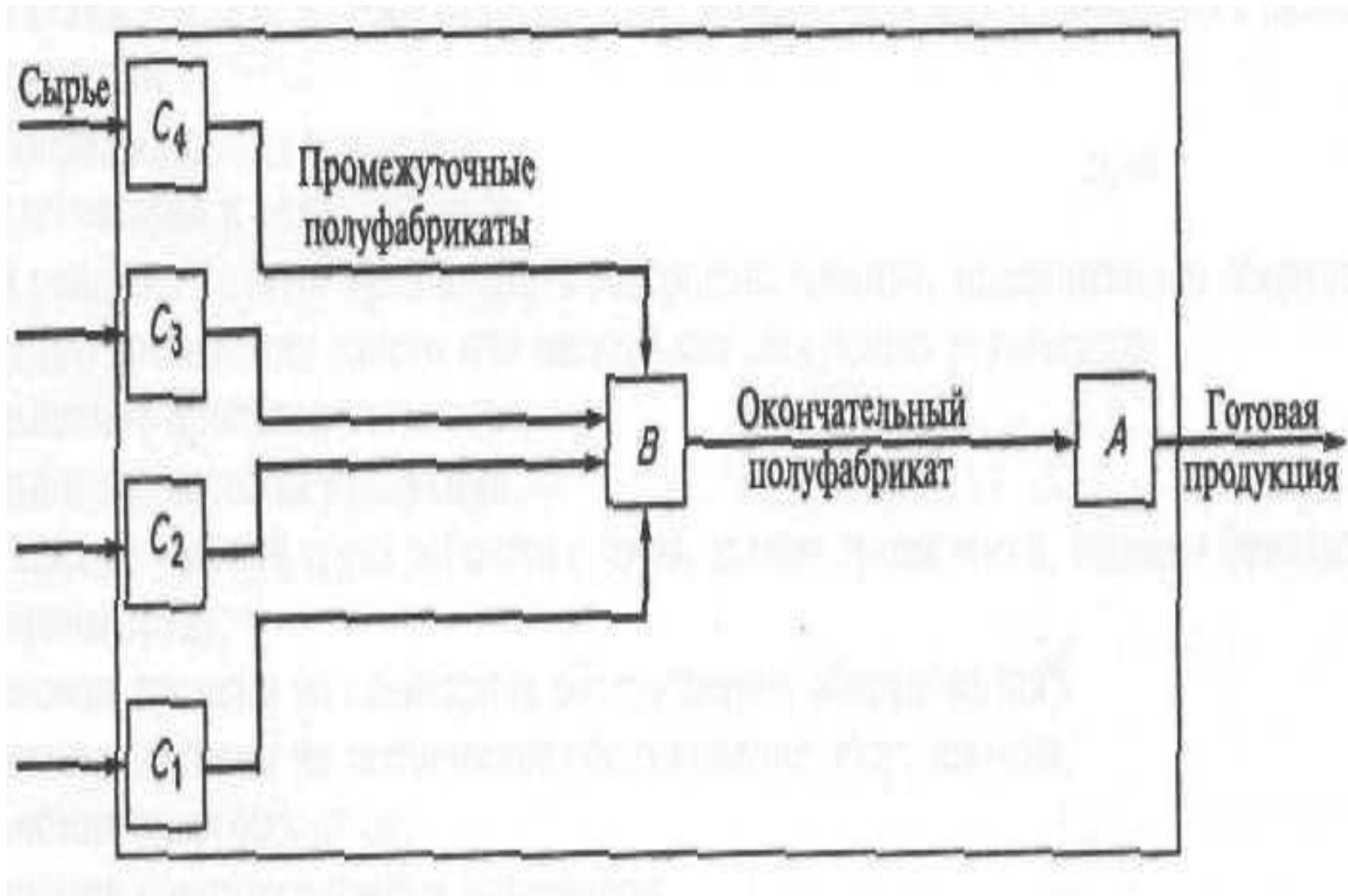
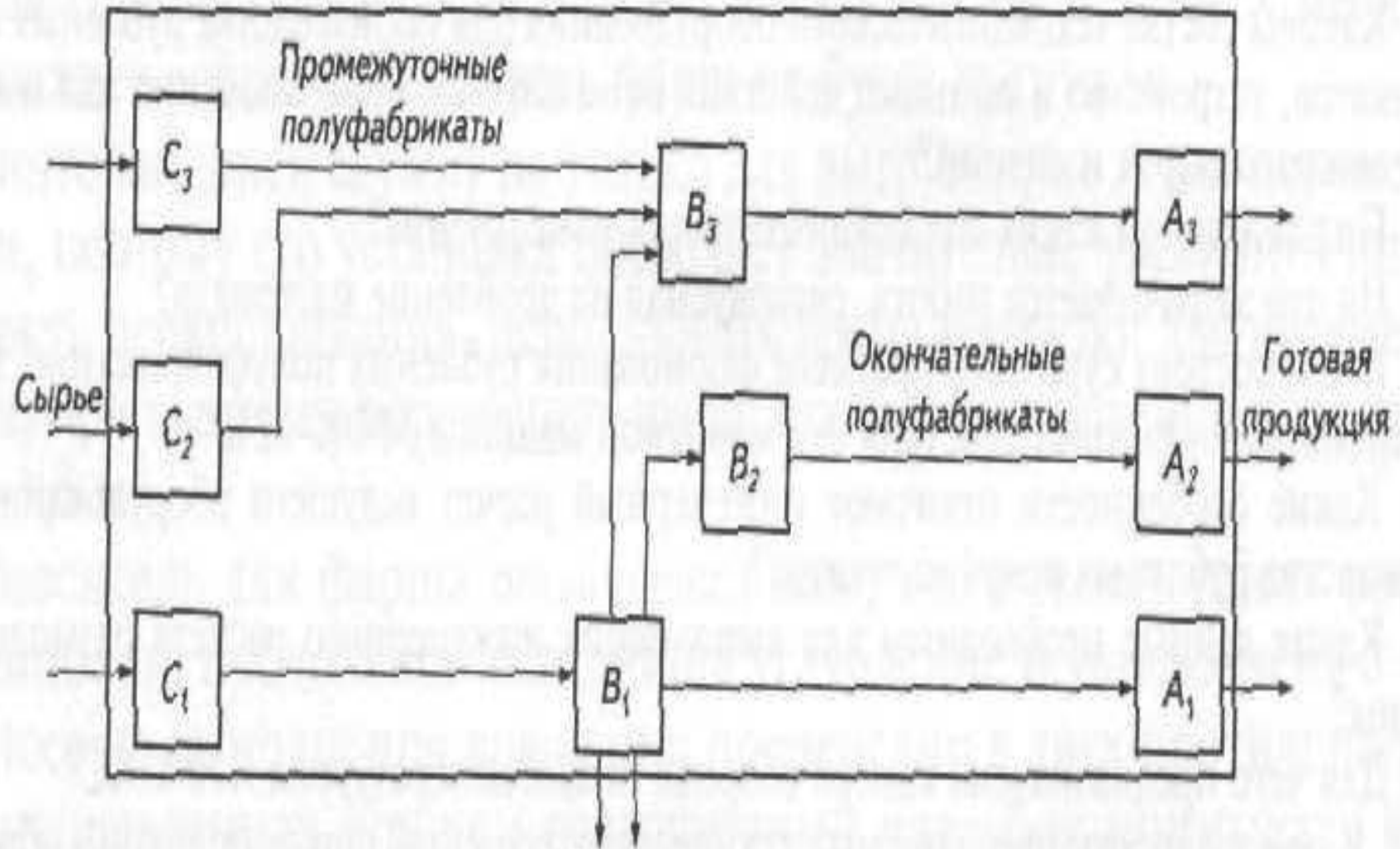


Рис.1.1. Структурная схема линий по производству пищевых продуктов путем разборки исходного сырья на компоненты.



**Рис.1.2. Структурная схема линий по производству пищевых продуктов путем разборки исходного сырья на компоненты.**



**Рис.1.3. Структурная схема линий по производству пищевых продуктов путем комбинированной переработки компонентов исходного сырья.**



**Физическая плотность:**  $\rho_{\phi} = M / V, (\text{кг} / \text{м}^3);$

где  $M$  – масса тела, кг;  
 $V$  – объем тела, м<sup>3</sup>.

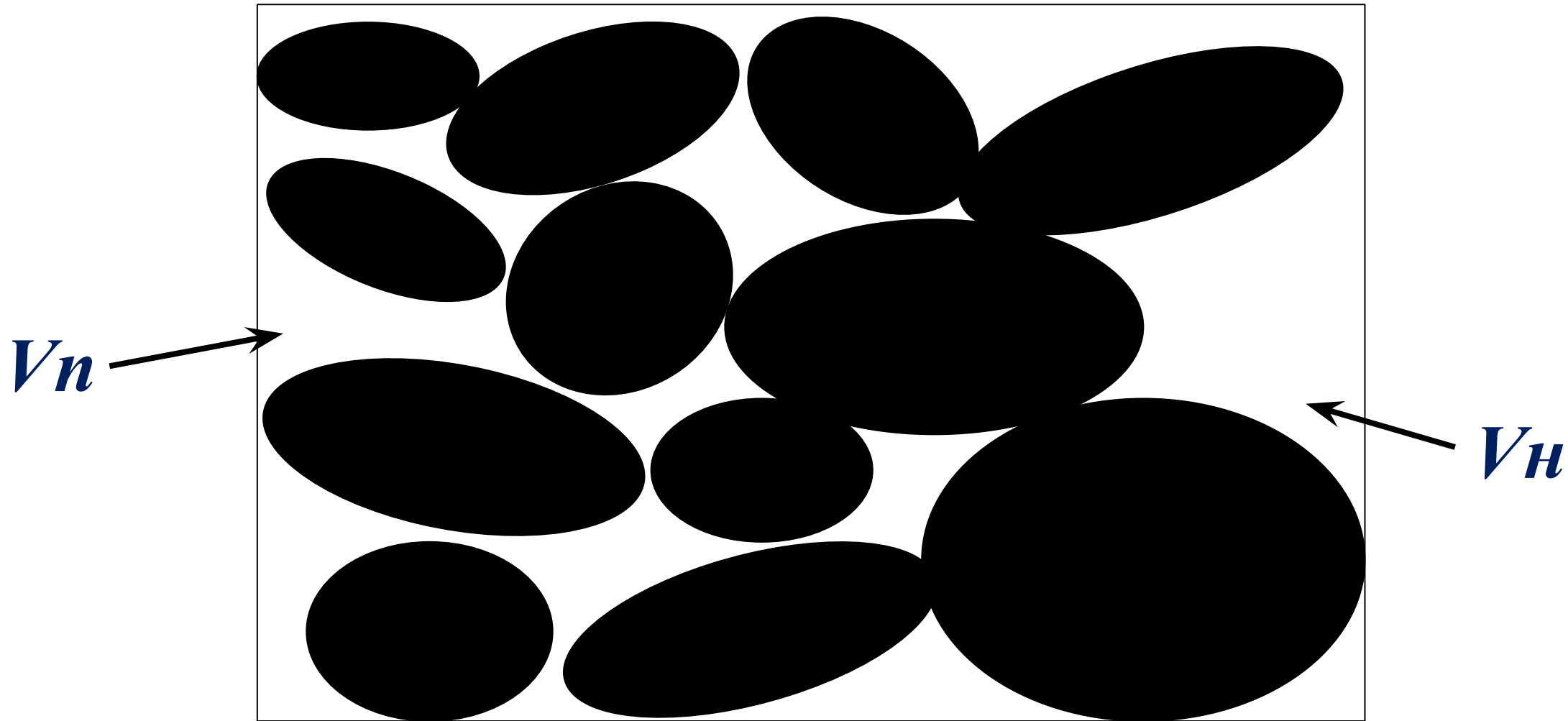
**Удельный объем:**  $V_{\text{уд}} = 1 / \rho = V / M, (\text{м}^3 / \text{кг});$

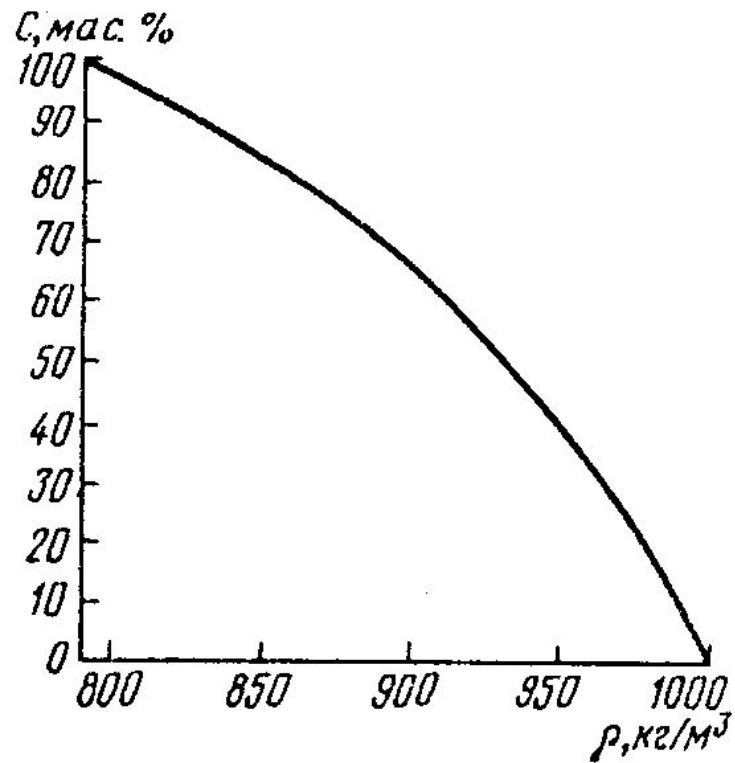
**Насыпная плотность:**  $\rho_H = (1 - \varepsilon) \cdot \rho_{\phi}, (\text{кг} / \text{м}^3);$

где  $\varepsilon$  – порозность (пористость) сыпучего материала;  
 $\rho_{\phi}$  – физическая плотность частиц материала, кг/м<sup>3</sup>.

$\varepsilon = \frac{V_n}{V_H};$   $V_n$  – объем пустот свободно насыпанного материала, м<sup>3</sup>;  
 $V_H$  – объем свободно насыпанного материала, м<sup>3</sup> ;

**Относительная плотность:**  $\rho_{\text{отн}} = \frac{\rho_i}{\rho_v};$





**График зависимости плотности водно-спиртового раствора  $\rho$  от его концентрации  $C$ .**

**Удельный вес:** 
$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V} = \rho_{\phi} \cdot g, (H / M^3);$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$  ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ).

**Динамическая вязкость:**

$$\mu = \frac{P}{F} \cdot \left(\frac{dl}{dv}\right); \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

где  $P$  – сила, возникающая между движущимися слоями, Н;  
 $F$  – площадь приложения силы;  
 $dl$  – изменение расстояние между слоями, м;  
 $dv$  – скорость сдвига, м|с

**Кинематическая вязкость:**  $\nu = \frac{\mu}{\rho}, (\text{м}^2 / \text{с});$

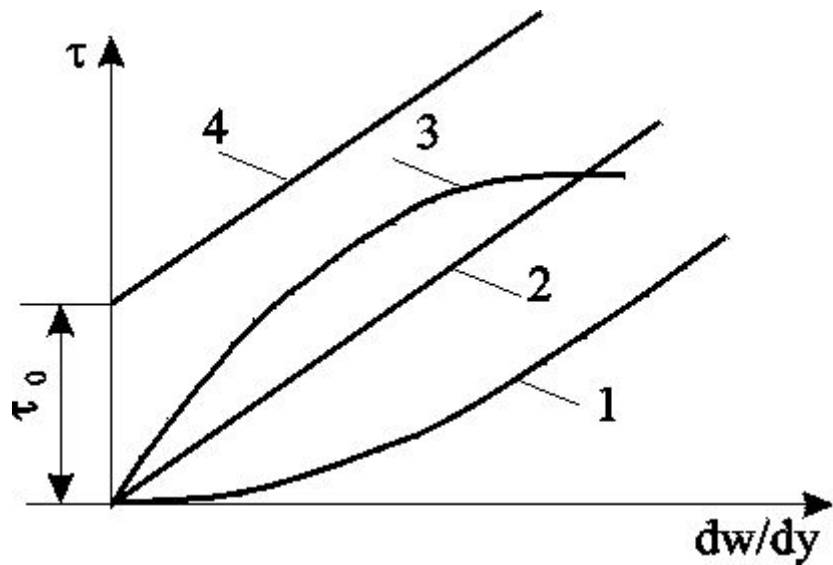
где  $\mu$  – динамическая вязкость (коэффициент динамической вязкости), Па·с;  
 $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>.

**Закон внутреннего трения Ньютона:**

$$\tau = \mu \cdot \left(\frac{dv}{dl}\right), \text{Па};$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига, Па;

$\frac{dv}{dl}$  – градиент скорости, кг/м<sup>3</sup>.



**График кривых течения**

- 1 – концентрированная суспензия;
- 2 – чистая вода (ньютоновская жидкость);
- 3 – псевдопластичная жидкость;
- 4 – бингамовская жидкость.

**Удельная теплоемкость зерна:**

$$c = 1550 + 26,4w, (\text{Дж} / \text{кг} \cdot \text{K});$$

где  $w$  – влажность зерна, %.

**Удельная теплопроводность жидкости при температуре  $t$ :**

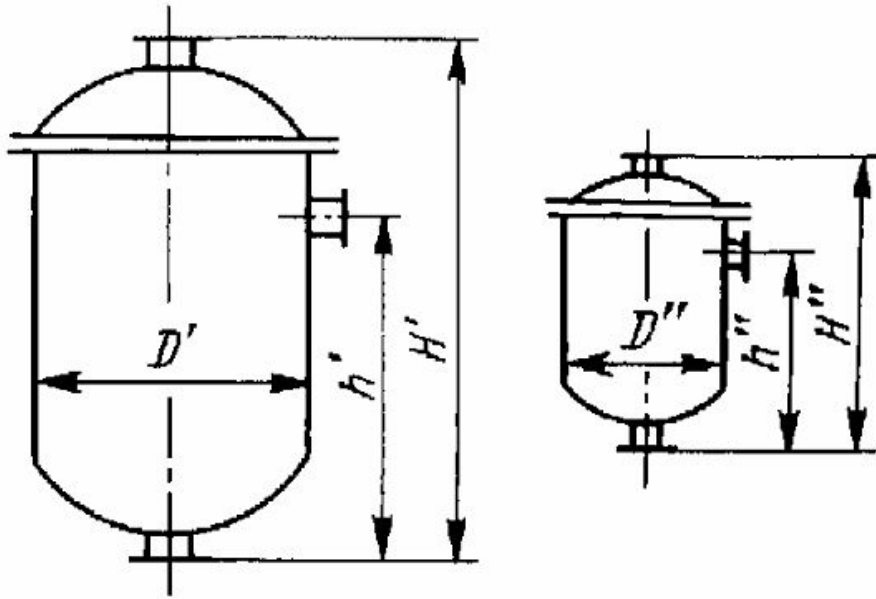
$$\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)], \text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$$

где  $\varepsilon$  – температурный коэффициент;  $^{\circ}\text{C}^{-1}$

**Температуропроводность:**

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, (\text{м}^2 / \text{с});$$

# Теория подобия



*Геометрическое подобие*

$$\frac{H'}{H''} = \frac{h'}{h''} = \frac{D'}{D''} = \dots = \text{const} = k_l$$

*Временное подобие*

$$\frac{\tau_1'}{\tau_1''} = \frac{\tau_2'}{\tau_2''} = \dots = \text{const} = k_\tau$$

*Подобие физических величин*

$$\frac{\rho_1'}{\rho_1''} = \frac{\rho_2'}{\rho_2''} = \dots = \text{const} = k_\rho$$

# *Некоторые критерии подобия*

<b>Критерий</b>	<b>Формула</b>	<b>Физический смысл</b>
<b>Критерий Рейнольдса (критерий режима течения жидкости)</b>		<b>Характеризует режим течения жидкости</b>
<b>Критерий Галилея (критерий подобия силовых полей при свободном падении)</b>		<b>Отношения сил вязкостного трения и тяжести в потоке</b>
<b>Критерий Фруда (критерий подобия сил инерции и тяжести)</b>		<b>Мера отношения сил инерции к тяжести.</b>
<b>Критерий Пекле (подобие молекулярного и конвективного теплопереноса)</b>		<b>Мера отношения молекулярного и конвективного теплообмена</b>
<b>Критерий Прандтля (тепловой критерий физических свойств среды)</b>		<b>Отношение способности среды передавать движение трением и передавать теплоту.</b>

# Дробление

Степень измельчения:  $i = \frac{d_n}{d_k}$

$d_n$  - средний размер куска материала до измельчения

$d_k$  - средний размер куска материала после измельчения

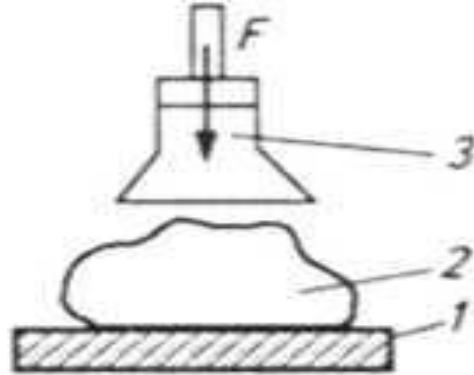
## Виды измельчения

	Вид измельчения	$d_n$ , мм	$d_k$ , мм
1.	крупное	1500...2000	250...25
2.	среднее	200...25	25...5
3.	мелкое	25...5	5...1
4.	тонкое	5...1	1...0,075
5.	коллоидное	0,2...0,1	До $1 \times 10^{-4}$



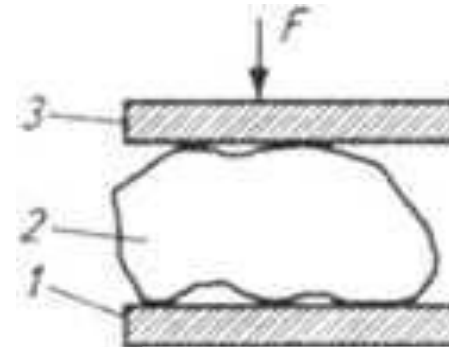
# Виды дробления

## 1. Дробление ударом



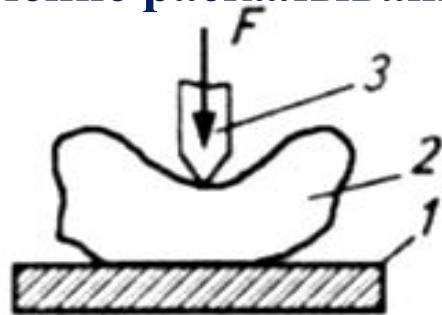
- 1- опорная плита;
- 2- материал;
- 3 - ударный инструмент

## 2. Дробление раздавливанием



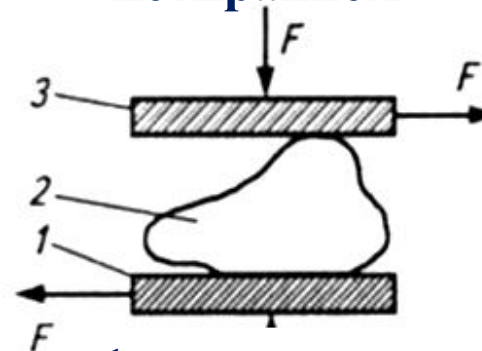
- 1 - опорная плита;
- 2 - материал;
- 3 –нажимная плита.

## 3. Дробление раскалыванием



- 1 – опорная плита;
- 2 – материал;
- 3 – клинообразный рабочий орган.

## 4. Дробление истиранием



- 1 – опорная плита;
- 2 – материал;
- 3 – нажимная плита.

# Расход энергии на дробление

## Теории дробления

- 1. Поверхностная теория** - при измельчении работа расходуется на преодоление сил молекулярного притяжения по поверхностям разрушения материала.
- 2. Объемная теория** исходит из того, что при измельчении работа расходуется на деформации материала и пропорциональна уменьшению объема кусков материала перед их разрушением.

## Уравнением Ребиндера

$$A = A_D + A_{\Pi} + A_{И} = k_1 \cdot \Delta V + k_2 \cdot \Delta F + A_{И}$$

$A_D$  - работа, затрачиваемая на деформацию объема разрушаемого куска, Дж;

$A_{\Pi}$  - работа, затрачиваемая на образование новой поверхности, Дж;

$A_{И}$  - работа, затрачиваемая на износ и деформацию рабочих органов аппарата и образование тепла, Дж;

$k_1$  - коэффициент пропорциональности, равный работе деформирования единицы объема тела;

$\Delta V$  - изменение объема разрушаемого тела, м<sup>3</sup>;

$k_2$  - коэффициент пропорциональности, равный работе, затрачиваемой на образование единицы новой поверхности;

$\Delta F$  - приращение вновь образованной поверхности.

Работа деформации при сжатии:

$$A_{Д} = \frac{\sigma^2 \cdot \Delta V}{2E}$$

$\sigma$  - разрушающее напряжение сжатия, Па;

$\Delta V$  - уменьшение объема кусков материала в результате их деформации перед разрушением, м<sup>3</sup>;

$E$  - модуль упругости материала, Па.

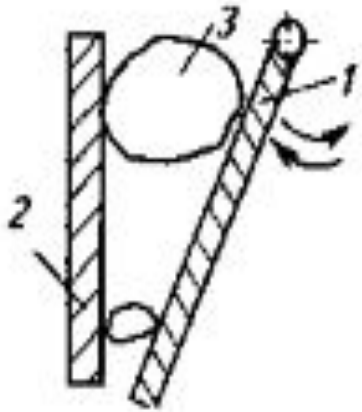
При грубом дроблении :

$$A = A_{Д} = \frac{\sigma^2 \cdot \Delta V}{2E}$$

При большой степени измельчения :

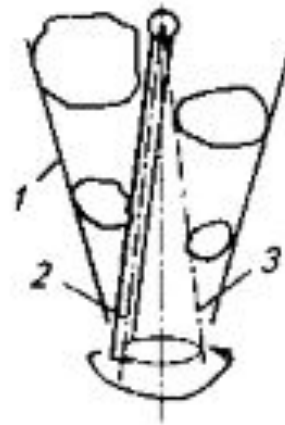
$$A = A_{П} = k_2 \cdot \Delta F$$

# Схемы дробилок



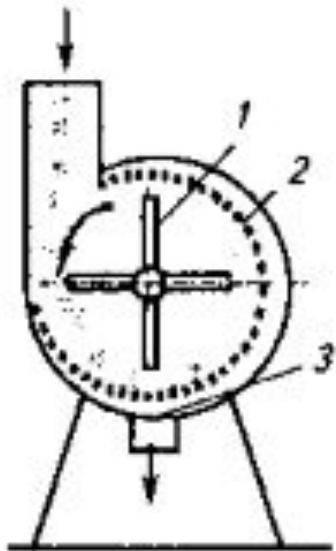
## а) Щековая дробилка:

1. Подвижная щека;
2. Неподвижная щека;
3. Измельчаемое сырье.



## б) Конусная (гирационная) дробилка:

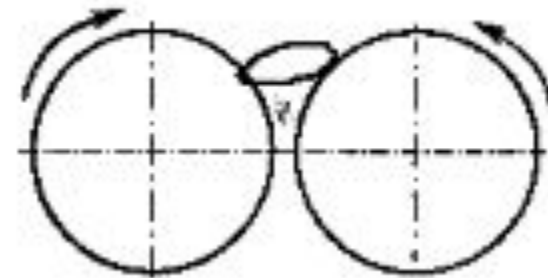
1. Подвижная дека;
2. Неподвижная дека;
3. Измельчаемое сырье.

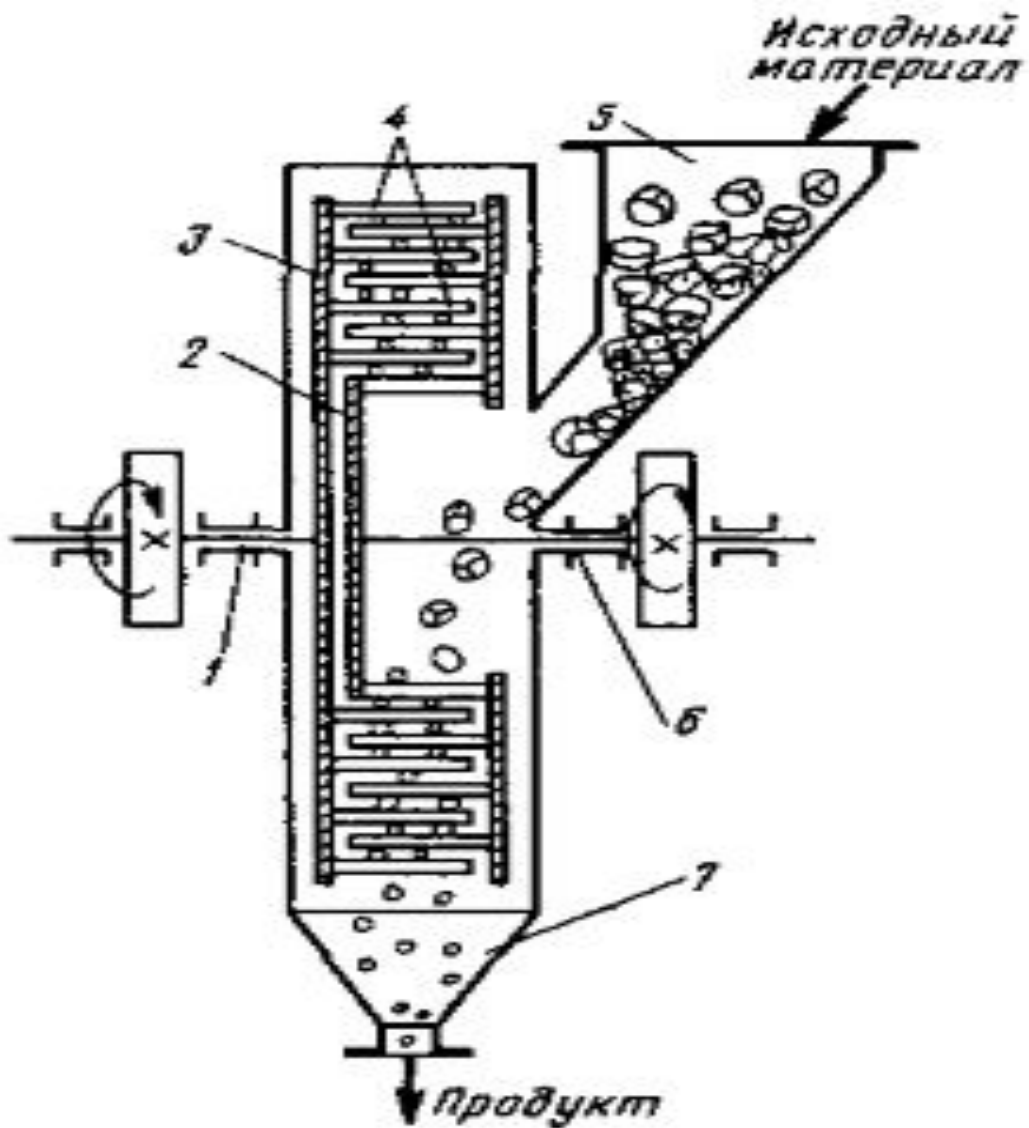


## в) Молотковая дробилка:

1. молоток;
2. ситовой пояс;
3. Патрубок для готового продукта.

## г) Вальцовая дробилка:





## Дезинтегратор

1, 6 - валы;

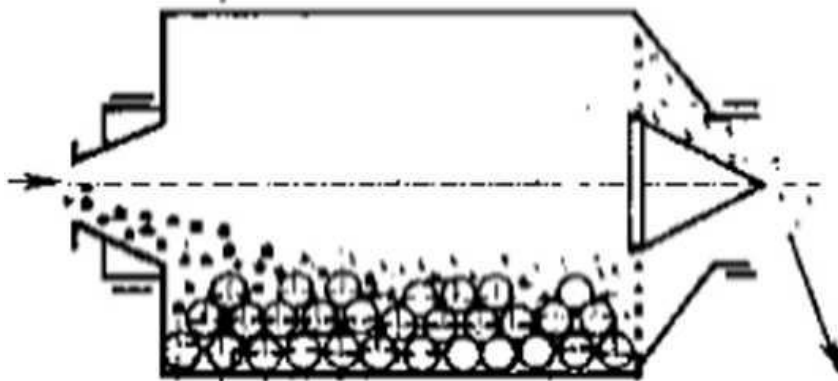
2, 3 - диски;

4 - пальцы била;

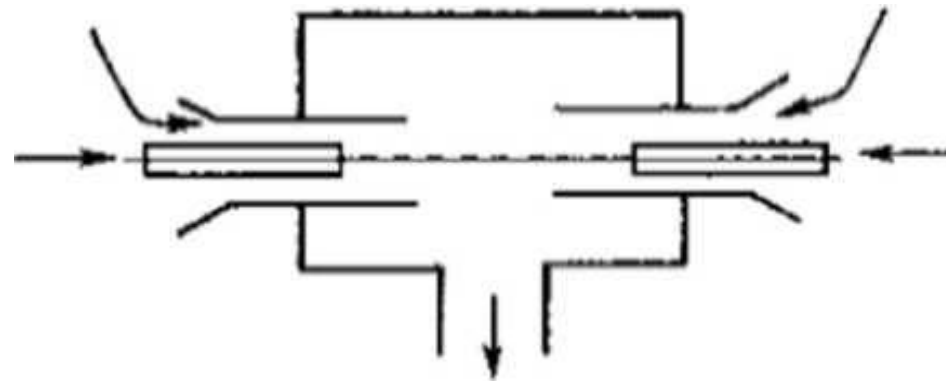
5 - загрузочная воронка

7 - разгрузочная воронка.

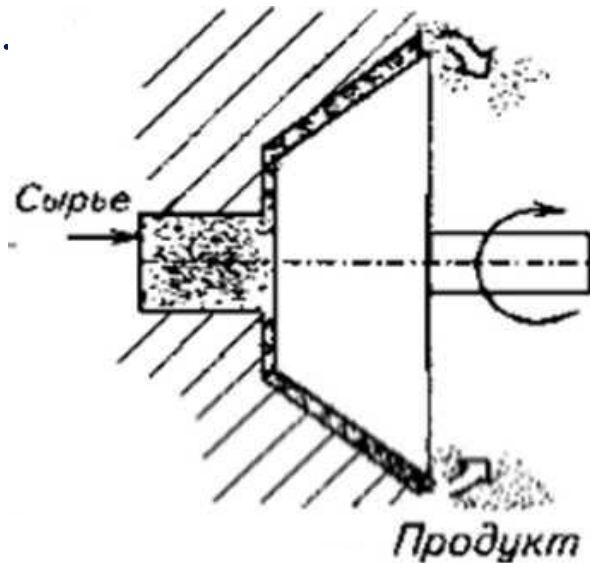
## Схемы мельниц



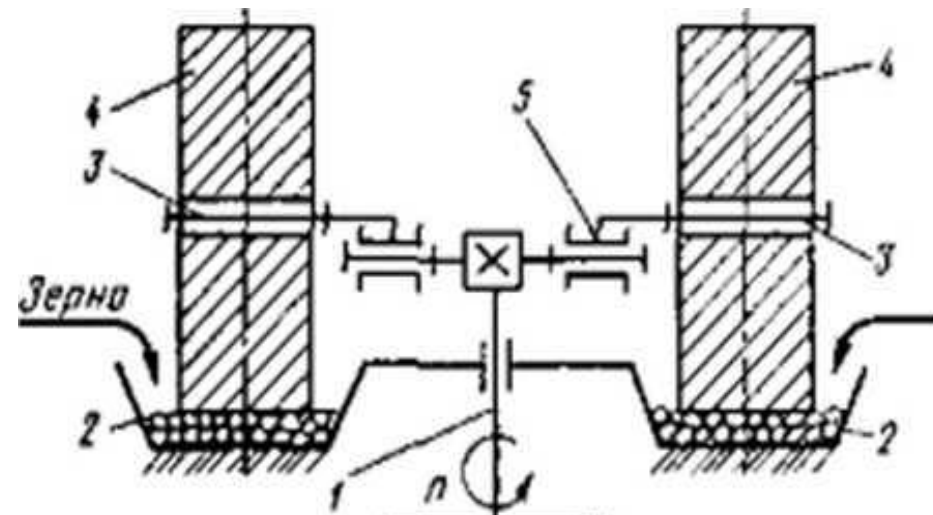
а) шаровая (стержневая)



б) струйная мельница

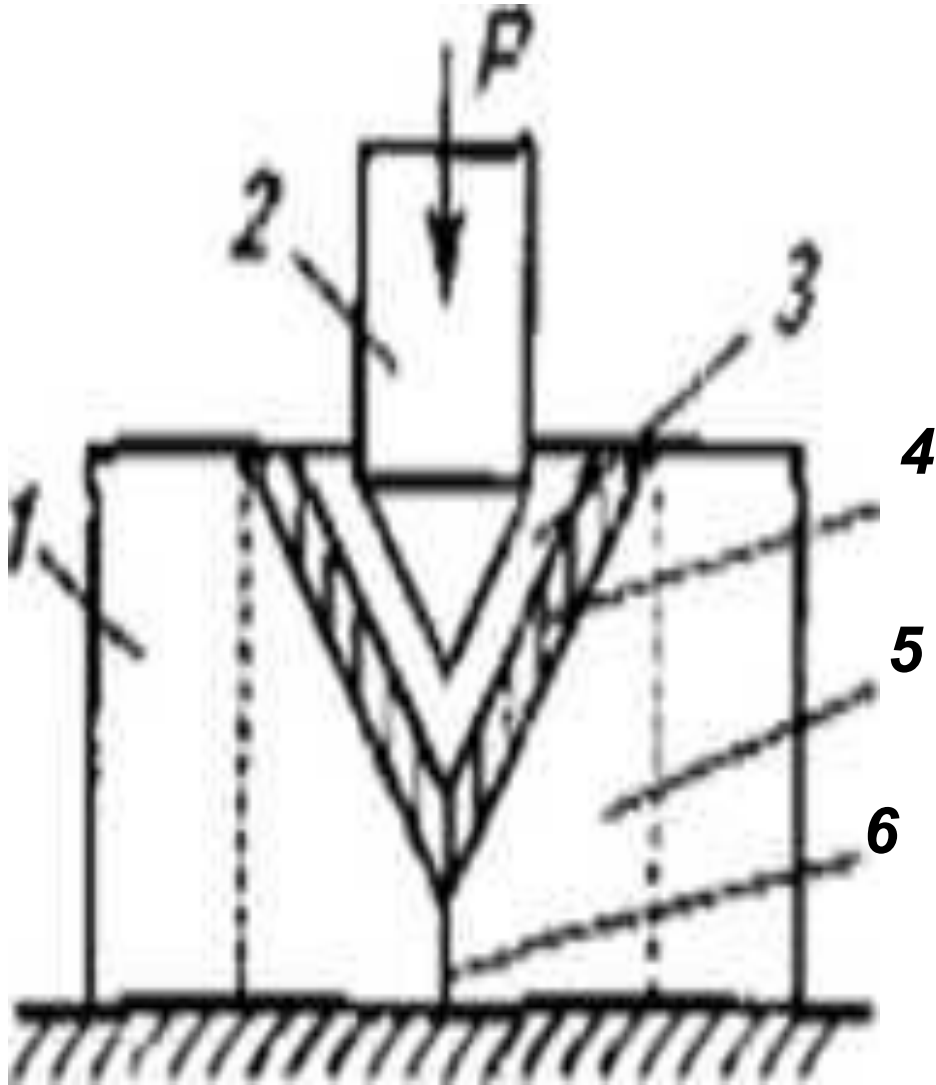


в) коллоидная мельница



1 - вертикальный вал; 2 - чаши; 3 - горизонтальные оси; 4 - жернова (катки); 5 - кривошип.

# *Схема зоны резания материала*



**1 —** разрезаемый материал;

**2—** режущий инструмент;

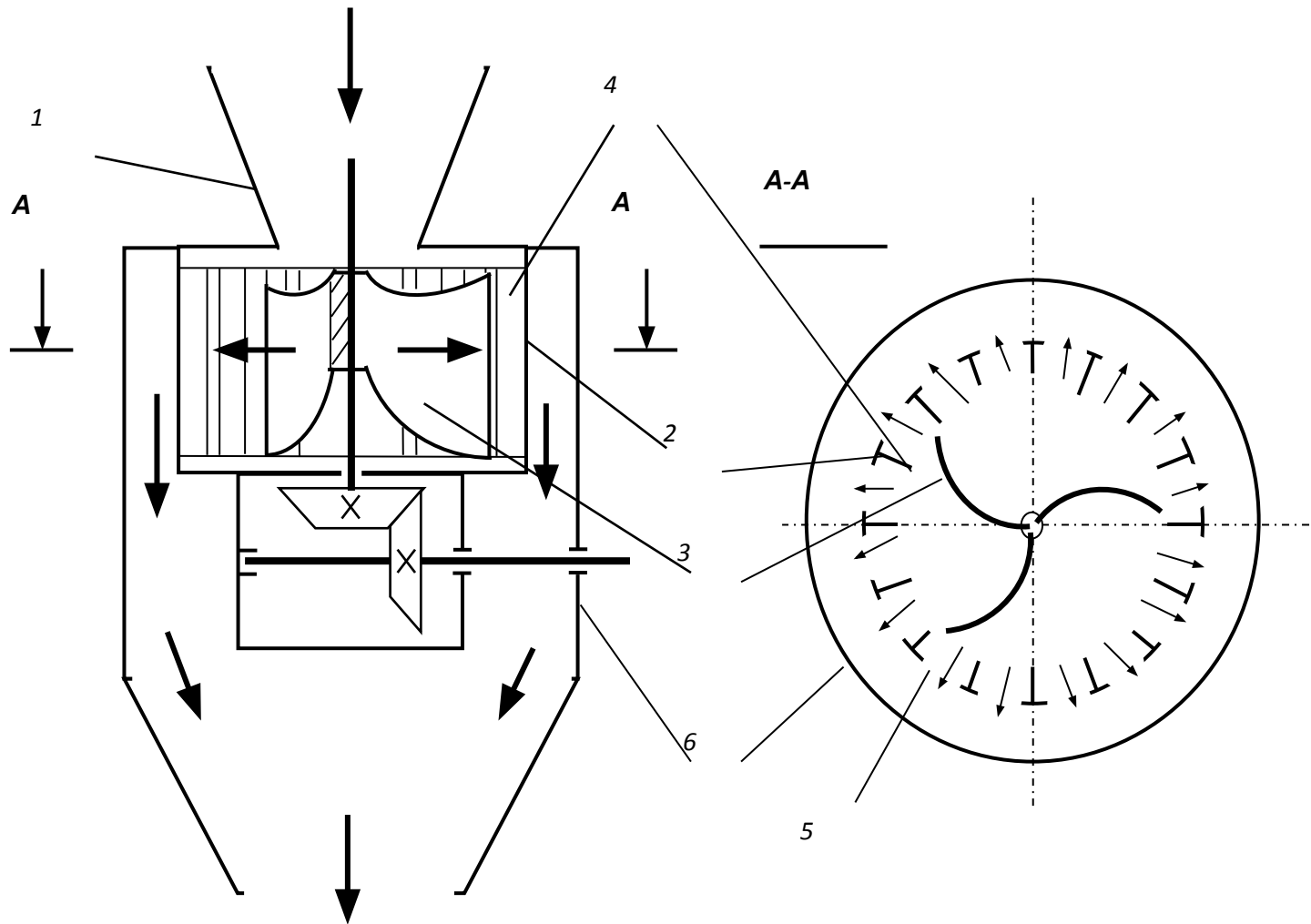
**3 —** зона пластическая деформаций;

**4—** зона упругих деформаций;

**5—** зона зона воздействия инструмента;

**6 -** линия разрушения





**Схема и внешний вид центробежной свеклорезки**



# *Машины для резки пищевого сырья*



**Центробежная свеклорезка**



**Колбасный куттер**



**Ленточная пила для распила  
мяса и костей**

[www.opt-union.ru](http://www.opt-union.ru)



**Волчок**

# Схема машин для шлифования

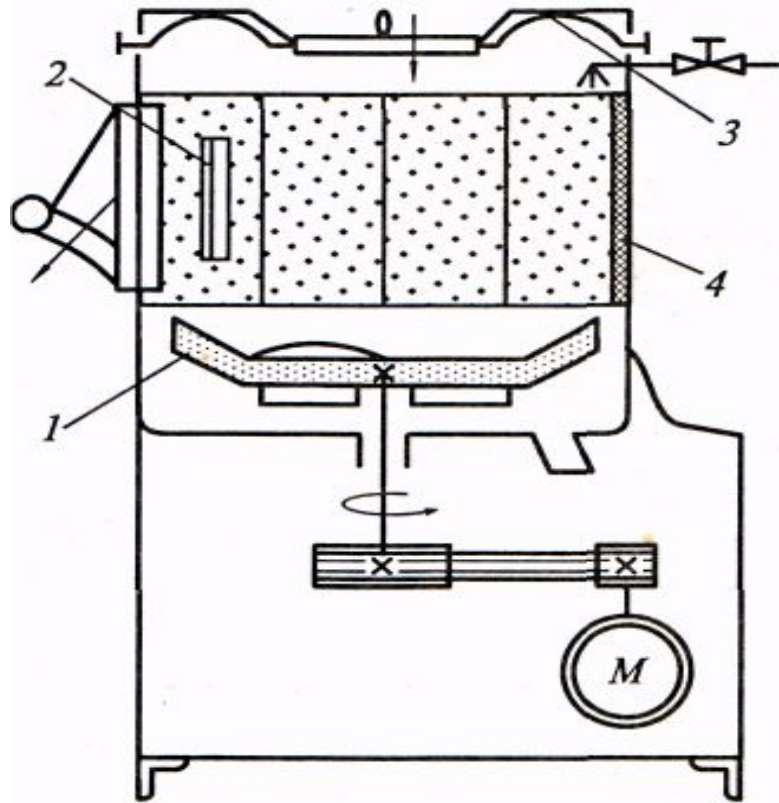


Схема картофелеочистительной машины :  
1 - конусный диск; 2 - абразивная вставка;  
3 - крышка загрузочного люка; 4 - рабочая камера; 5 - разгрузочный люк.

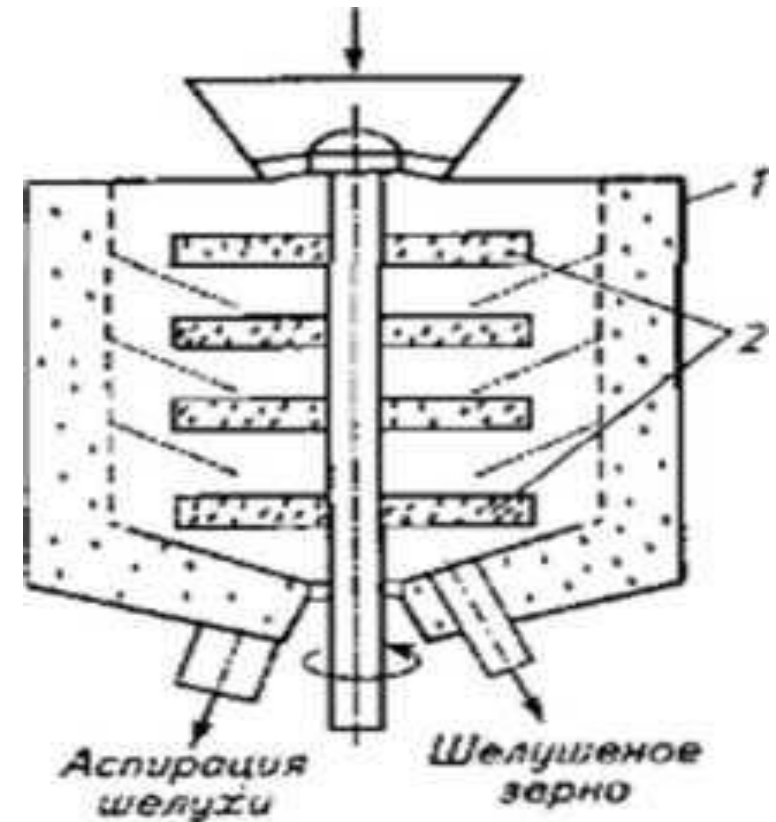
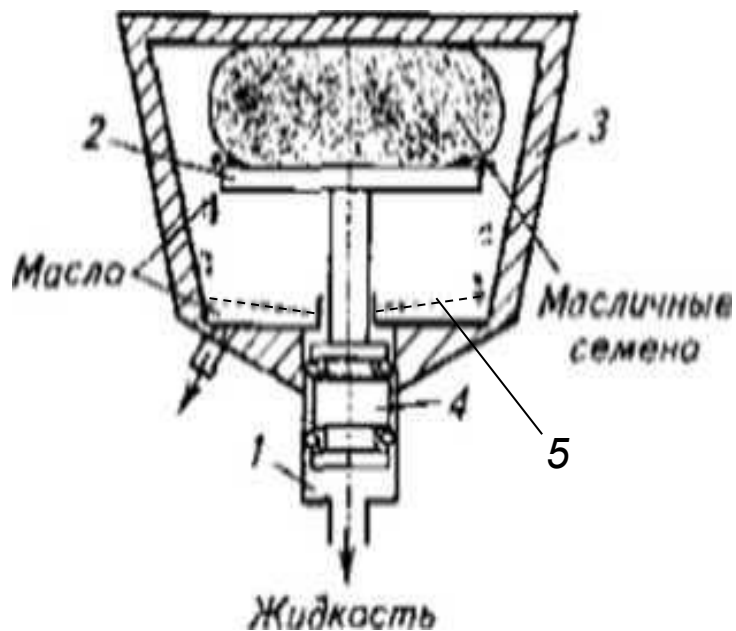


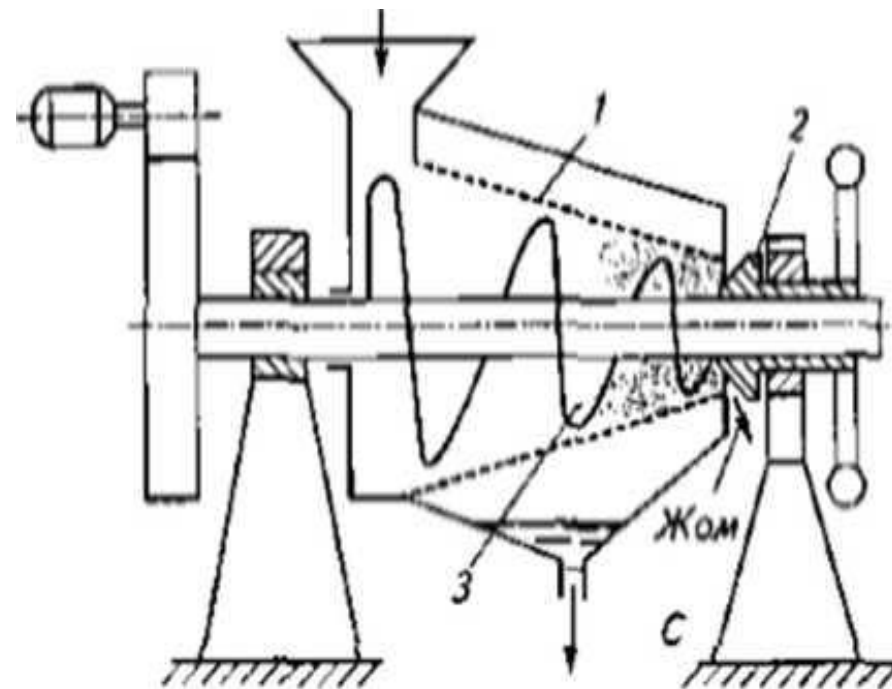
Схема зерношелушителя;  
1— корпус;  
2— ротор с абразивными кругами

# Отжимные прессы



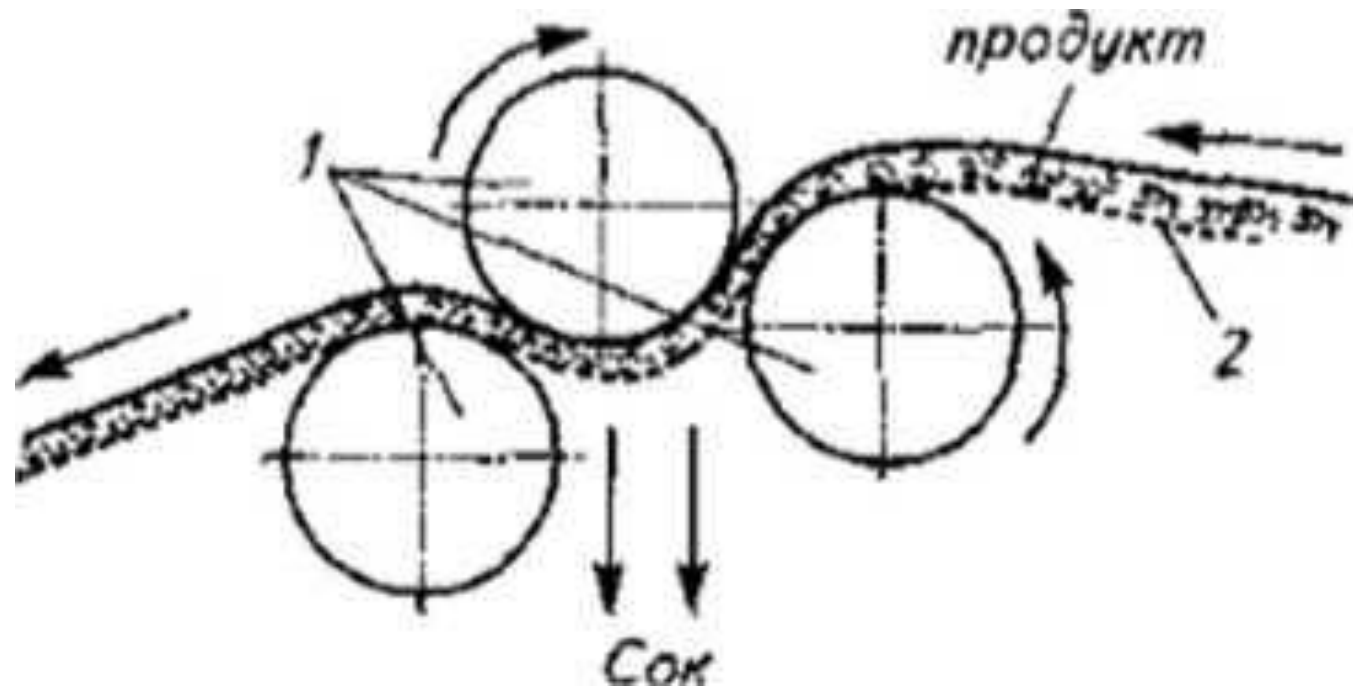
*Схема гидравлического пресса.*

- 1 - гидроцилиндр;*
- 2 - подъемный стол;*
- 3 - корпус; 4 – поршень;*
- 5 - сито.*



*Схема шнекового зернового пресса*

- 1 - зеер (перфорированный конус);*
- 2 - регулирующий конус.*
- 3 - шнек*



*Схема вальцового отжимного пресса:*

*1 –валки;*

*2 - перфорированная резиновая лента*

# *Продукция из связанных сыпучих материалов*

*брикеты - 100...200 мм;*



*окатыши - 20...40 мм;*

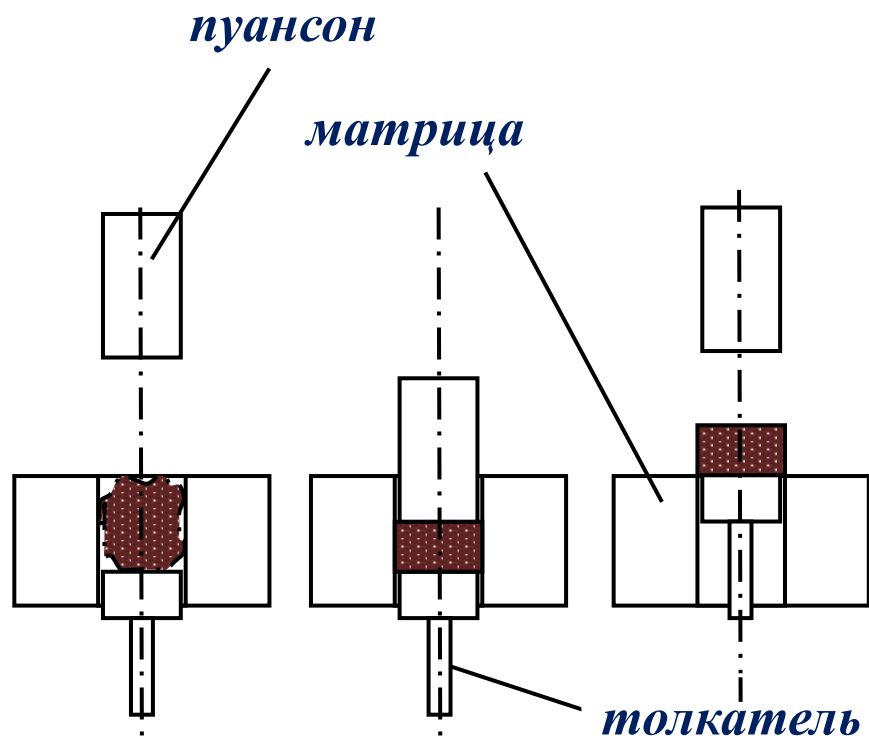


*таблетки - 12...50 мм.*

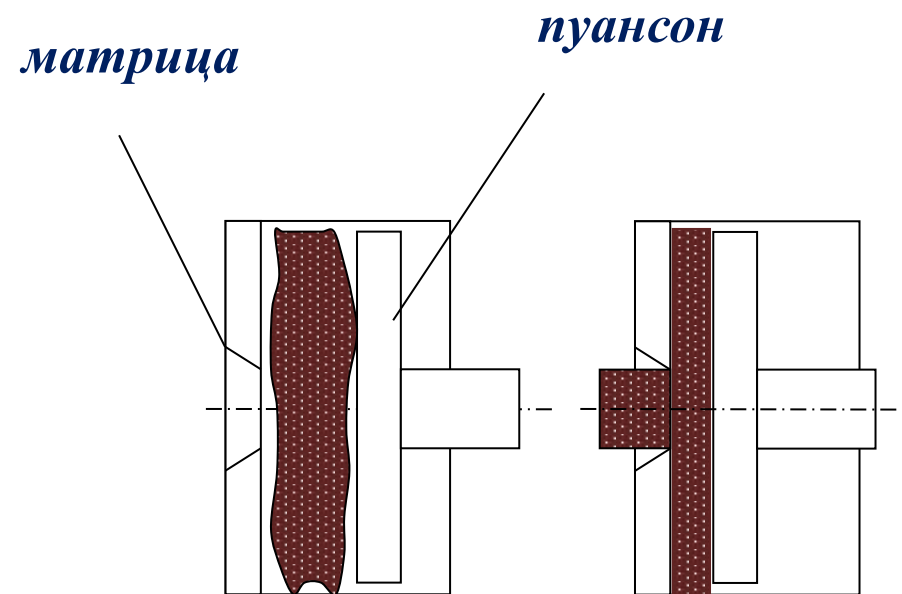


*гранулы и драже - 1...20 мм*





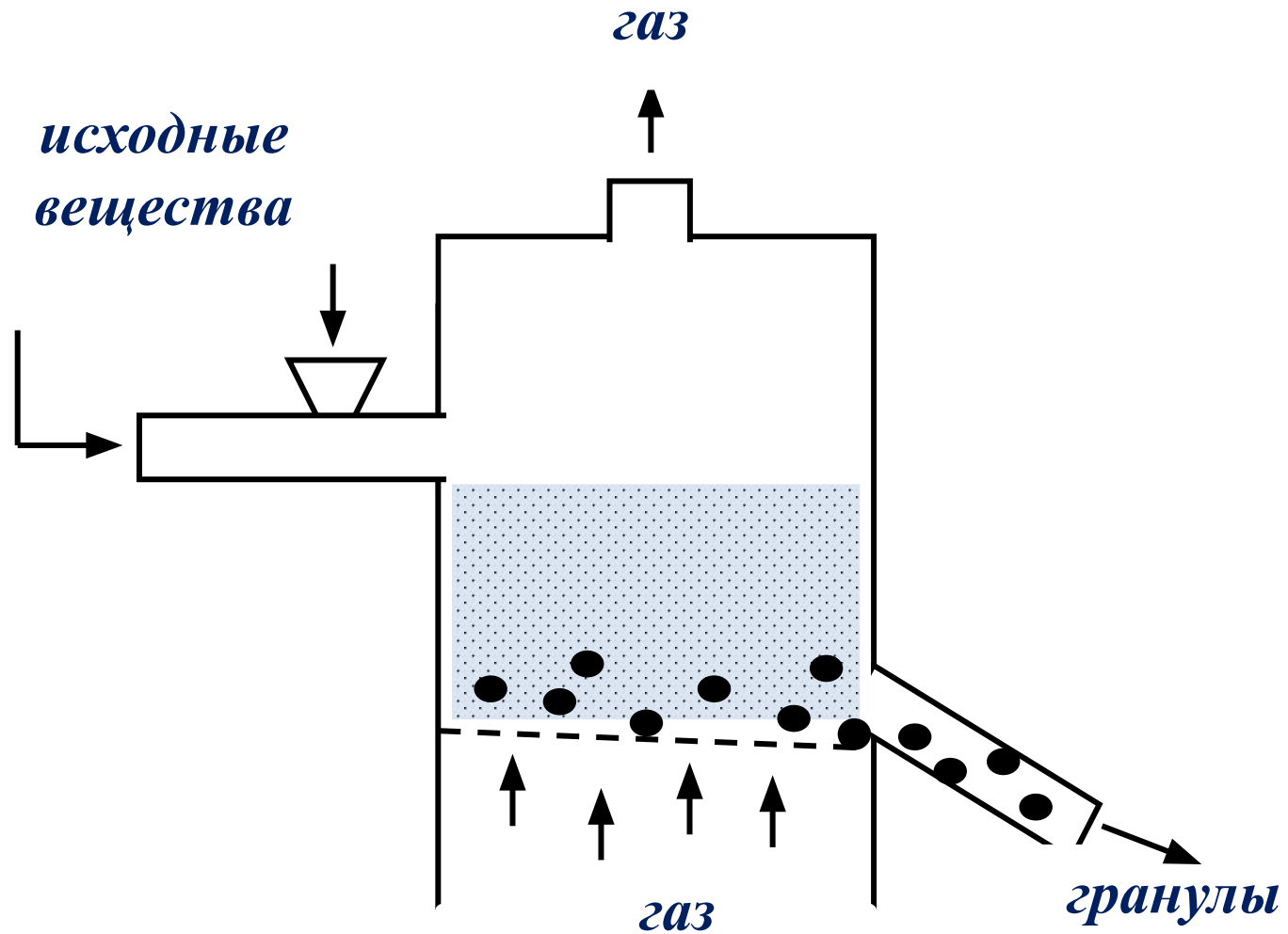
*Схема штампования*



*Схема экструдирования*

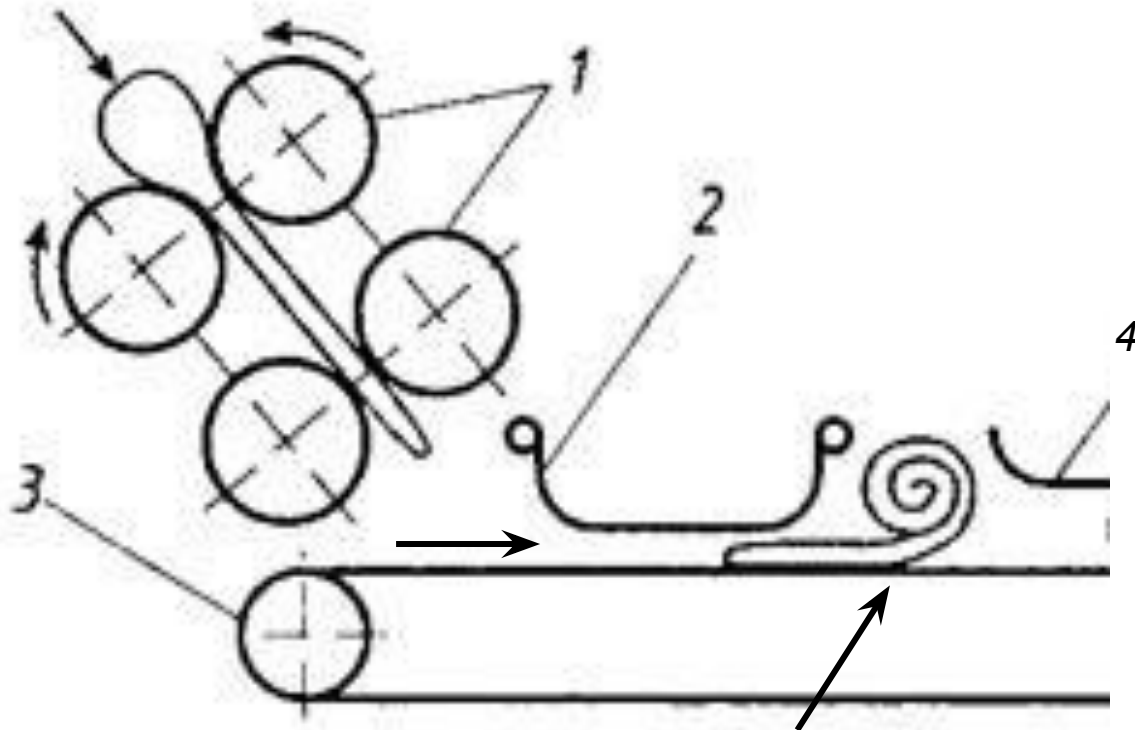


# Схема гранулирования во псевдокипящем слое



# *Схема раскатывания и закатывания (тесто закаточная машина)*

*раскатывание*

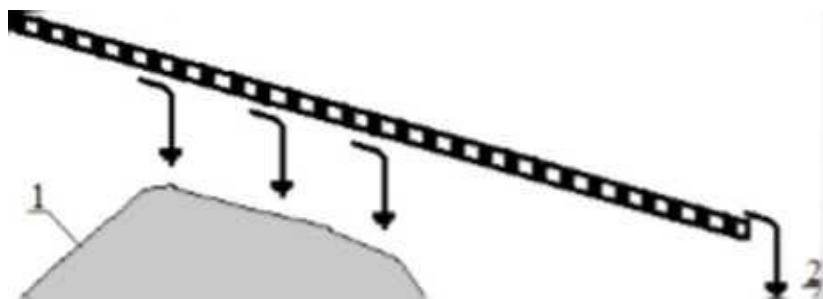


*закатывание*

- 1 – пары раскаточных валков;*
- 2 – завивающее устройство;*
- 3 – ленточный транспортер;*
- 4 – упор.*



## Схема разделения смеси на плоском сите



1 - фракция прохода: 2 - фракция схода

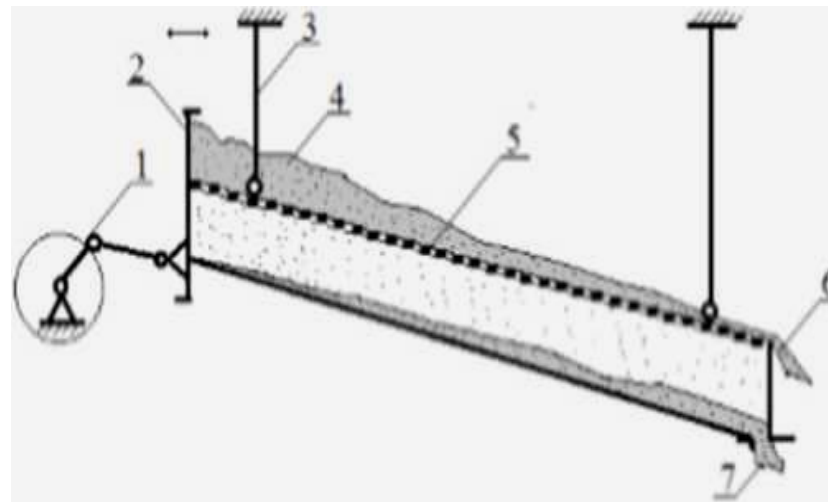
## Эффективность разделения

$$E = \frac{Q_{н.с.}}{Q_{н.ф.}}$$

где  $Q_{нс}$  - масса продукта в исходной смеси;

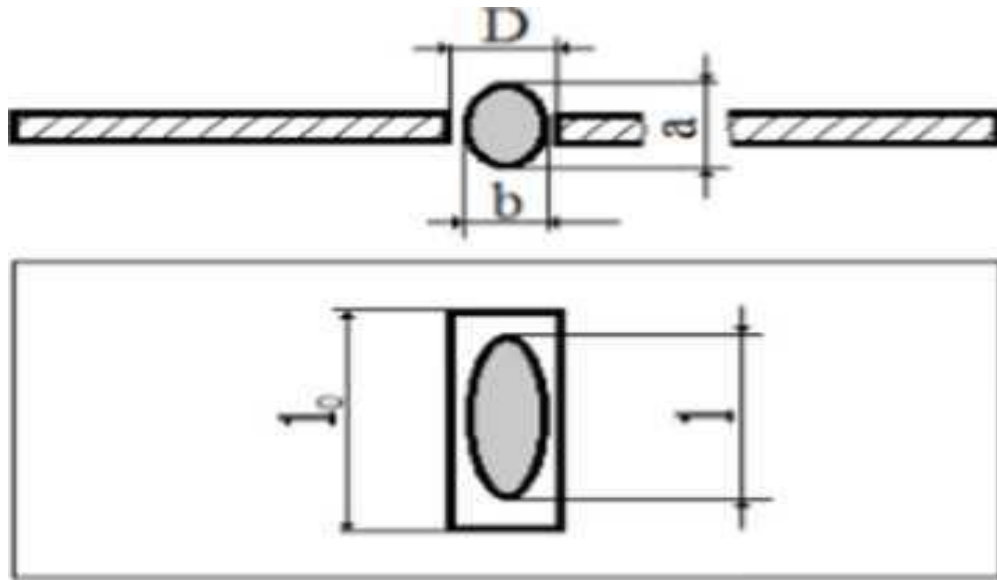
$Q_{нф}$  - масса продукта во фракции прохода или схода.

## Схема качающегося сита



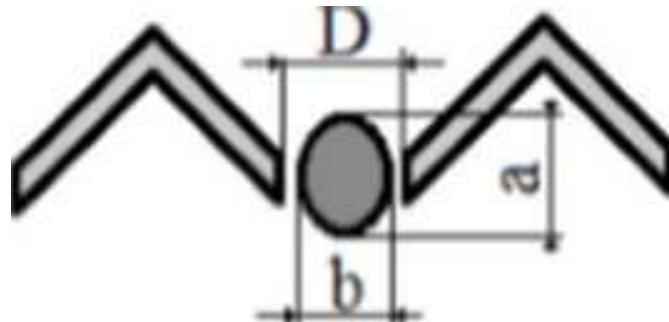
- 1 - кривошип;
- 2 качающийся короб;
- 3 струны (подвес);
- 4 - смесь для разделения на фракции;
- 5- плоское сито;
- 6 - фракция схода;
- 7 - фракция прохода

## *Схема разделения смеси по толщине*

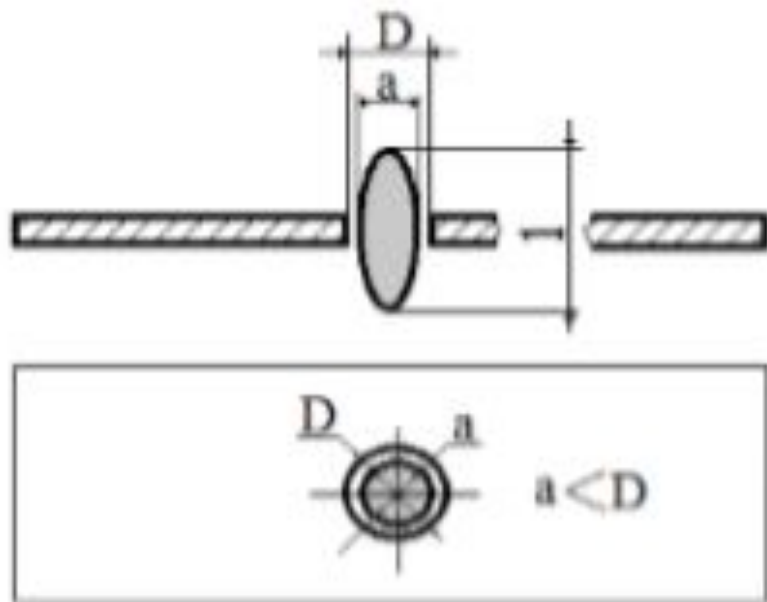


*$a$  - ширина частицы;  
 $b$  - толщина частицы;  
 $l$  - длина частицы;  
 $D$  - рабочий размер сита;  
 $l_0$  - длина отверстия сита*

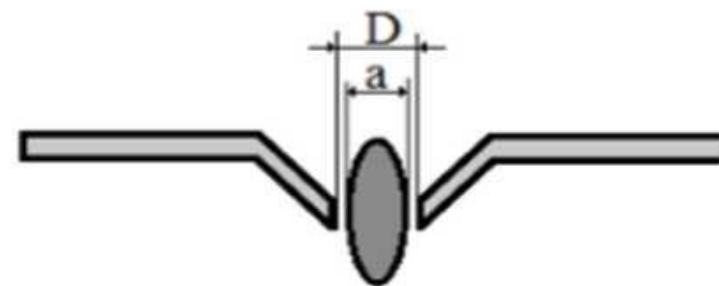
## *Схема гофрированного сита для разделения смеси по толщине*



## *Разделение смеси по ширине*

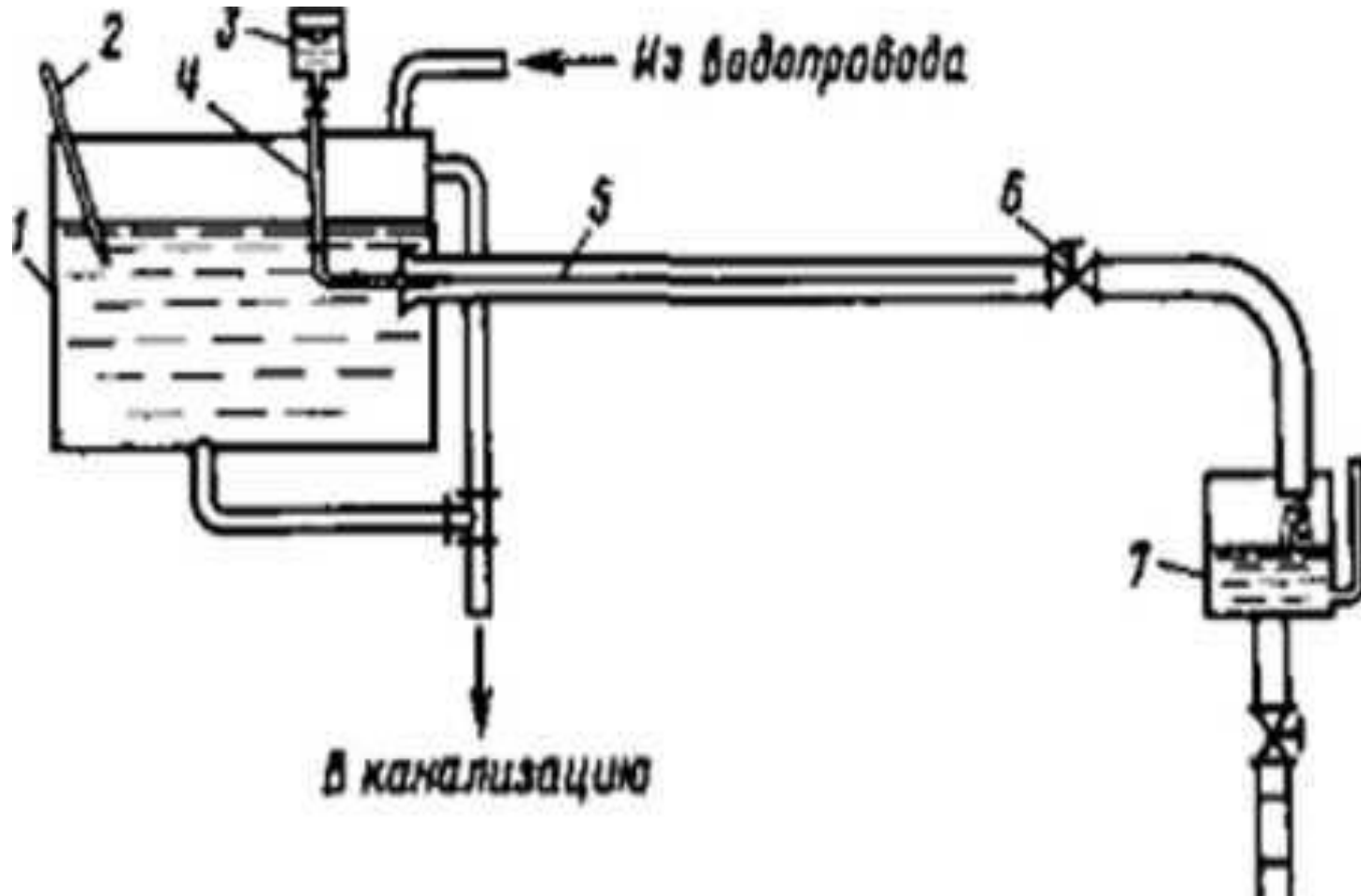


## *Воронкообразное сито*



## *Пример разделения смеси по форме*



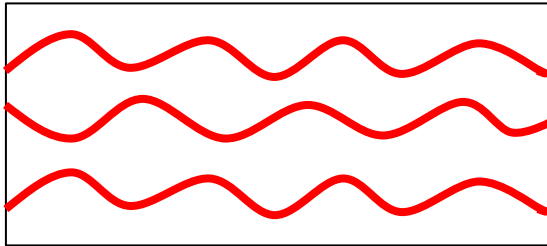


### Установка Рейнольдса:

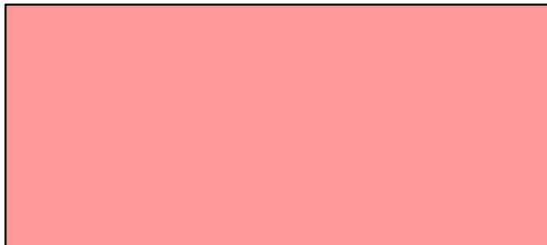
1 – напорный бак; 2 – термометр; 3 – бачок для красящей жидкости;  
4 – капиллярная труба; 5 – труба; 6 – кран; 7 – сборник.



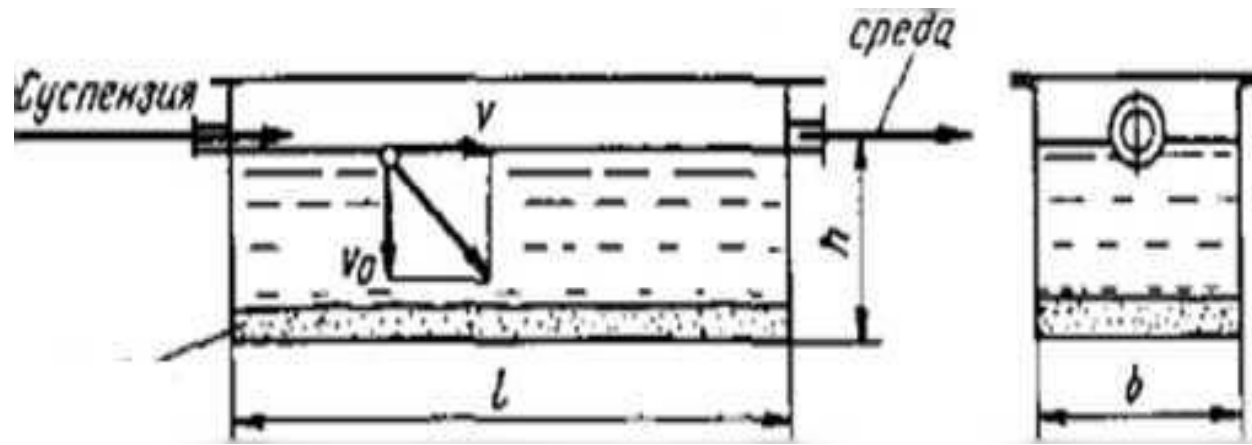
*- ламинарный режим*



*- переходный режим*



*- турбулентный режим*



*Удельная производительность отстойника*

$$V = l b v_0$$

$$v_0 = \frac{Re \cdot \mu_{жс}}{l \cdot \rho_{жс}};$$

*Re* – критерий Рейнольдса;

$\mu_{жс}$  – кинематическая вязкость;

*l* – характеристический размер осаждаемых частиц;

$\rho_{жс}$  – плотность дисперсной среды,

$v_0$  – скорость отстаивания.

$$F_0 = \frac{V_\tau}{v_0} = \frac{G_\tau}{\rho_n \cdot v_0};$$

где  $G_\tau$  — производительность отстойника, кг/с;  
 $\rho_n$  — плотность продукта,

$$G_{ц} = \frac{m \cdot \omega_r^2}{r};$$

где  $m$  — масса частицы,

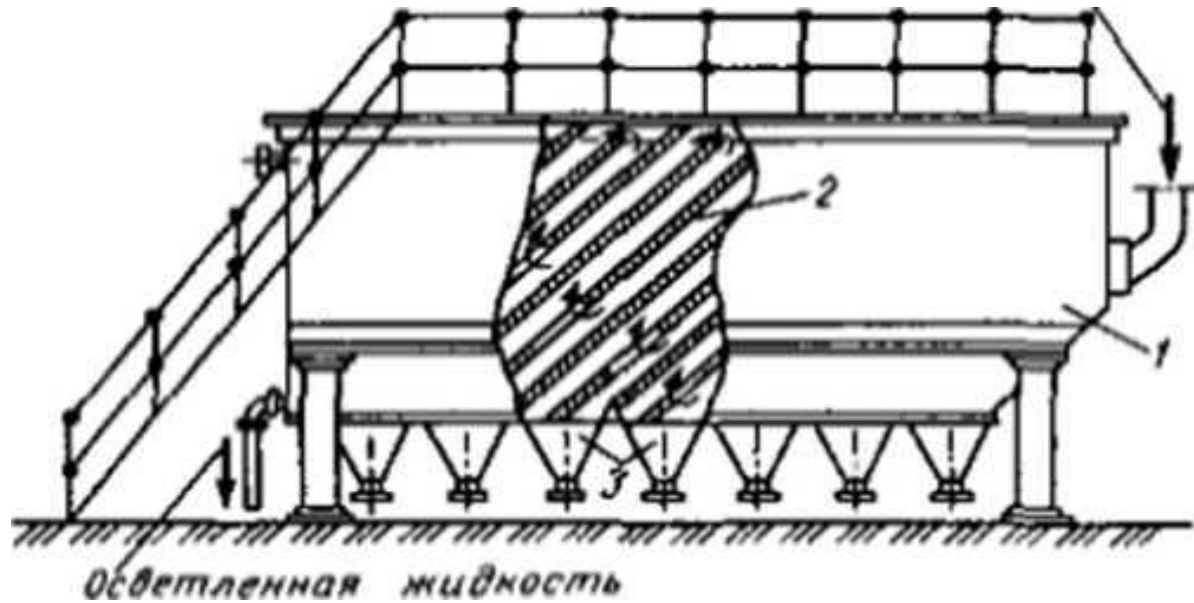
$\omega_r$  — окружная скорость вращения,  $\omega_r = \omega \cdot r = 2\pi n r / 60$  м'с;

$\omega$  — угловая скорость вращения

$r$  — радиус вращения, м.

$n$  — частота вращения, об/мин

## *Суспензия*

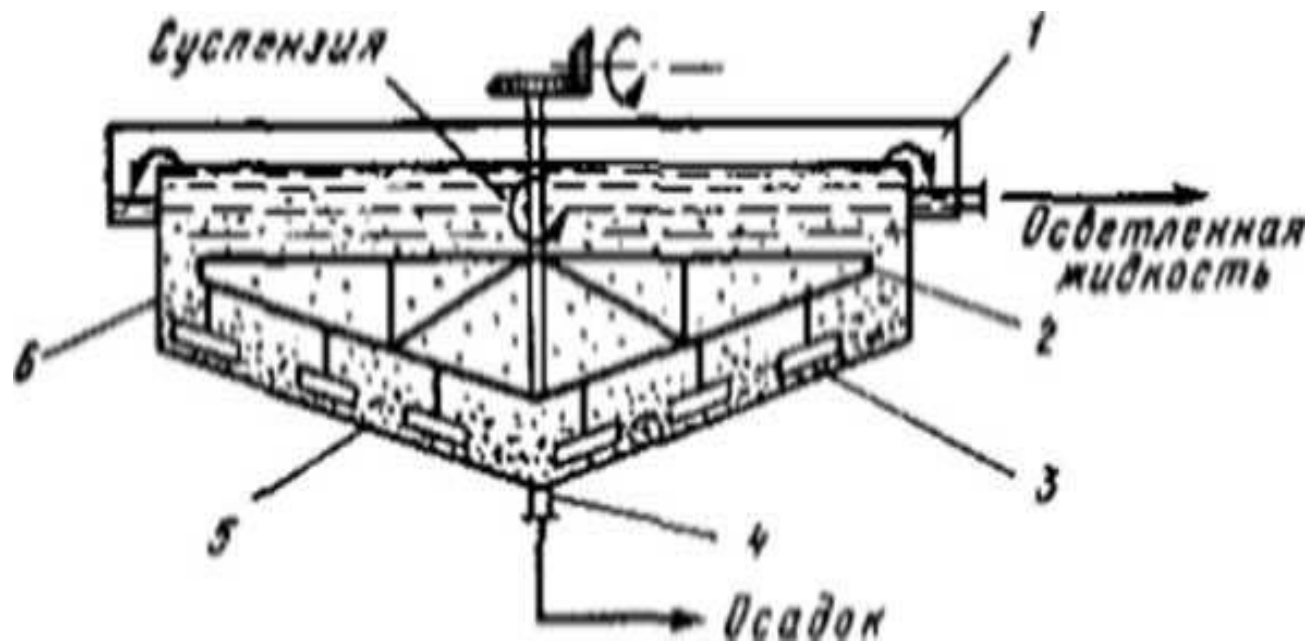


*Рис. Отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками:*

*1 — корпус. 2 — наклонные перегородки;*

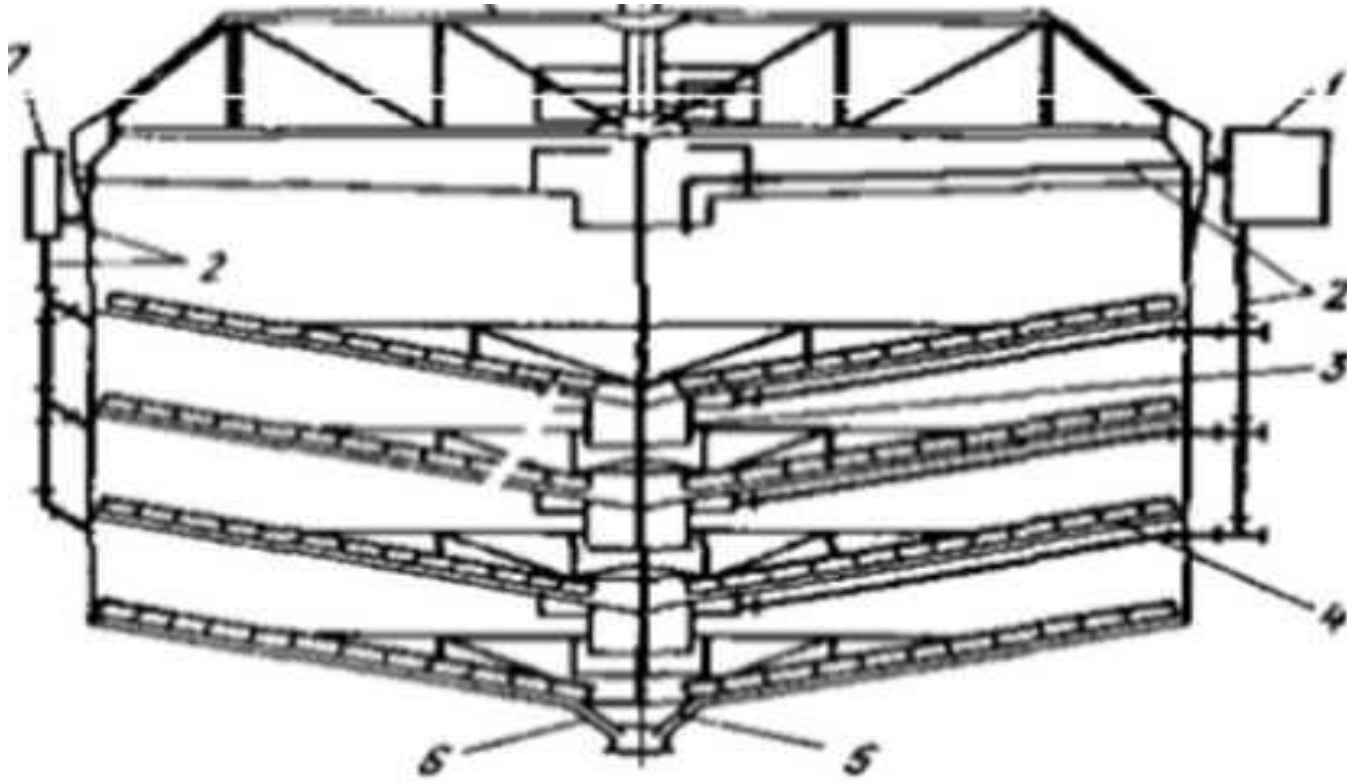
*3 — бункера*





*Отстойник непрерывного действия с гребковой мешалкой:*

*1 — кольцевой желоб; 2 — мешалка; 3 — гребок;  
4 — разгрузочный люк; 5 — коническое днище;  
6 — цилиндрический резервуар.*



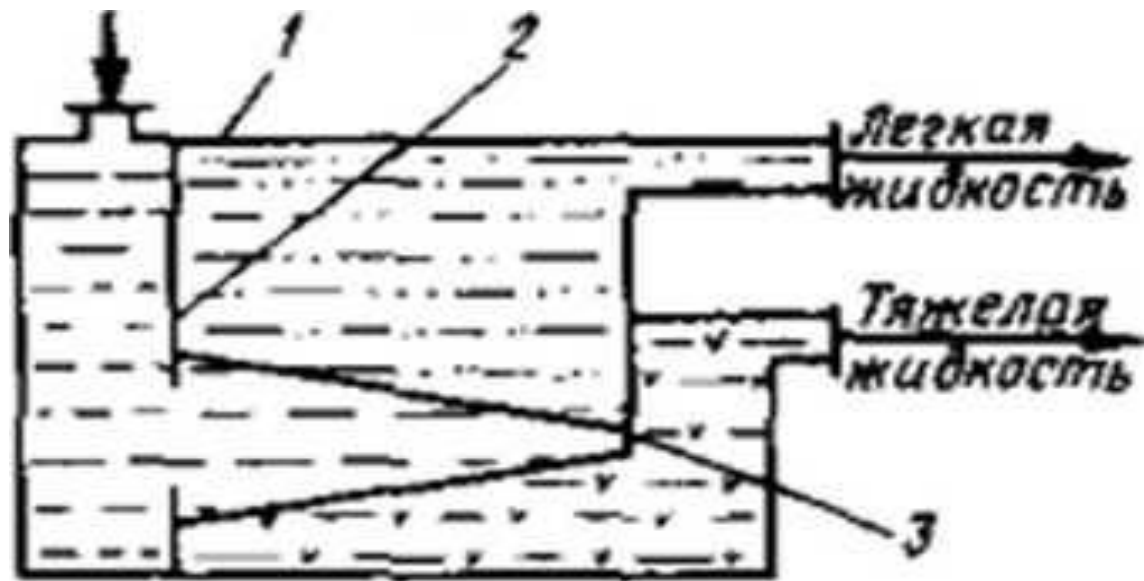
*Рис. Многоярусный отстойник:*

*1 — распределительное устройство;*

*2 — трубы; 3. — стакан; 4 — грибковая мешалка;*

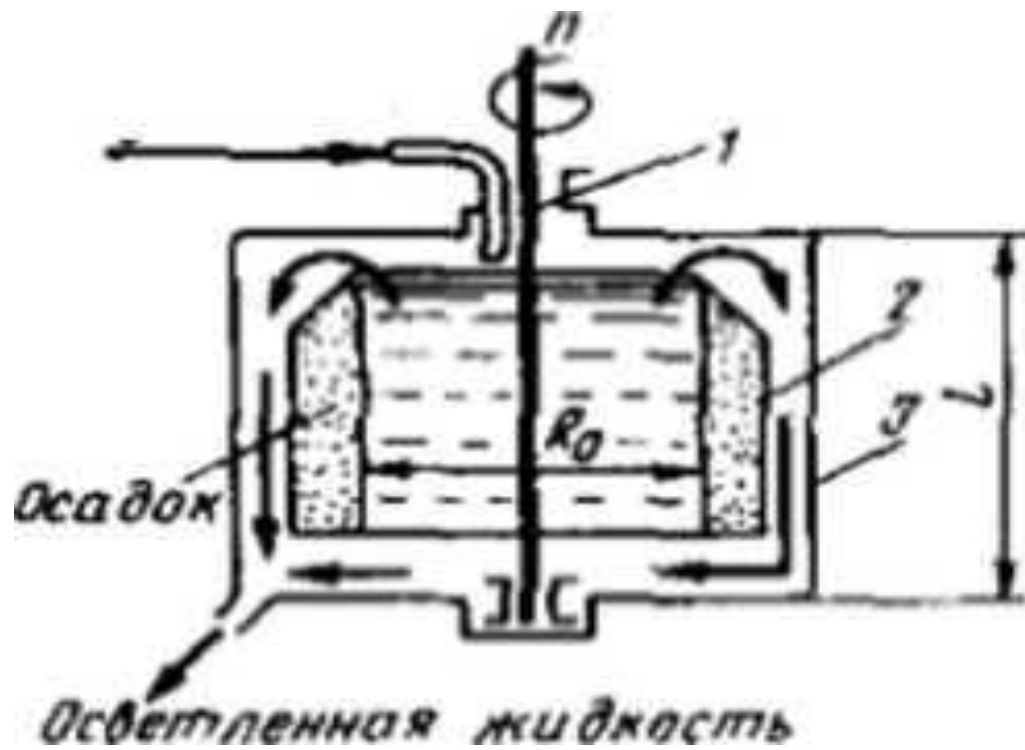
*5 - разгрузочный конус;*

*6 — скребки; 7 — коллектор; 8 рама.*



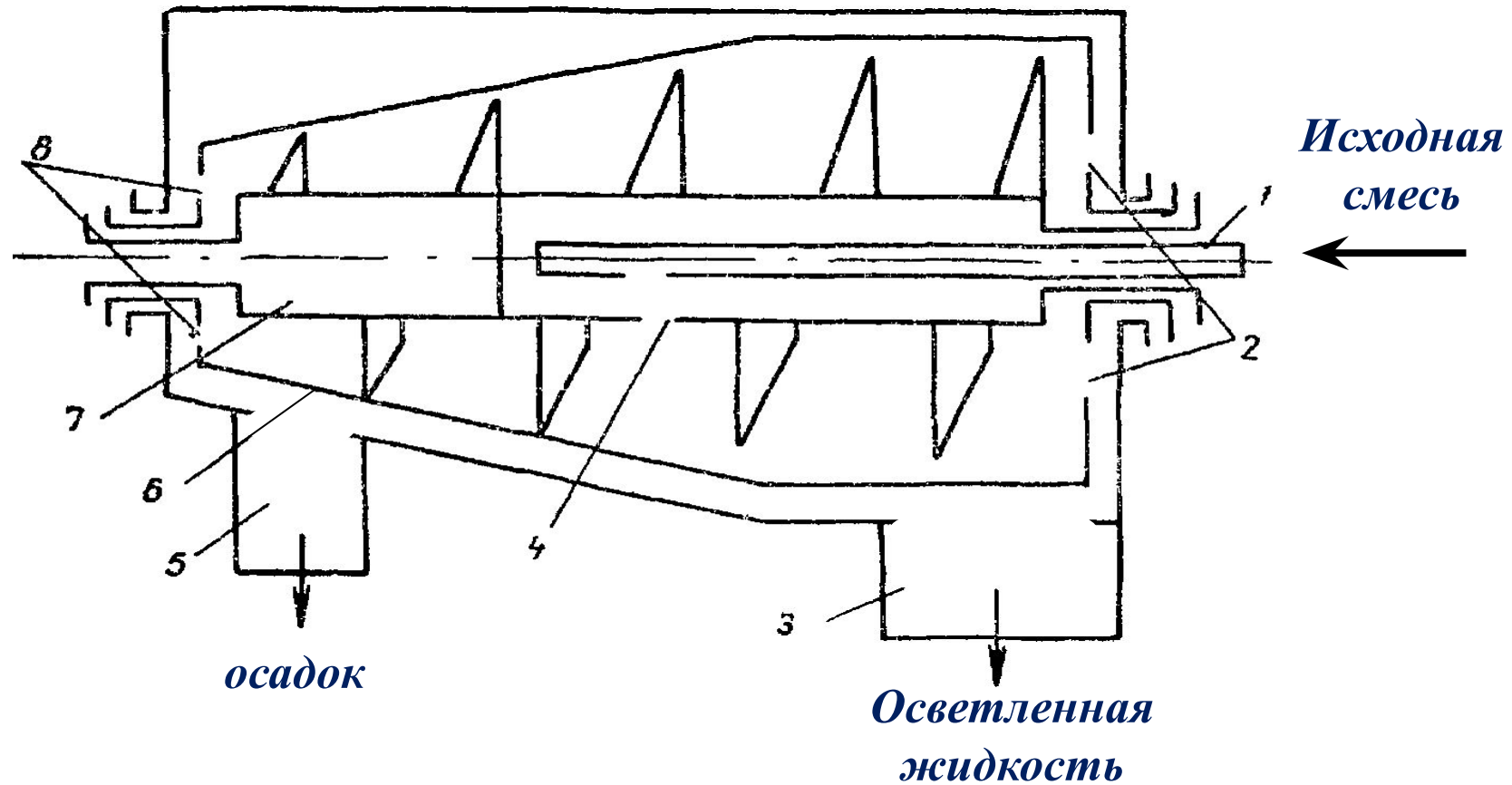
*Рис. Отстойник для непрерывного разделения эмульсий:*

*1 — корпус; 2 — левая перегородка;  
3 — правая перегородка*



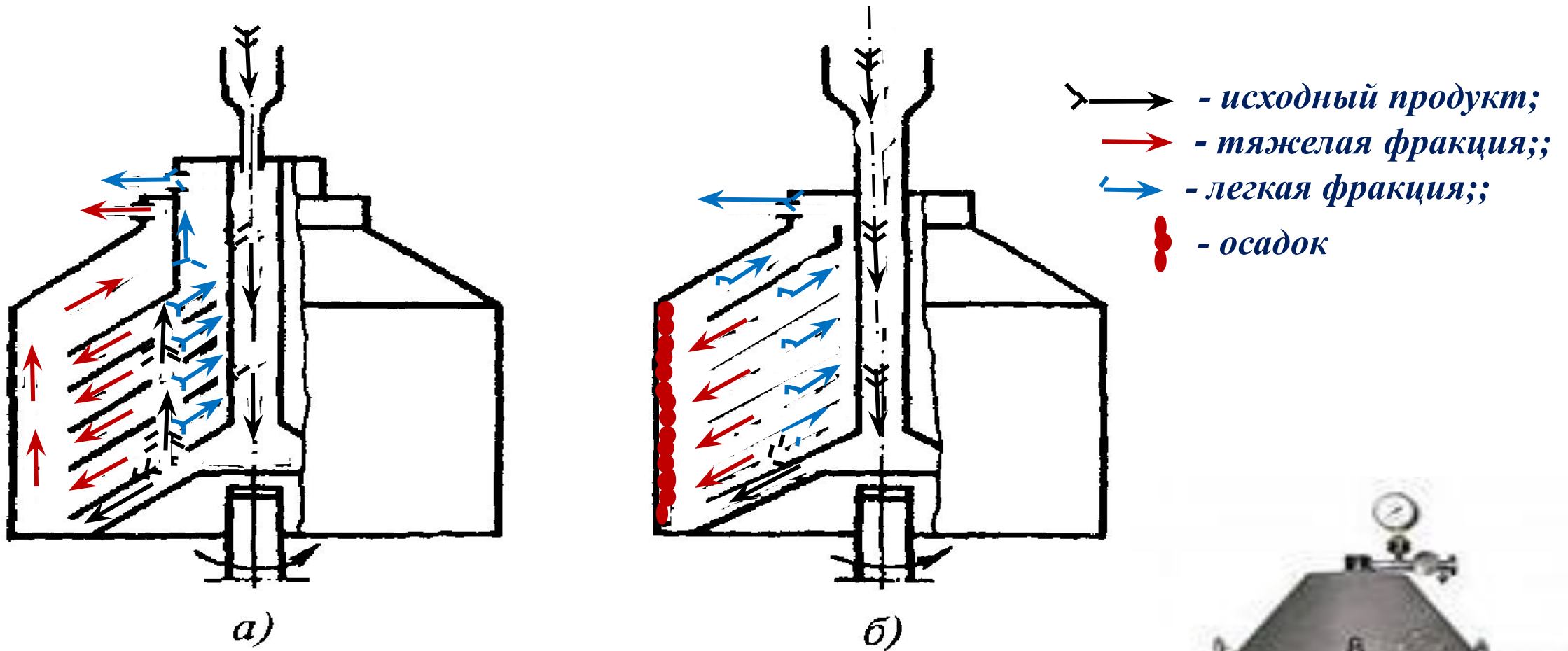
*Рис 7. Отстойная центрифуга:*

*1— вал; 2 —барабан; 3 - корпус*



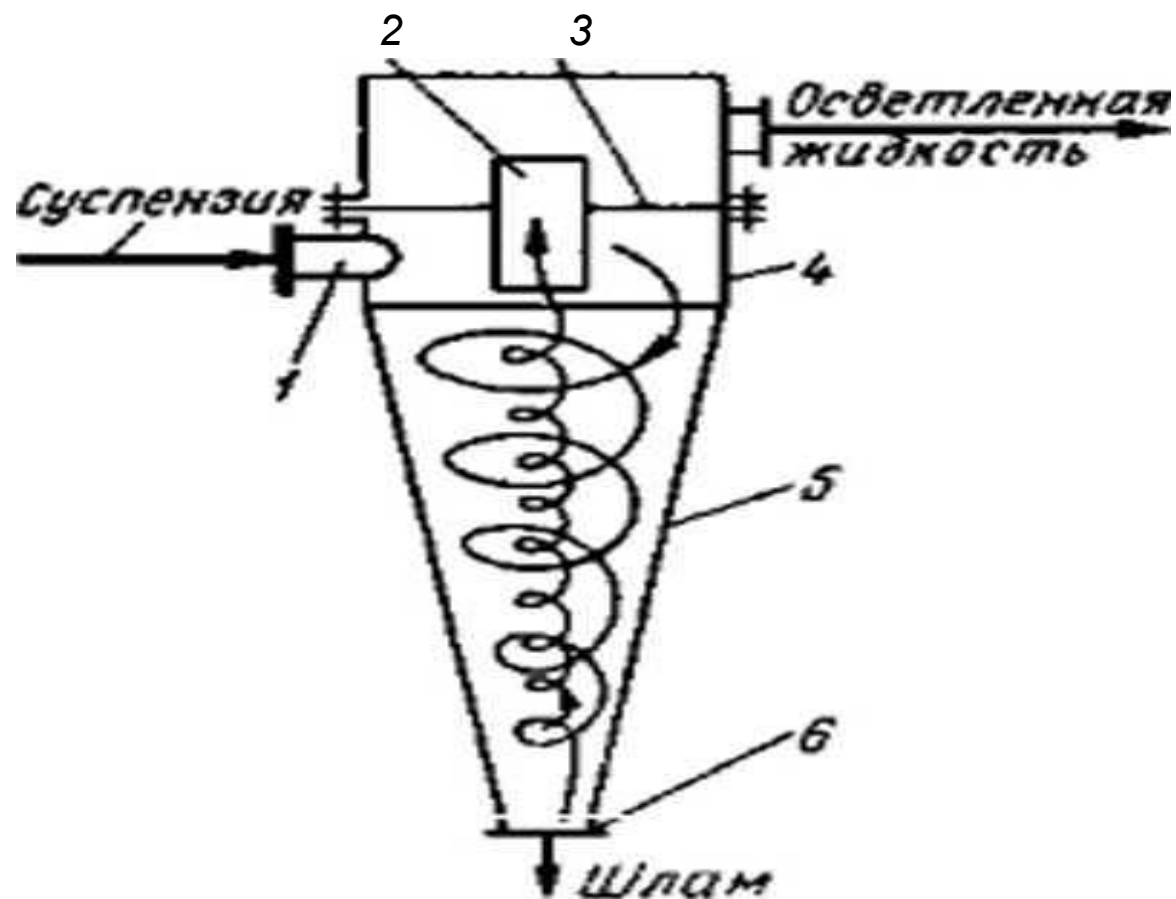
***Схема непрерывнодействующей отстойной горизонтальной шнековой центрифуги(НОГШ)***

*1 — труба для подачи исходной смеси; 2 — отверстия для выгрузки осветленной жидкости;  
 3 — бункер для выгрузки осветленной жидкости; 4 — отверстие для поступления исходной смеси в ротор;  
 5 — бункер для выгрузки осадка; 6 — ротор, 7 — полый шнек; 8 — отверстия для выгрузки осадка.*



*Внешний вид и схема барбанов сливкоотделительного (а) и молокоочистительного (б) центробежных тарельчатых сепараторов*





### *Схема гидроциклона*

*1 — тангенциальный штуцер: 2 — патрубок: 3 — перегородка:  
4 — цилиндрический корпус; 5 — коническое днище:  
6 — штуцер для выхода шлама.*



## *Схемы фильтрования:*



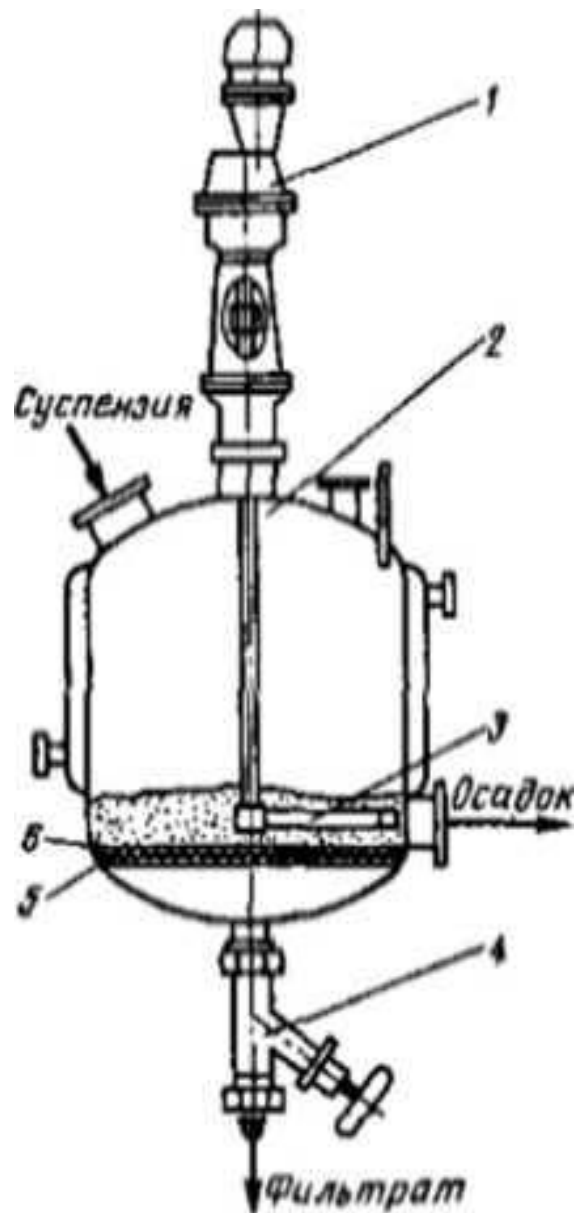
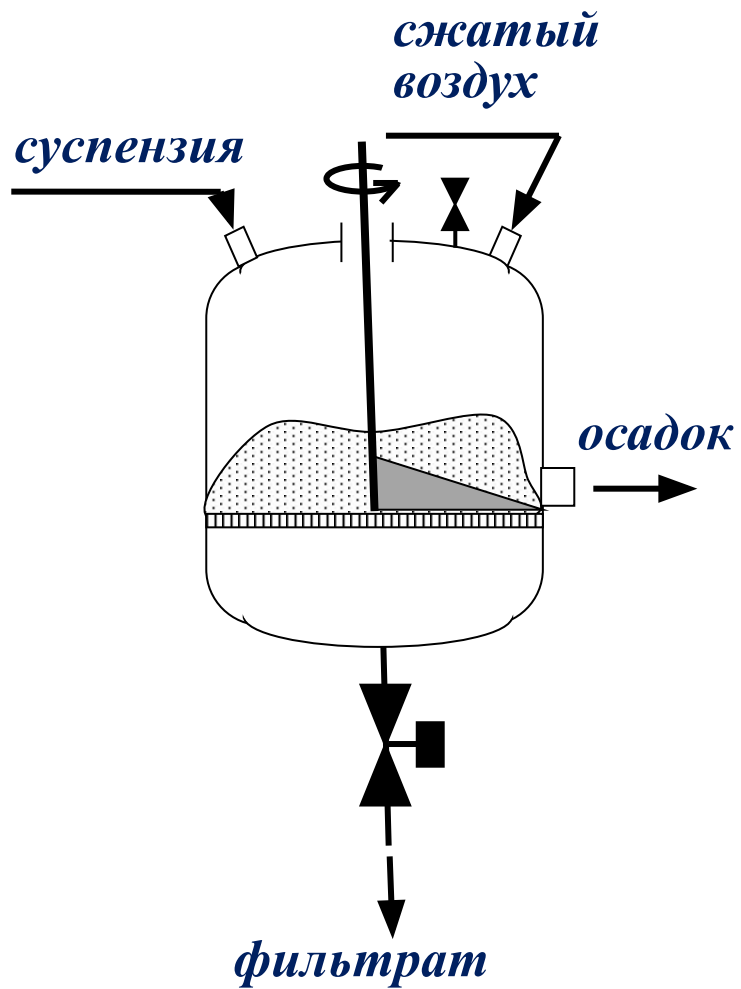
*а) — с образованием осадка:*



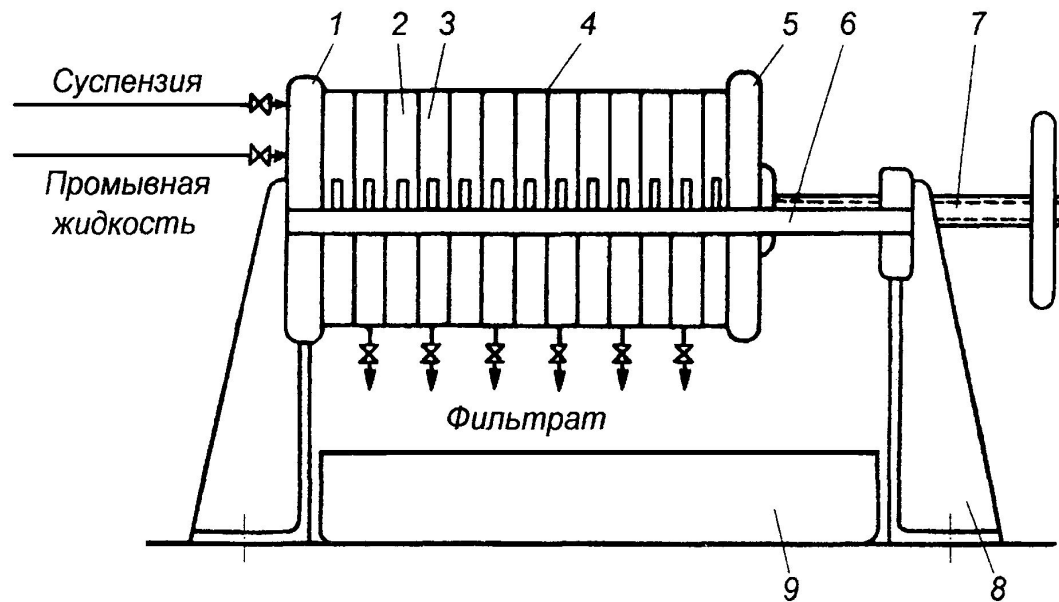
*б) — с закупориванием пор:*



# Нутч-фильтр



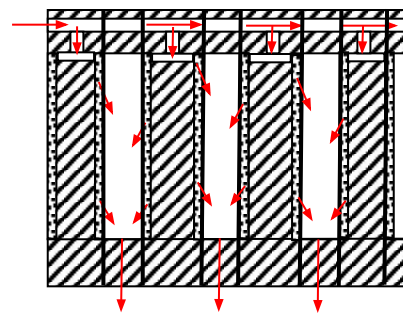
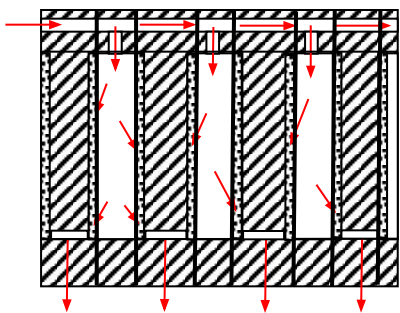
# Фильтр-пресс



1 - упорная плита; 2 - рама;  
3 - плита; 4 - фильтрующая ткань;  
5 - подвижная концевая плита;  
6 - горизонтальная направляющая;  
7 - зажимной винт; 8 - станина;  
9 - желоб для сбора фильтрата или промывающей жидкости

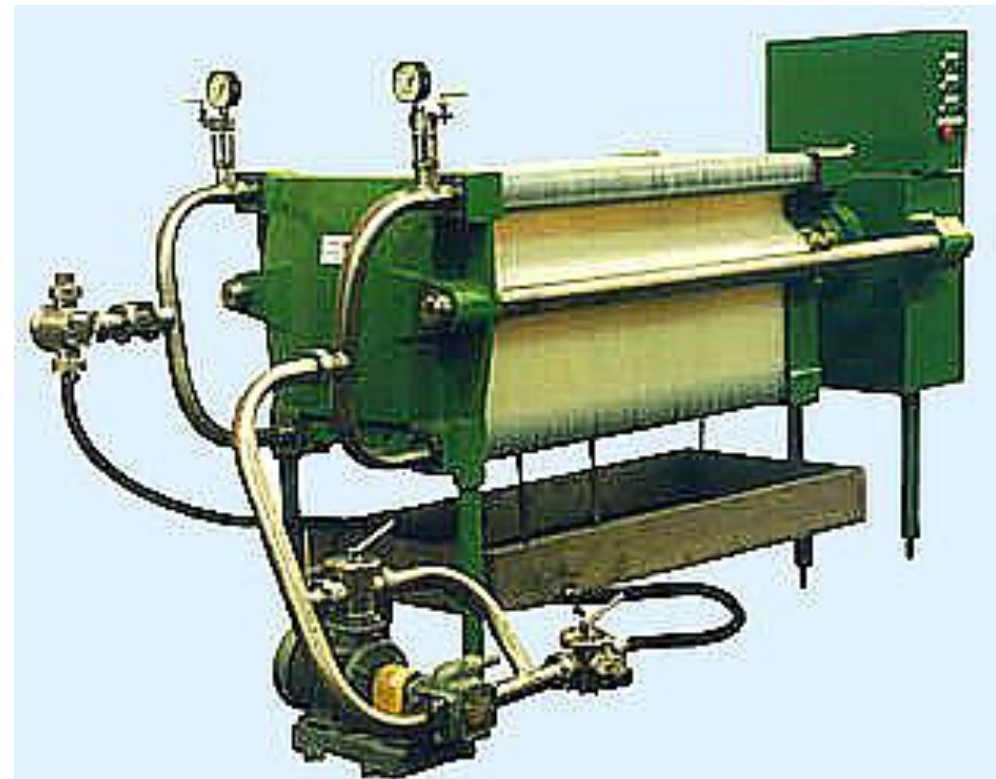
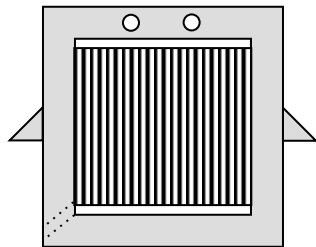
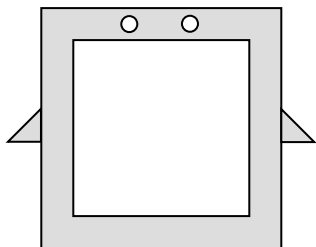
а) фильтрование

б) регенерация

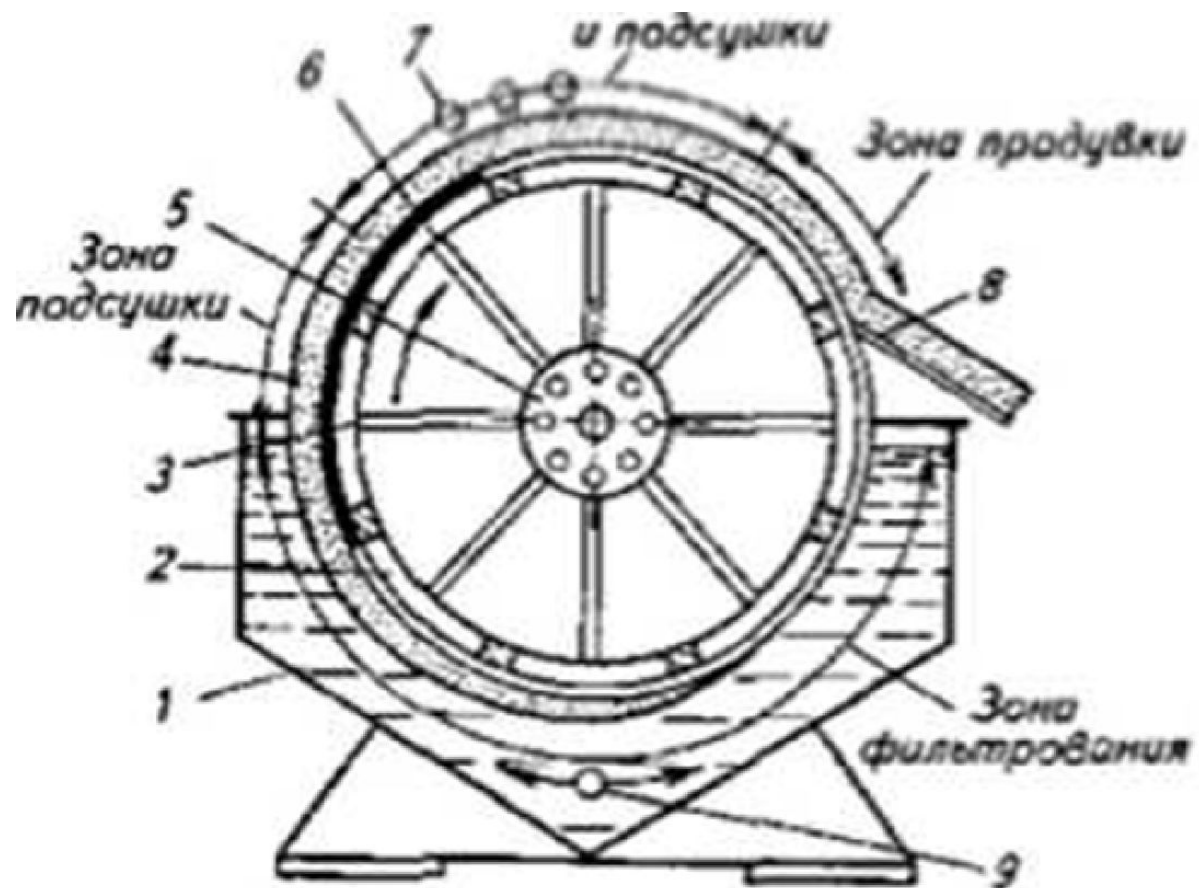


плита

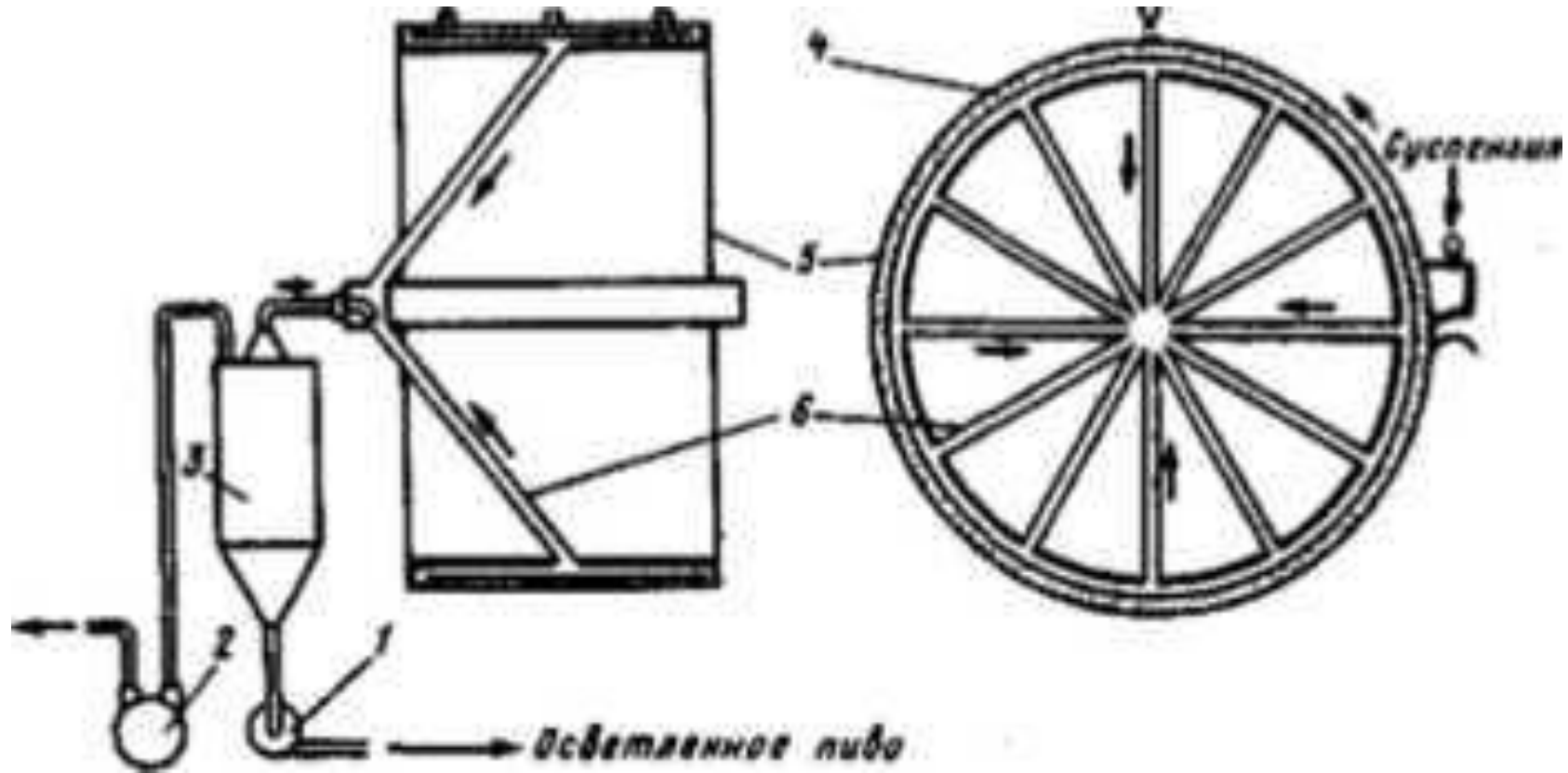
рама



# Барабанный Вакуум-фильтр



- 1—корпус;
- 2— барабан;
- 3— перегородка.
- 4 —осадок;
- 5 — трубка;
- 6 — головка фильтра;
- 7—форсунки,
- 8— нож;
- 9— мешалка.



**Барабанный вакуум-фильтр:**

***1 - насос для фильтрата; 2 - вакуум-насос;***

***3 - пеногаситель; 4 - фильтровальный элемент;***

***5 - барабан; 6 - труба для фильтрата***

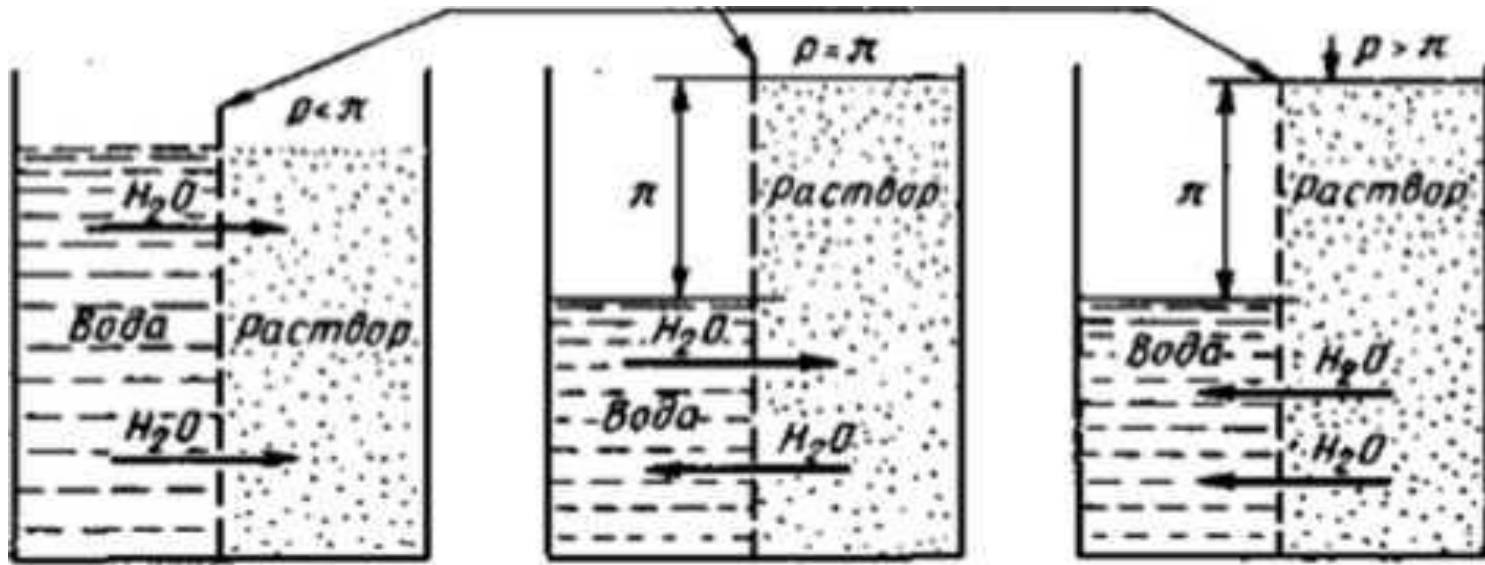


- 1) Классическая фильтрация (диаметр пор превышает 10 мкм, а перепад давлений на перегородке не более 0,06 МПа);
- 2) Микрофильтрация (диаметр пор 0,1...10 мкм, перепад давлений 0,06...0,1 МПа);
- 3) Ультрафильтрация (диаметр пор 3...100 нм, перепад давлений 0,1...2,0 МПа);
- 4) Обратный осмос (диаметр пор менее 3 нм. перепад давлений 1...25 МПа).

**Селективность** 
$$\phi = \frac{(x_1 - x_2)}{x_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{x_2}{x_1}\right) \cdot 100;$$

где  $x_1$  и  $x_2$  - концентрации растворенного вещества соответственно в исходном растворе и фильтрате.

**Проницаемость** 
$$G = \frac{V}{F \cdot \tau};$$
 где  $V$ - объем фильтрата, л;  
 $F$ - рабочая площадь поверхности мембраны, м<sup>2</sup>;  
 $\tau$  - продолжительность процесса, ч.



*Движущая сила обратного осмоса*  $\Delta p = p - \pi;$

*где  $p$  – избыточное давление раствора;*

*$\pi$ – осмотическое давление растворителя.*

*Затраты энергии (работа  $A_m$  на ультрафильтрацию*  $A_m = A_c + A_{np};$

*где  $A_c$  - работа на сжатие жидкости, Дж;*

*$A_{np}$  - работа на продавливание жидкости через мембрану, Дж.*

# *Массообменные процессы*

## *Участники массообменных процессов:*

- распределяющее вещество (или вещества) второй фазы;*
- распределяемое вещество*
- распределяющее вещество (вещества) первой фазы;*

*Основным уравнением массопередачи* - 
$$K \cdot \Delta = \frac{dM}{F \cdot d\tau};$$

*где M - количество вещества, перешедшего из одной фазы в другую;*

*F - площадь поверхности массопередачи;*

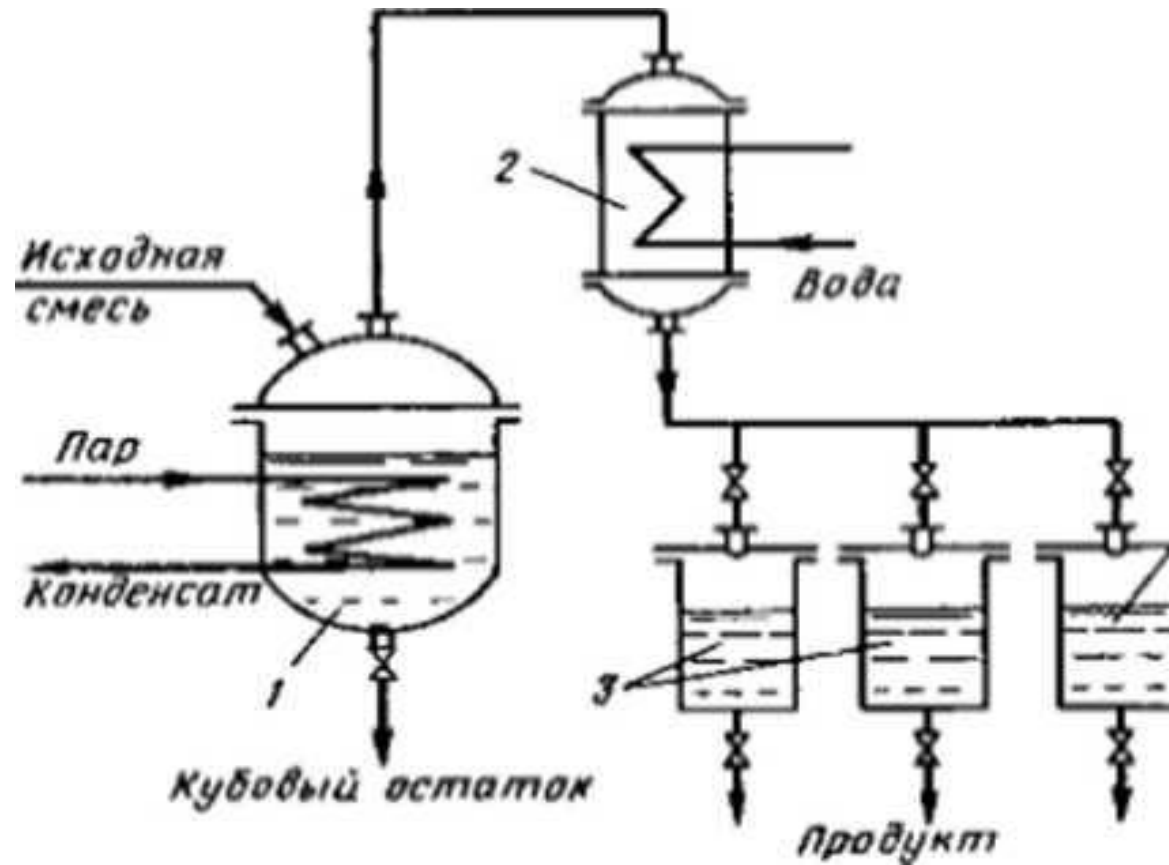
*τ - продолжительность процесса;*

*K - коэффициент скорости процесса, называемый в теории массопередачи коэффициентом массопередачи;*

*Δ- движущая сила.*

## *Массообменные процессы пищевых производств:*

- абсорбция,*
- перегонка и ректификация,*
- экстракция,*
- сушка,*
- адсорбция,*
- кристаллизация .*



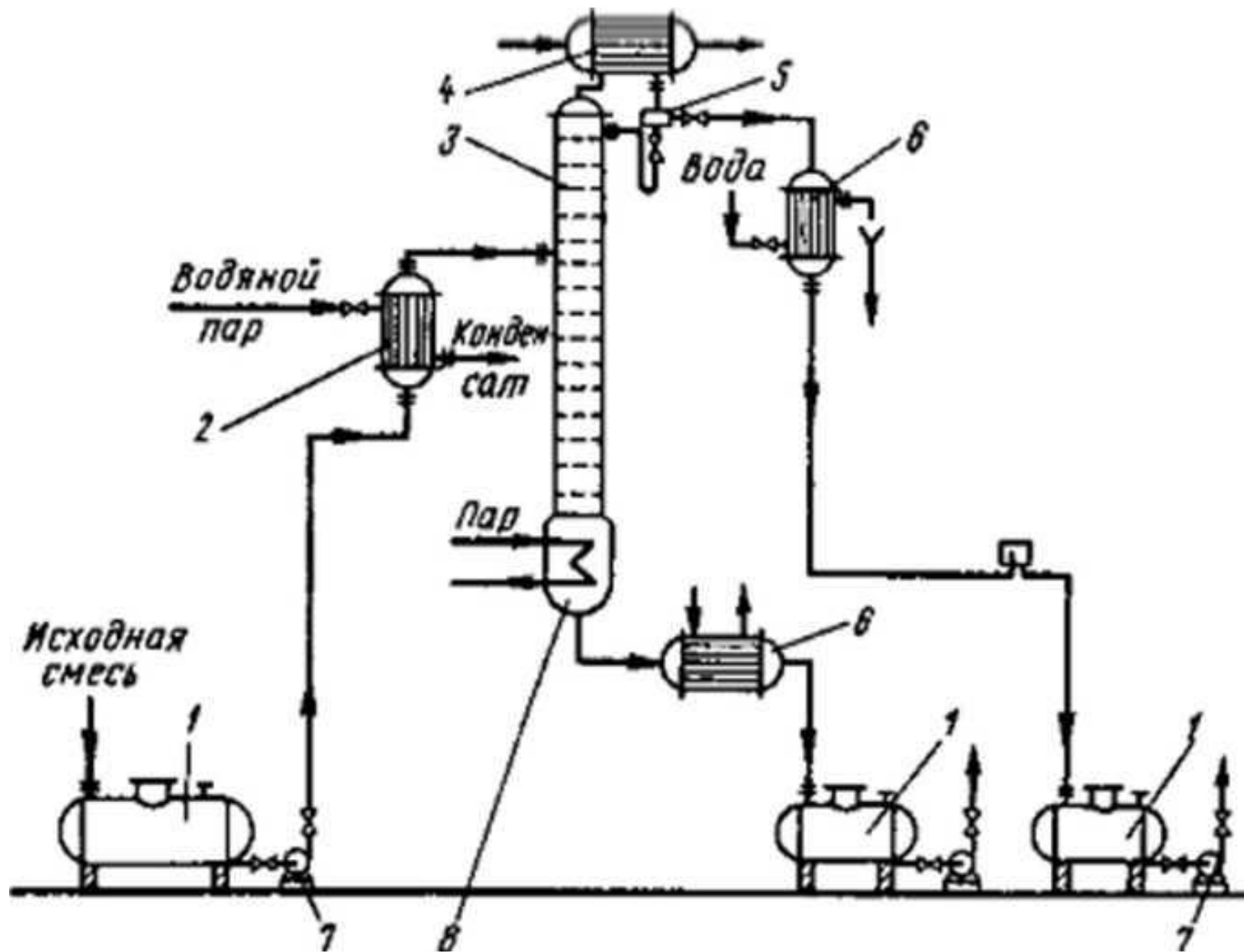
*Установка для фракционной перегонки:*

*1-куб,*

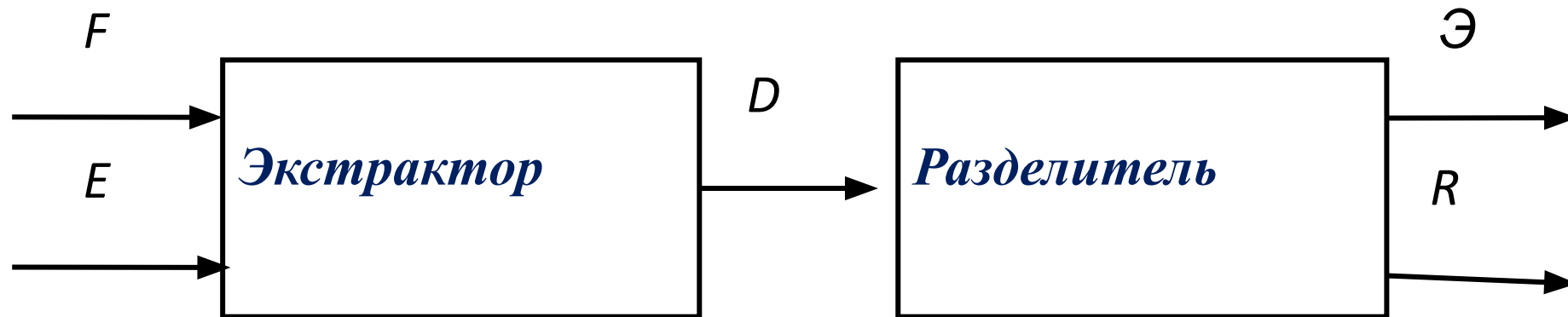
*2-конденсатор;*

*3 – сборник дистиллята.*





*Ректификационная установка непрерывного действия:  
 1-сборники; 2-подогреватель, 3-ректификационная колонна;  
 4-дефлигматор; 5-разделительный сосуд, 6-холодильник,  
 7 - насосы. 8 - кипятыльник.*



*Принципиальная схема экстракции жидкость - жидкость*

*$F$  – исходный раствор;*

*$E$  – экстрагент;*

*$D$  – диффузионный сок;*

*$\mathcal{E}$  – экстракт;*

*$R$  - рафинат*

## *Растворители для выщелачивания по системе жидкость-твердое тело;*

*вода - для экстрагирования сахара из свеклы, кофе, цикория, чая;*

*спирт и водно-спиртовую смесь - для получения настоев в ликероводочном и пивобезалкогольном производствах;*

*бензин, трихлорэтилен., дихлорэтан - в маслоэкстракционном и эфиромасличном производствах и др.*

*Скорость процесса в этом случае равна* 
$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = \beta_y \cdot (y_{НАС} - y_{СР});$$

*где  $M$  - количество вещества, перешедшего из одной фазы в другую;*

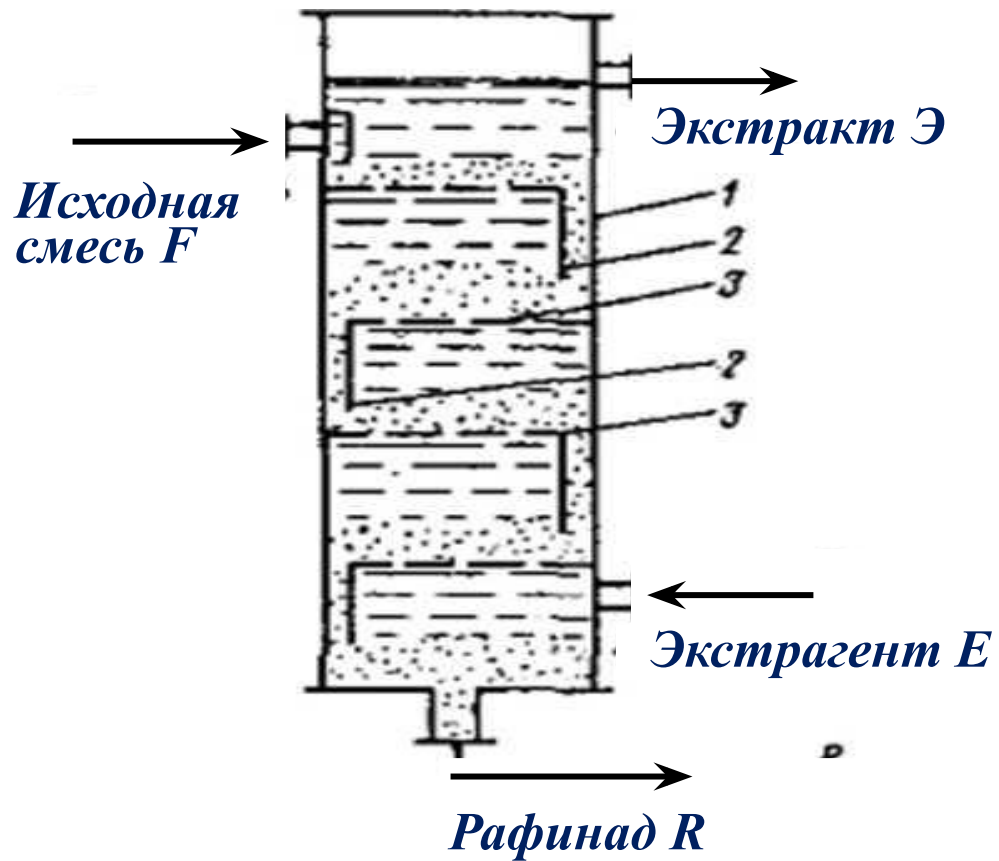
*$F$  - площадь поверхности массопередачи;*

*$\tau$  - продолжительность процесса;*

*$\beta_y$  - коэффициент массоотдачи в жидкой фазе;*

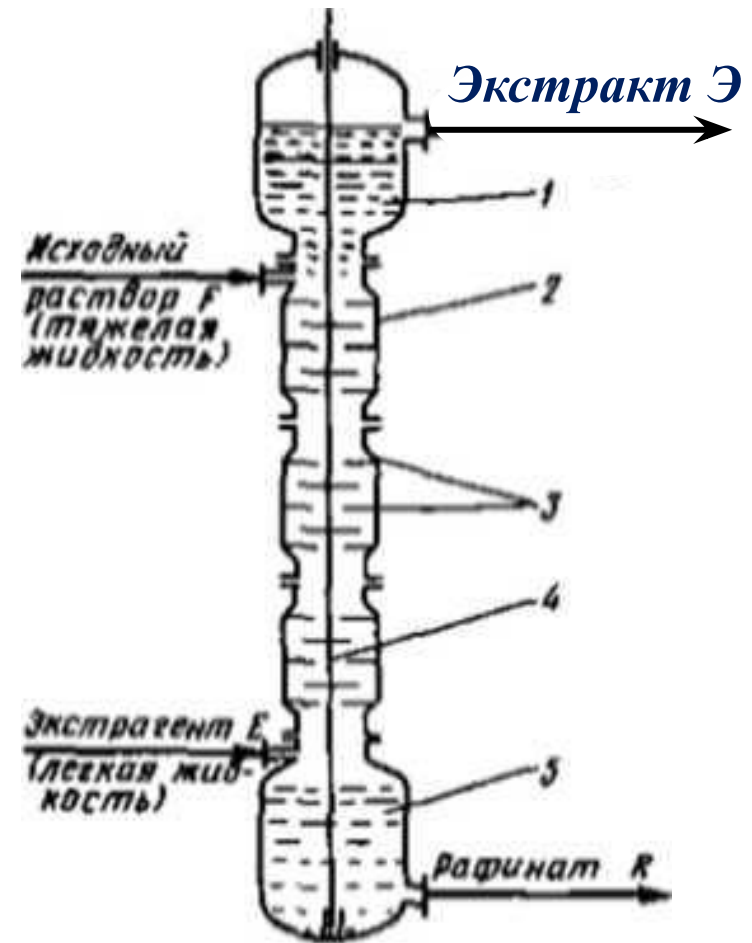
*$y_{НАС}$  - концентрация насыщенного раствора;*

*$y_{СР}$  - средняя концентрация экстрагируемого вещества в массе экстрагента.*



**Тарельчатый экстрактор:**

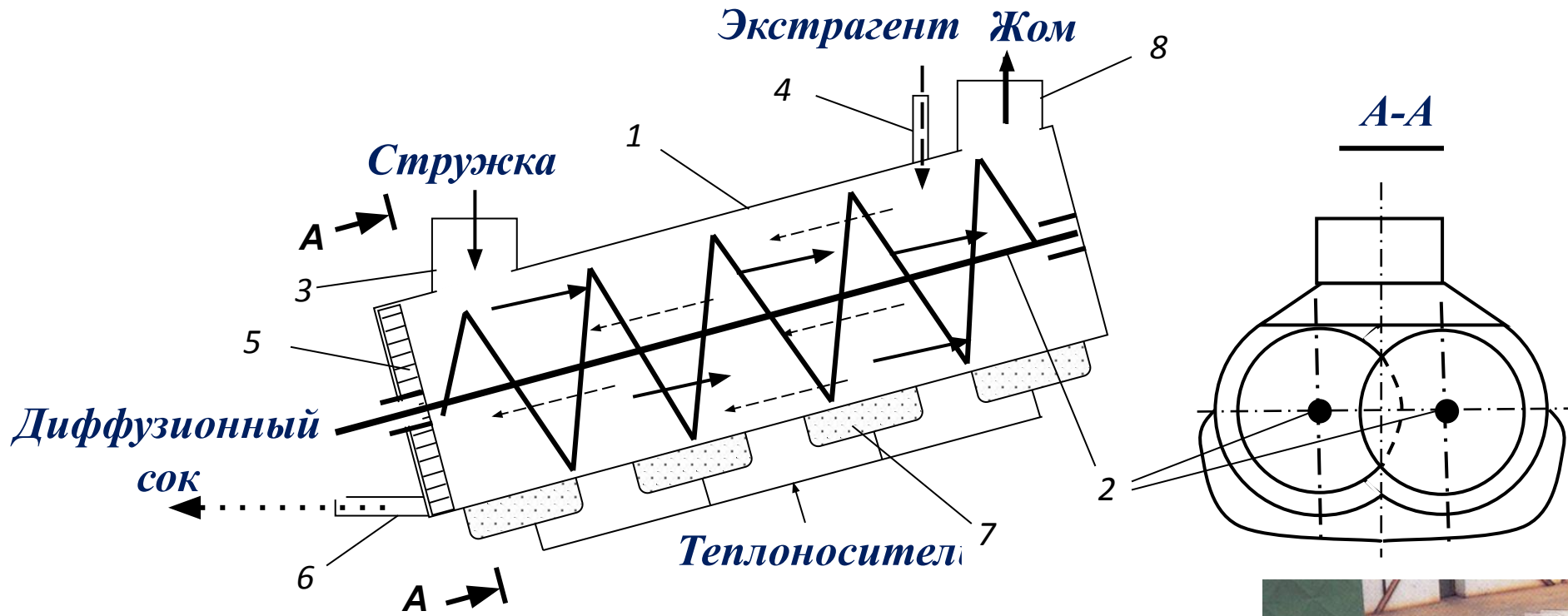
- 1-цилиндрический корпус;
- 2-переливной устройтво;
- 3-ситчатые тарелки.



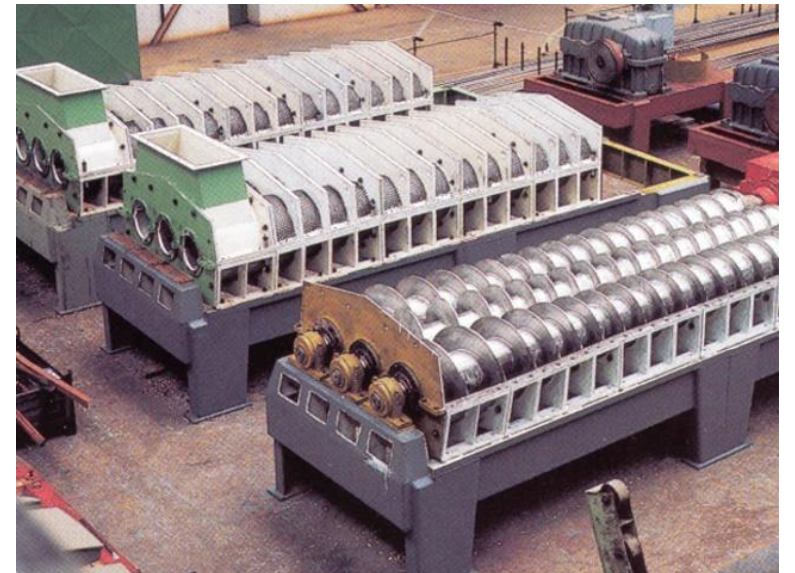
**Роторно-дисковый экстрактор:**

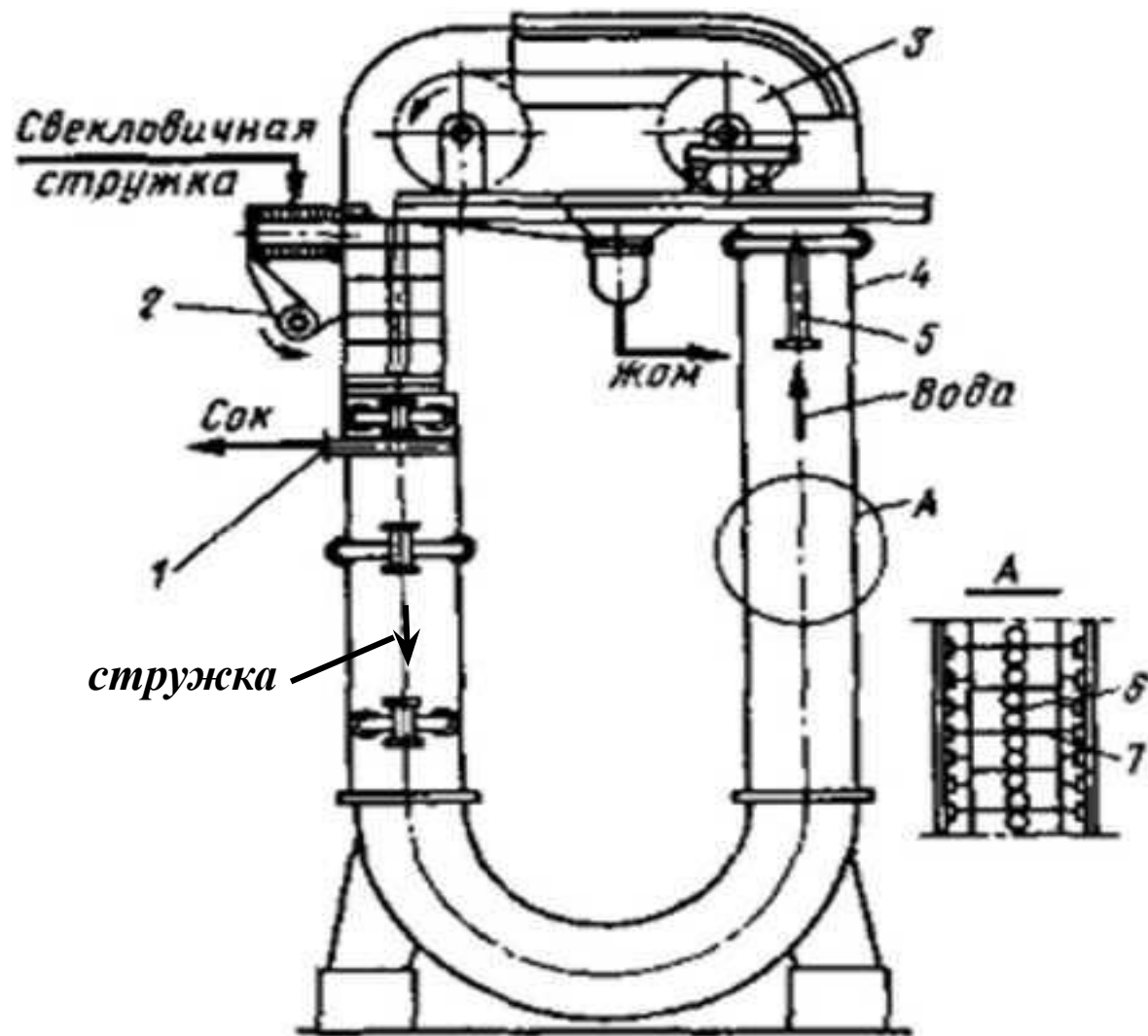
- 1,5-отстойные зоны, 2—корпус;
- 1-кольцевые перегородки; 4-ротор.

# Диффузионный шнековый аппарат



- 1 – корпус;
- 2 – шнековый вал;
- 3 – приемный бункер;
- 4 – патрубок;
- 5 – сито;
- 6 – отводящий патрубок;
- 7 – греющие камеры





*Двухколонный диффузионный аппарат:  
 1,5 -штуцера; 2-ротационный зябрасыватель;  
 3-барабан; 4-корпус; 6-цепь; 7-рамка.*



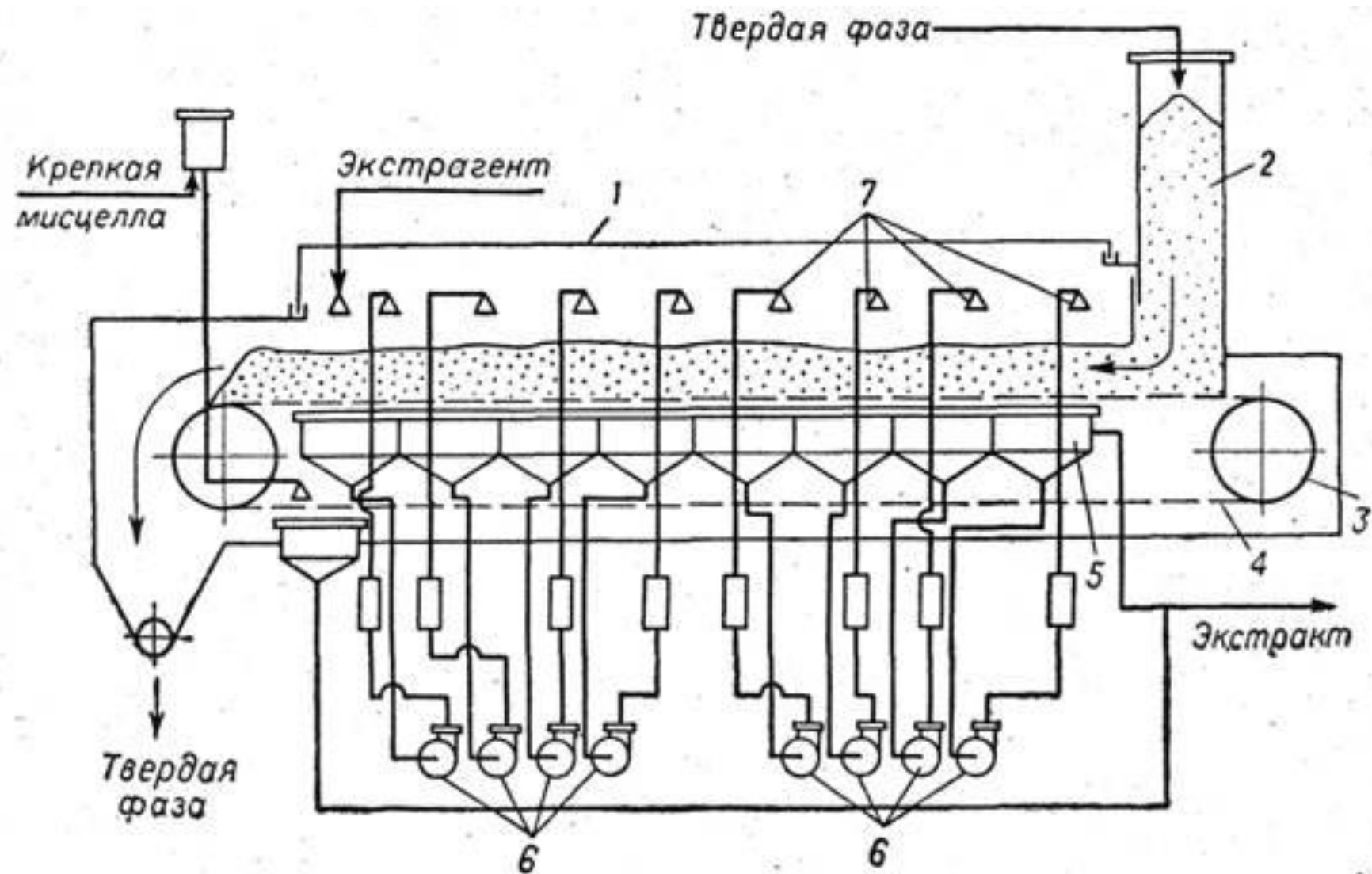
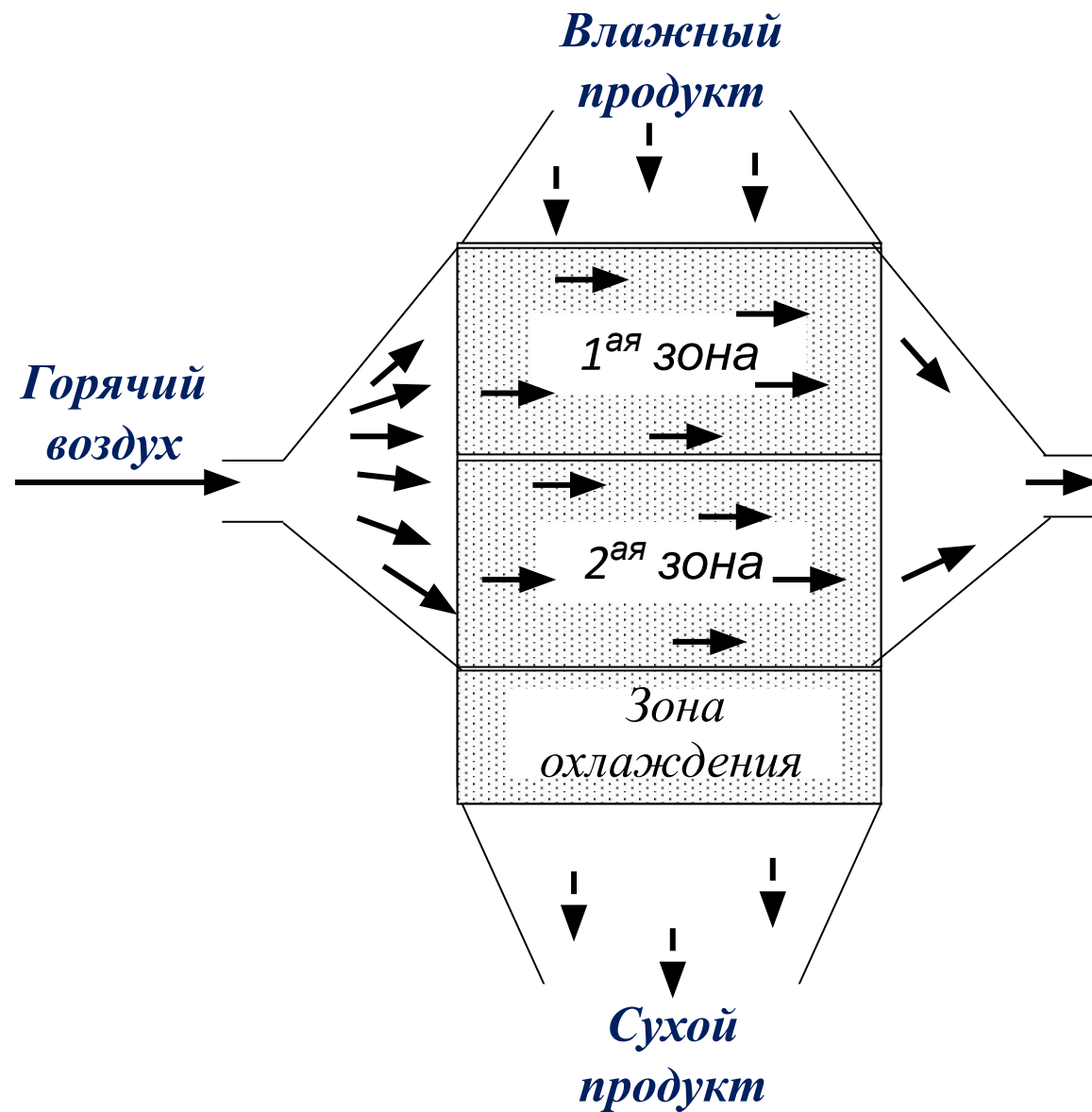


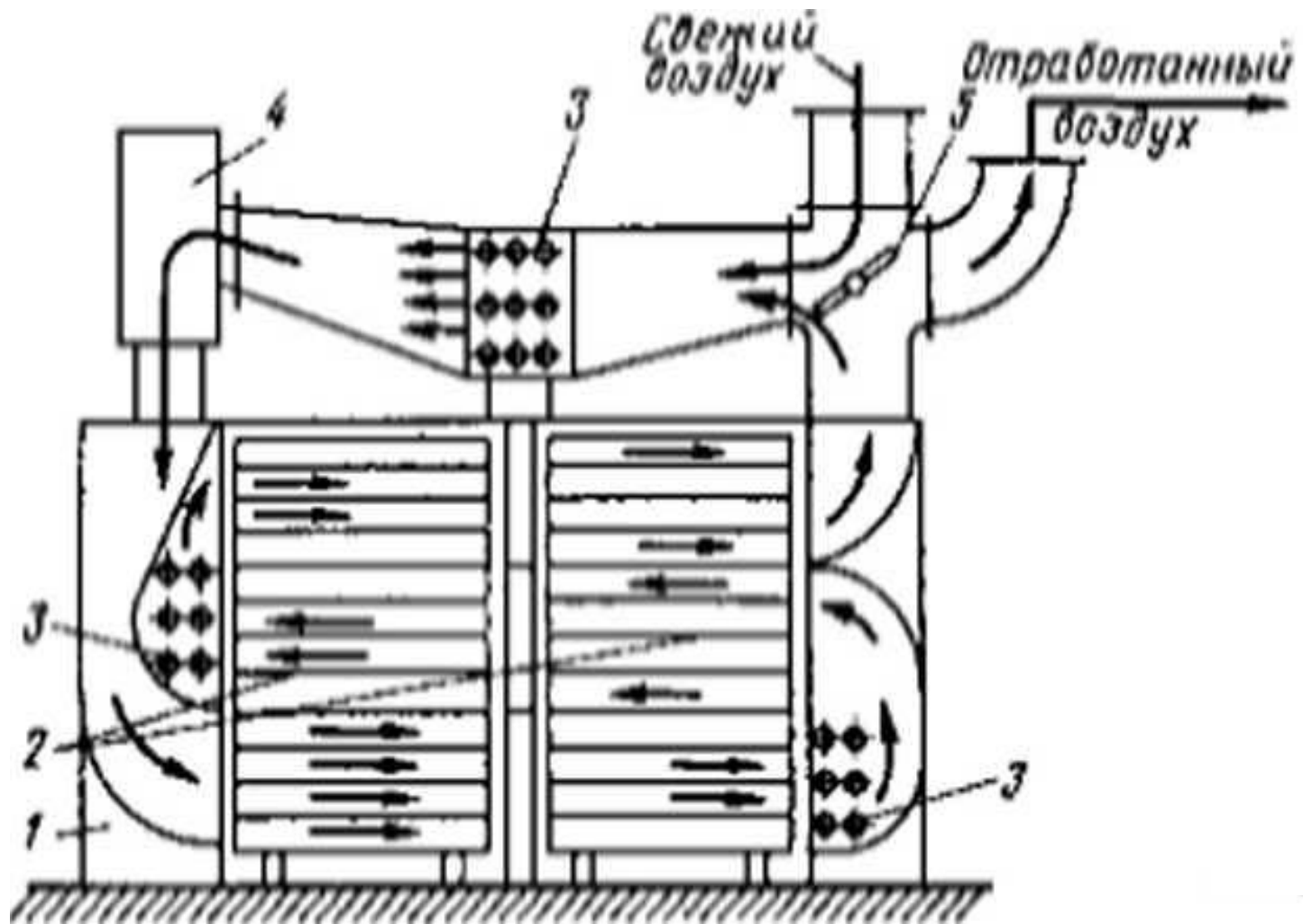
Рис. 6.16. Оросительный экстрактор ленточного типа:

1 — корпус; 2 — бункер; 3 — звездочка; 4 — ленточный транспортер; 5 — воронка; 6 — насос; 7 — распылитель.

# Шахтная сушилка



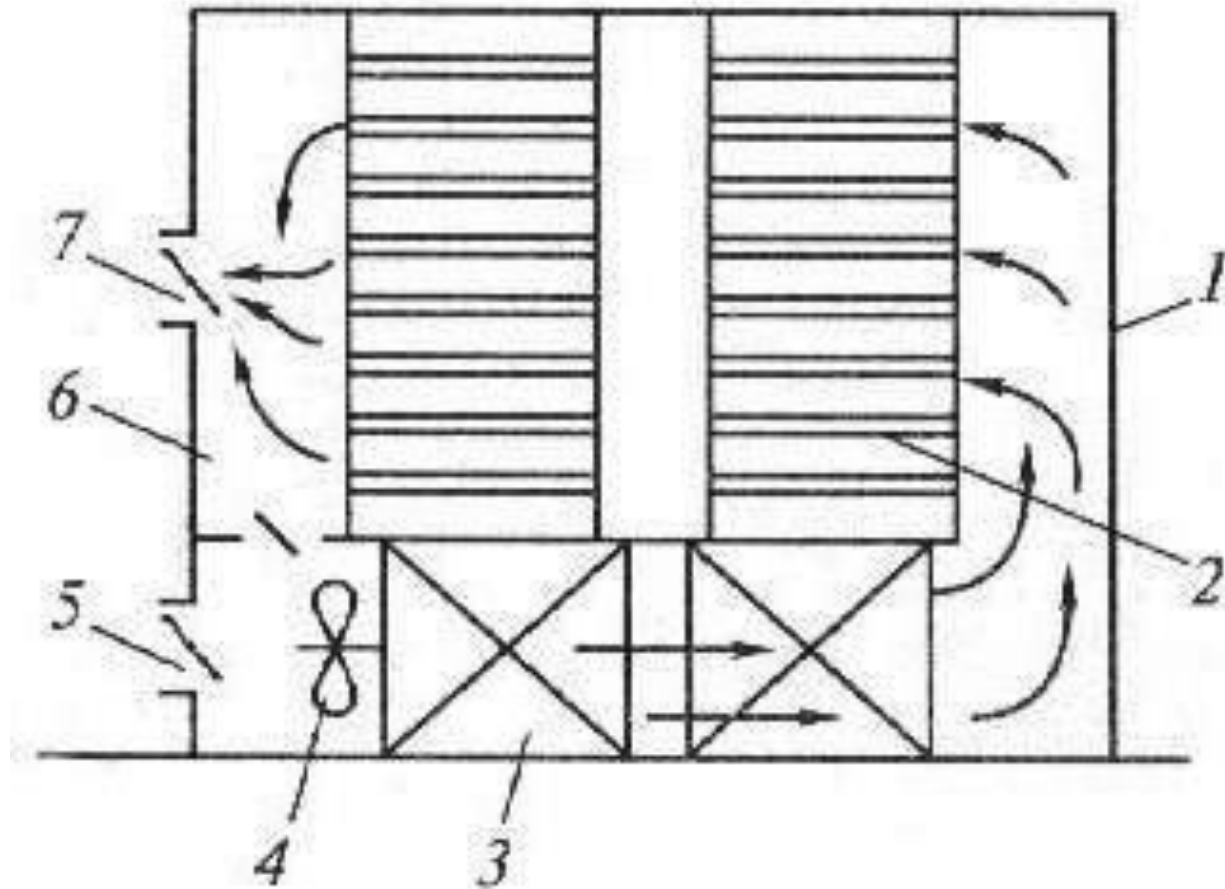




*Камерная сушилка:*

*1-корпус, 2-рагоцетка; 3-калориферы;*

*4-вентилятор; 5-шибер.*



### **Схема камерной сушилки:**

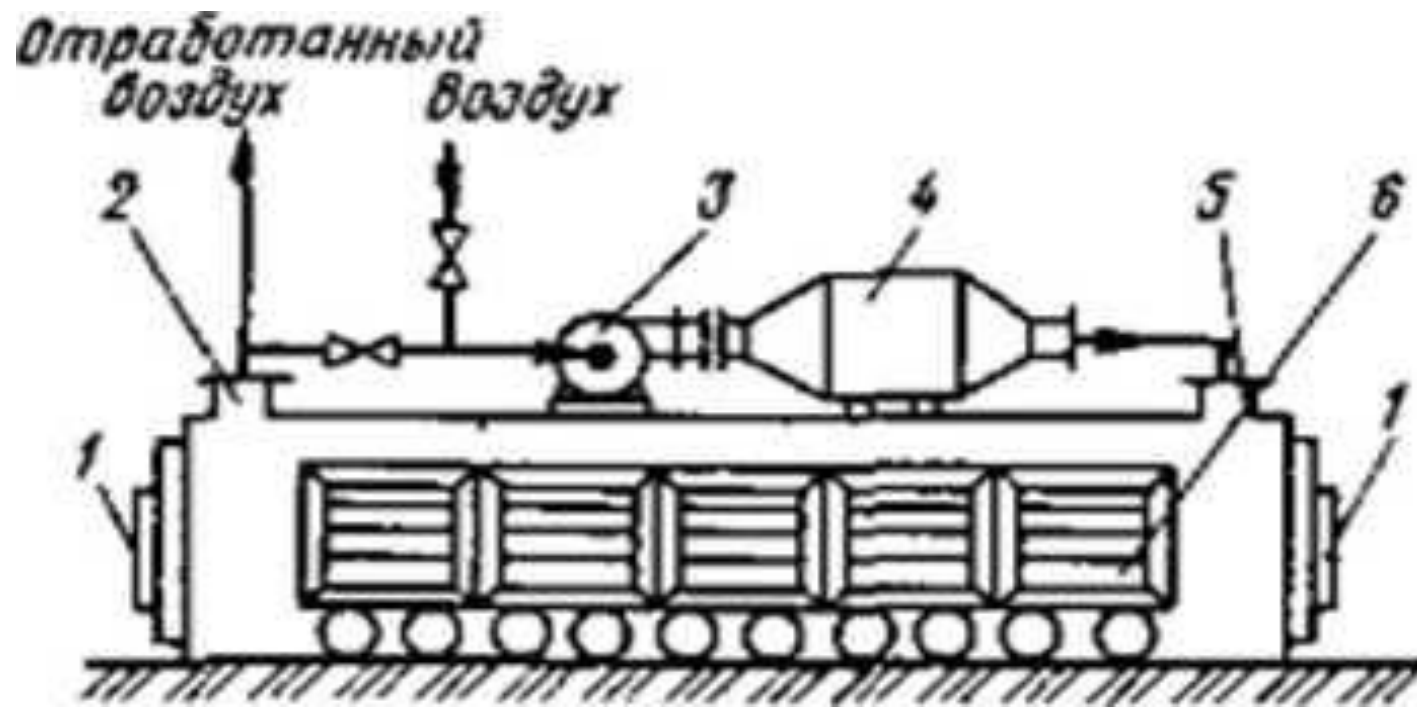
**1 - камера;**

**2 – полка;**

**3 – калорифер;**

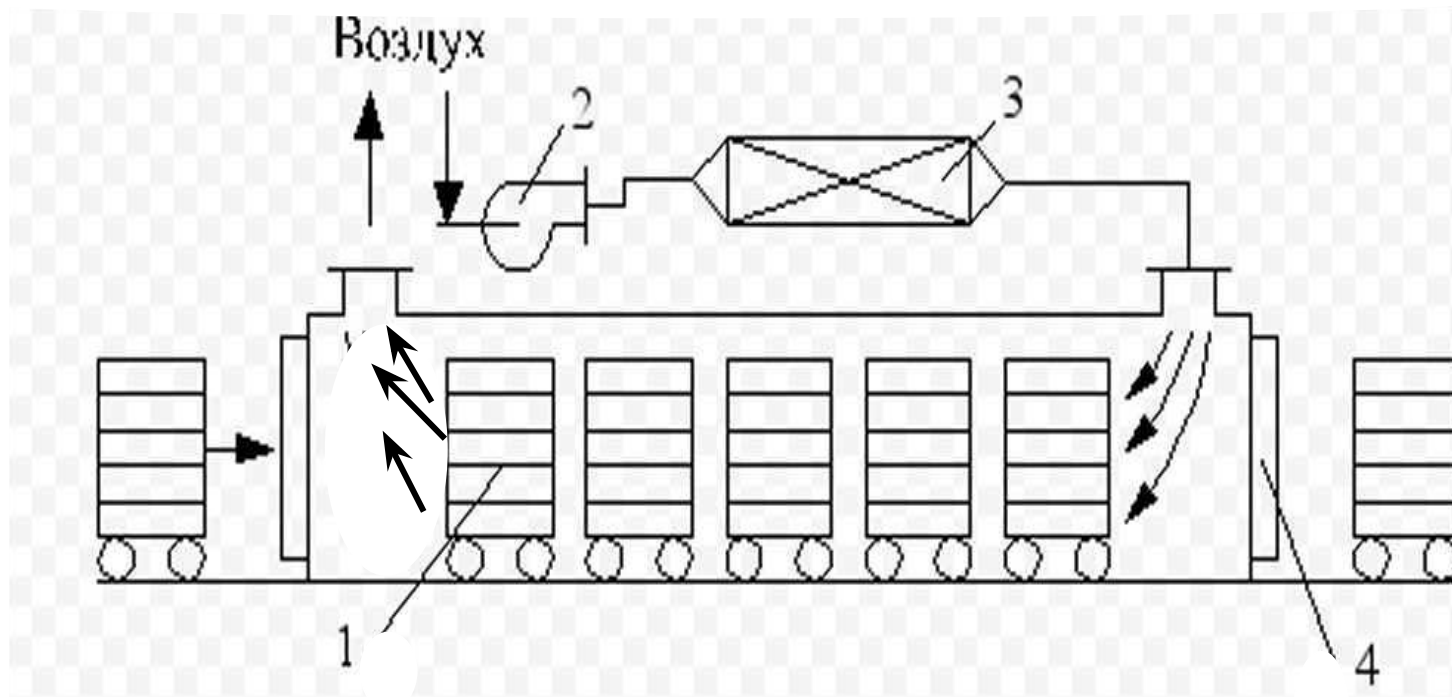
**4 – вентилятор;**

**5, 6, 7 – вентиляционные окна.**



*Туннельная сушилка:*

- 1-двери;
- 2-газоход;
- 3-вентилятор;
- 4-калорифер;
- 5-корпус;
- 6-тележки с материалом



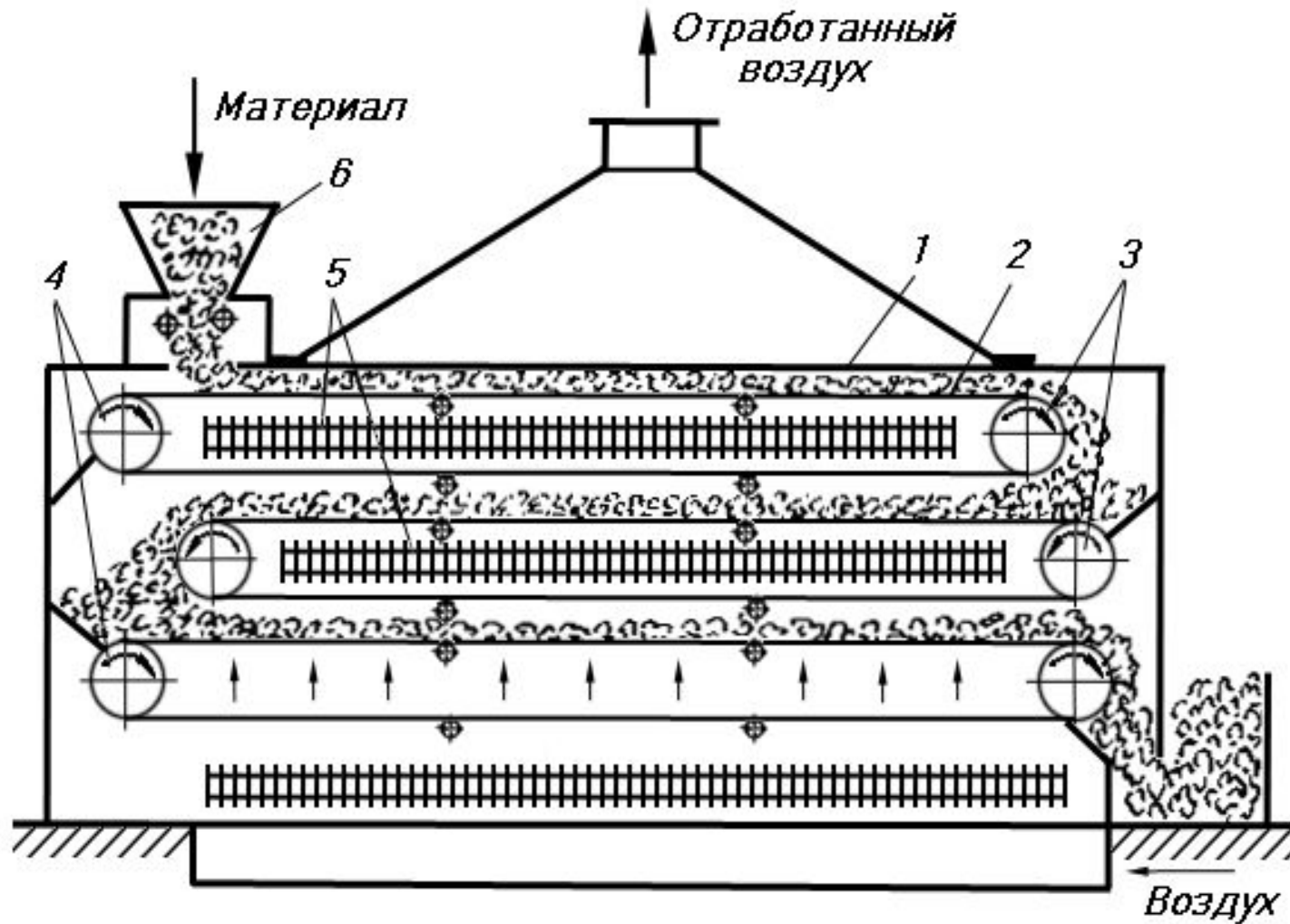
### ***Схема туннельной сушилки:***

***1 - тележки;***

***2 - вентилятор;***

***3 - калорифер;***

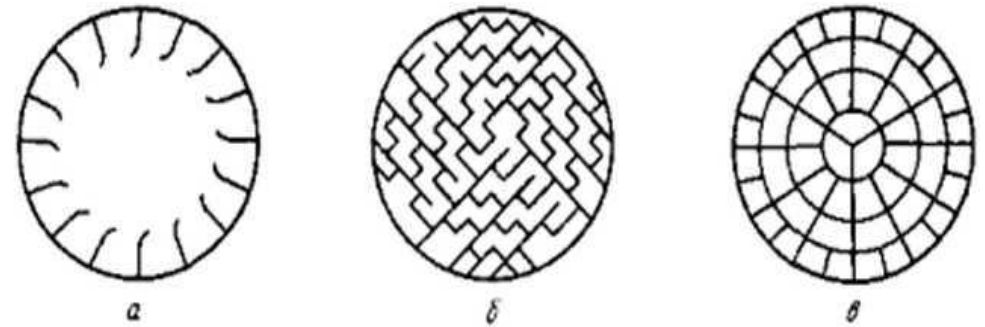
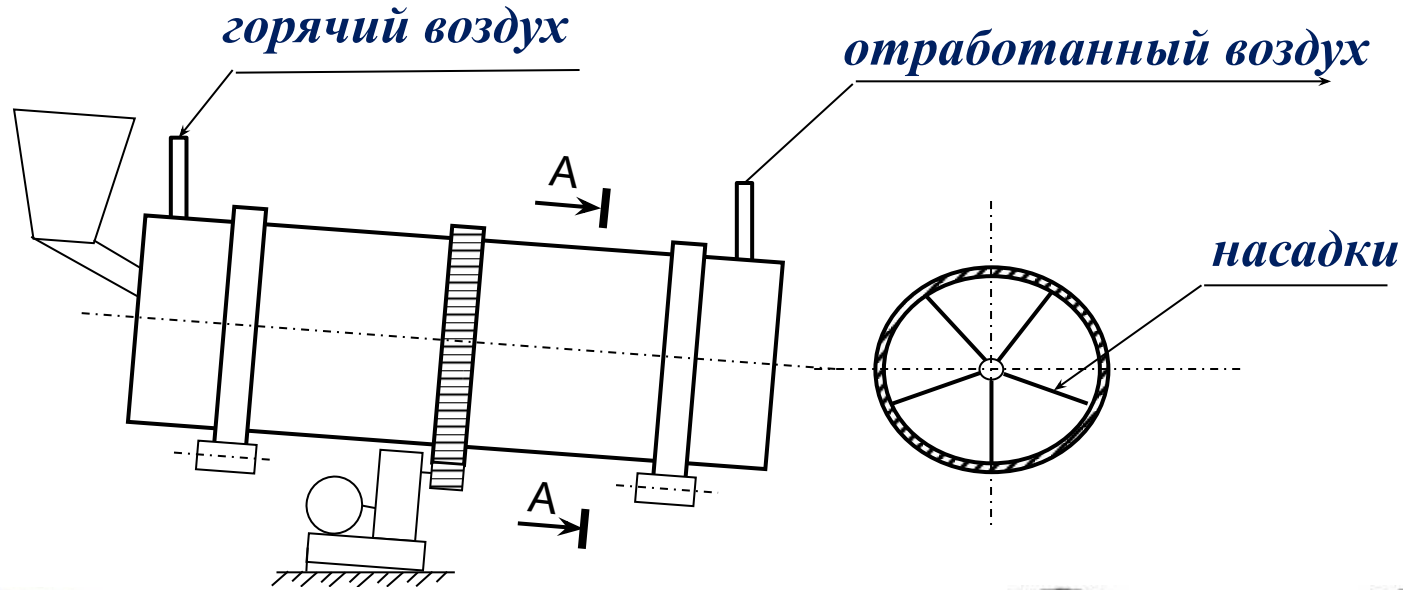
***4 - двери.***



*Ленточная сушилка:*

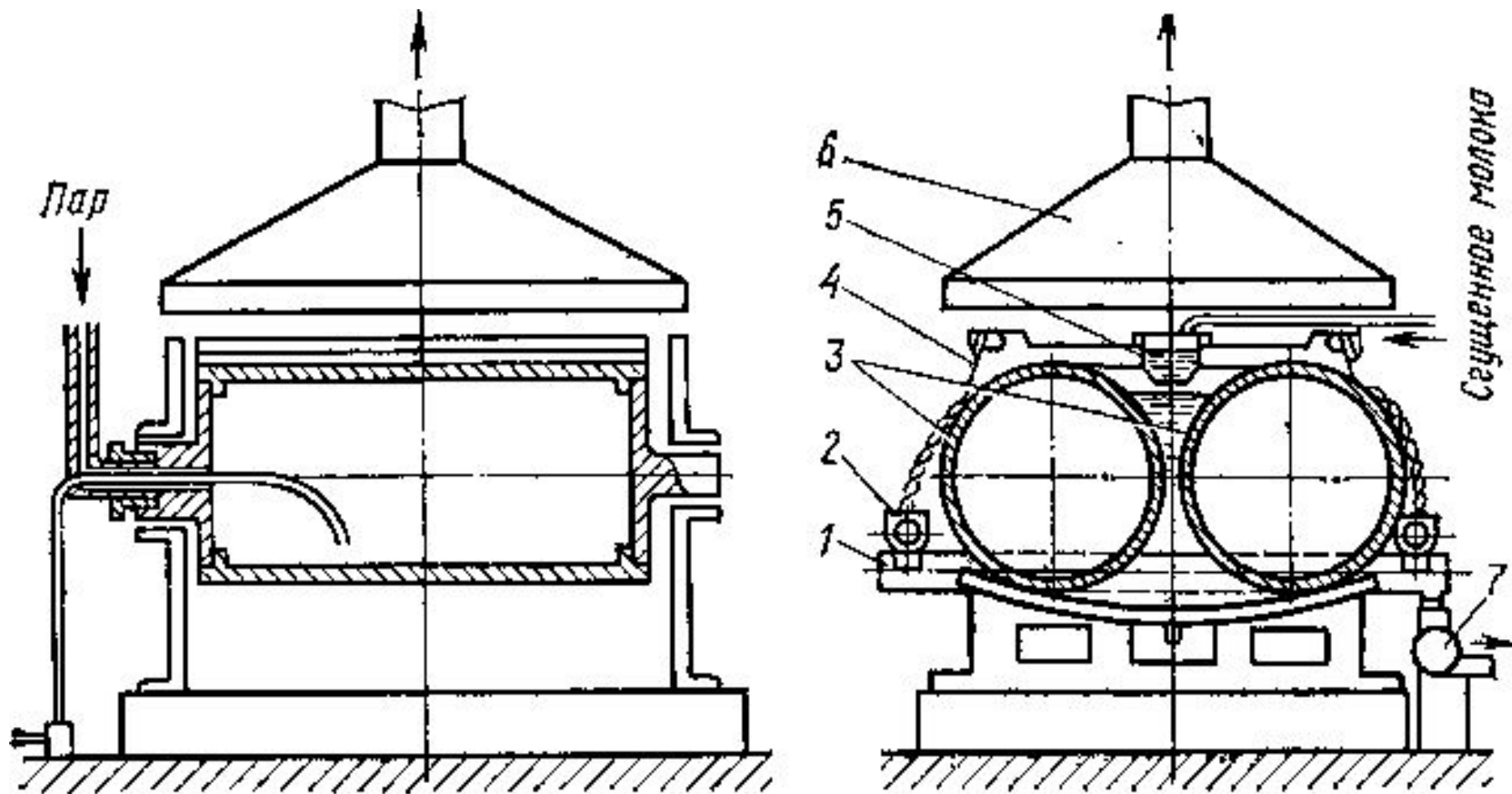
- 1 – корпус; 2 - ленточный конвейер; 3 - ведущие барабаны,  
 4 - ведомые барабаны;  
 5 - калориферы; 6 - бункер с загрузочным устройством.*

# Барabanная сушилка



**Внутренние насадки:**  
**а) – подъемно-лопастная;**  
**б) - распределительная**  
**в) - перевалочная**

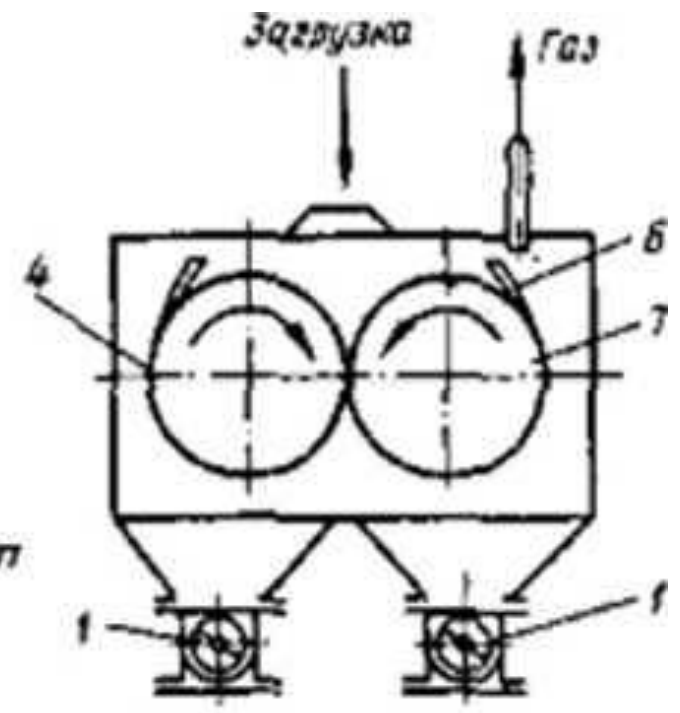
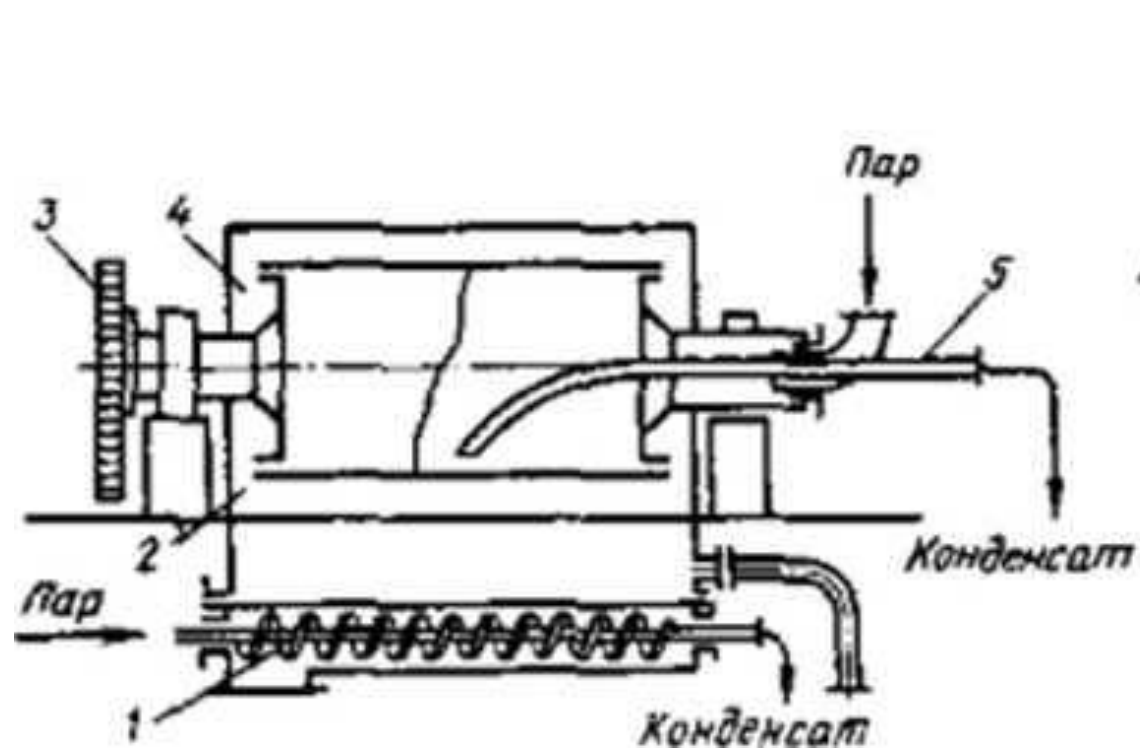




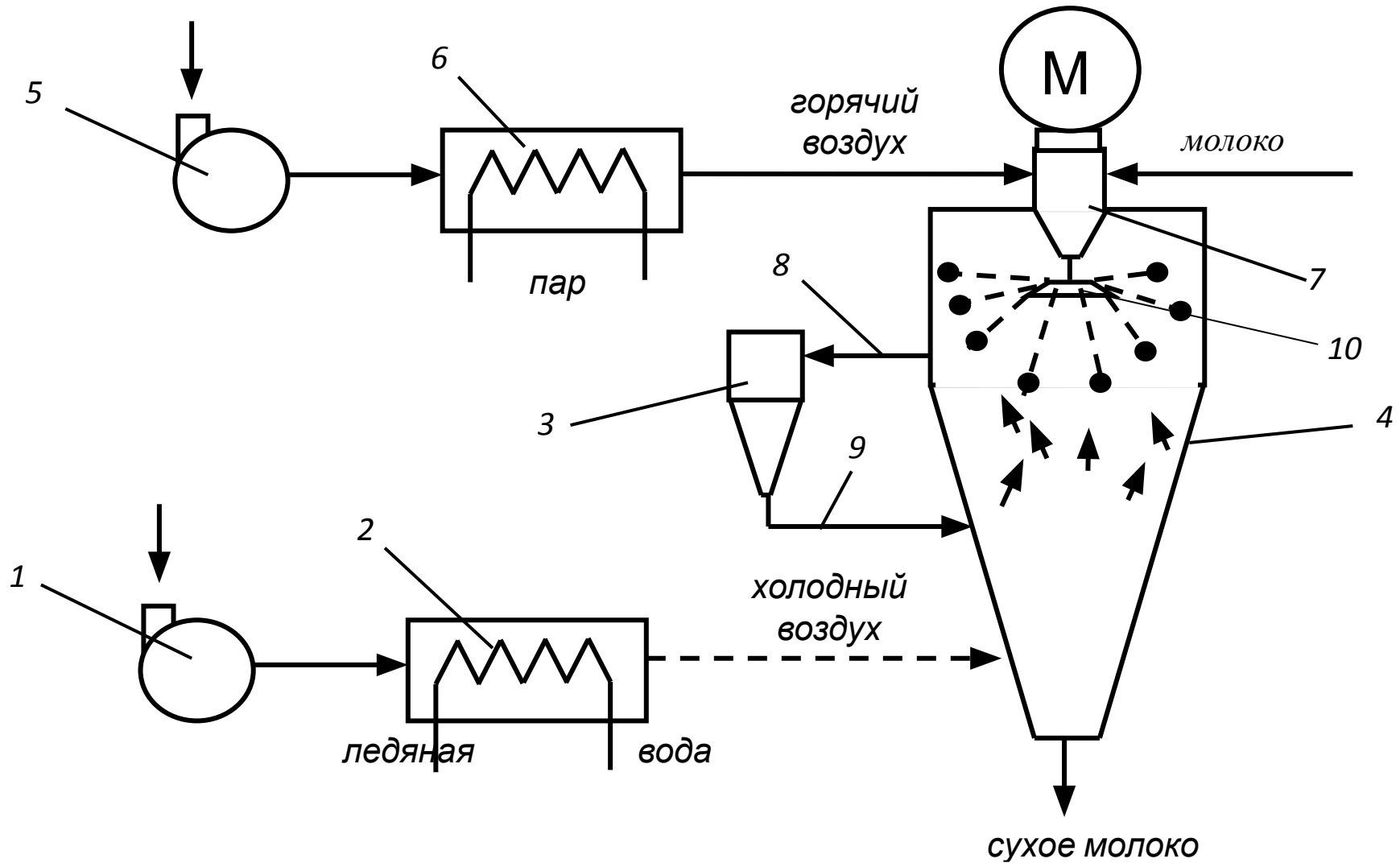
*Вальцовая (пленочная) сушилка:*

*1 – поддон, 2 – шнеки, 3 – вальцы- барабаны;*

*4 - ножи; 5 желоб, 6 – зонт, 7 – мельница.*





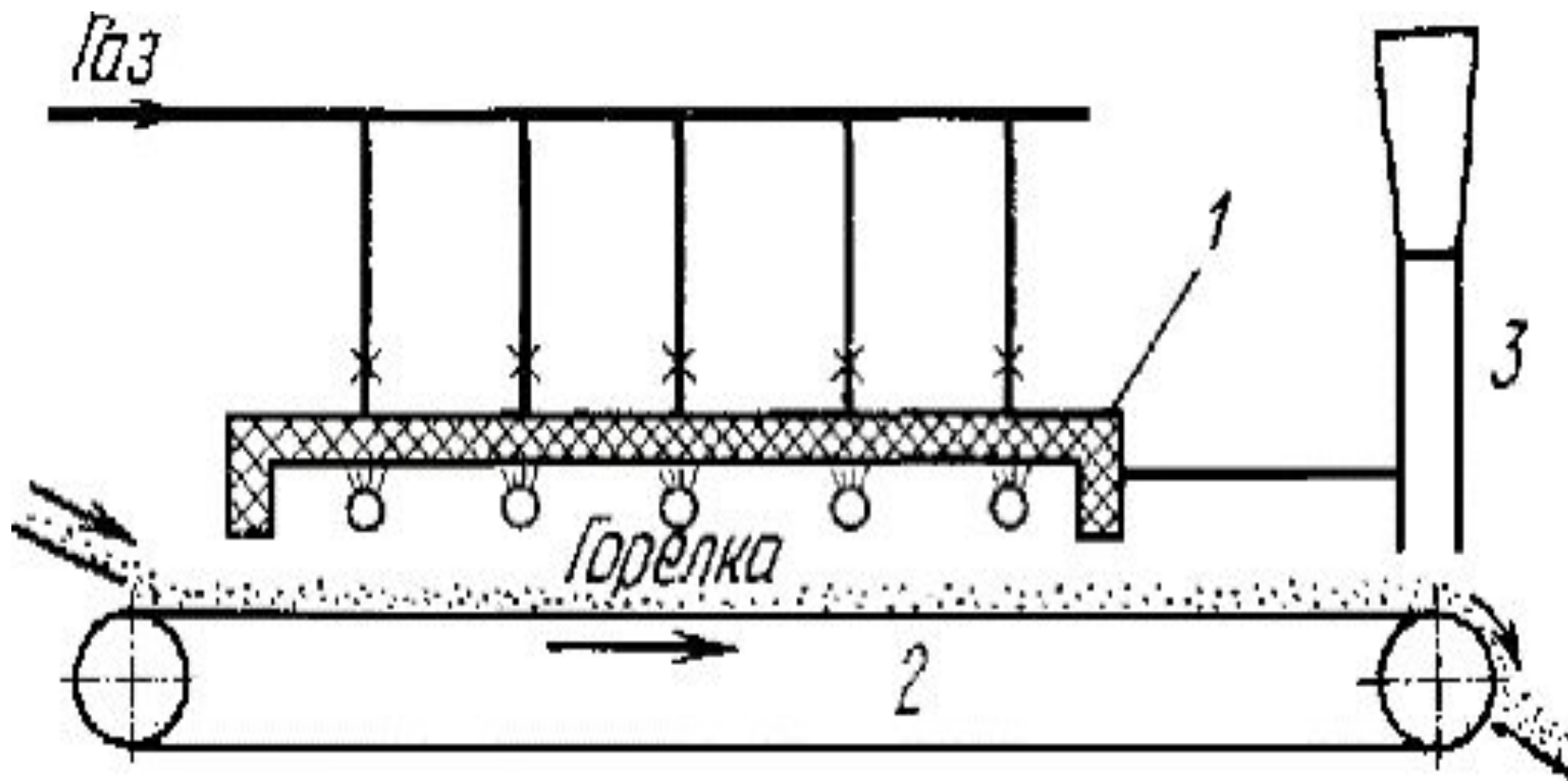


## *Распылительная тарельчатая сушилка*

*1 – вентилятор; 2 – воздухоохладитель; 3 – циклон; 4 – корпус распылительной сушилки; 6 - калорифер; 7 – форсунка; 8 – впускной патрубок циклона; 9 – обратный патрубок циклона, 10 – тарелка.*



*Установка сублимационной сушки:  
1 – сублиматор; 2 – плиты; 3 – противни;  
4 – вымораживатель.*



*Схема радиационной сушилки с излучателями:*

*1 - излучатель; 2 - конвейер; 3 - вытяжное устройство*

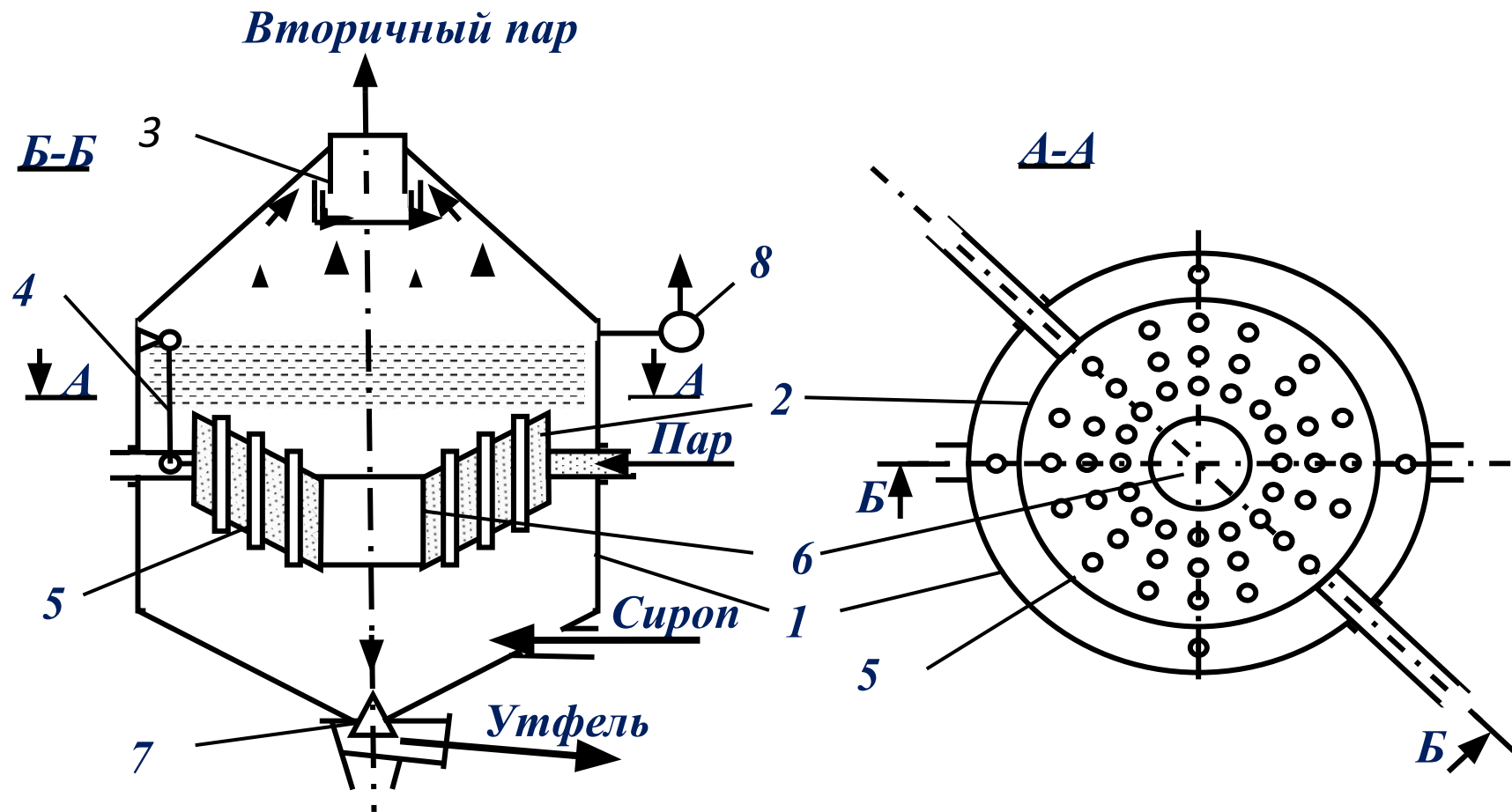


Схема вакуум-аппарата:

- 1 – корпус; 2 – греющая камера;
- 3 – сепаратор; 4 – тяга;
- 5 – трубы греющей камеры;
- 6 – циркуляционная труба;
- 7 – спускной клапан;
- 8 – вакуум-насос.



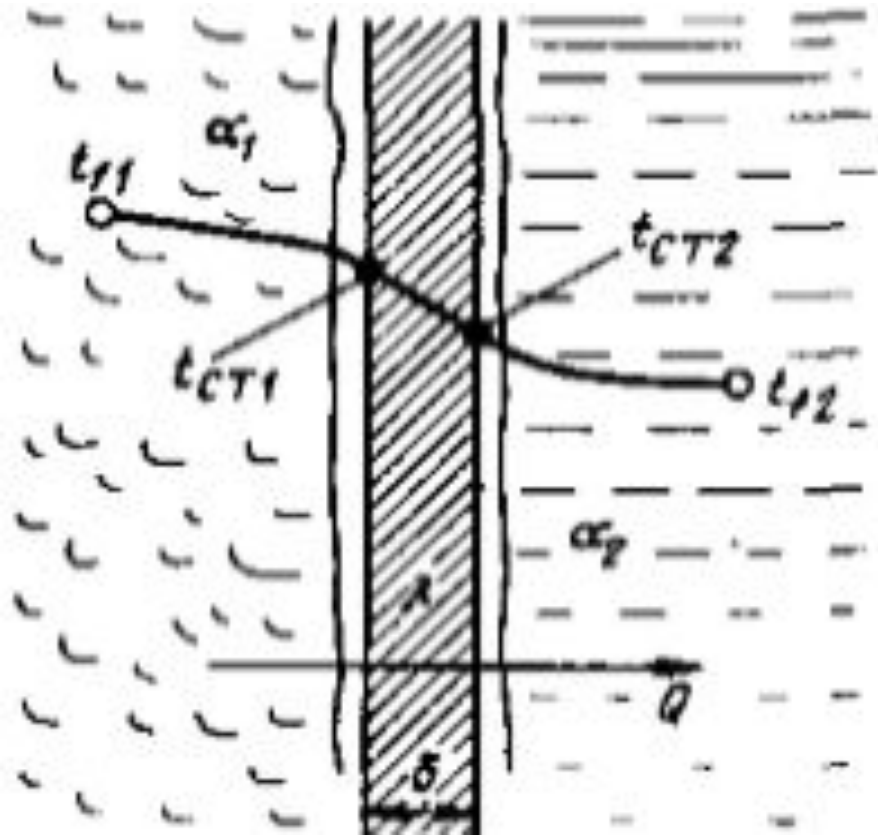
$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{CP} \cdot \tau;$$

где  $Q$  – количество переданной теплоты, Дж;

$K$  – коэффициент теплопередачи  
между средами, Вт/м<sup>2</sup>К;

$F$  – площадь поверхности теплообмена,  
м<sup>2</sup>;

$\Delta t_{CP}$  – средняя разность температур  
между средами – движущая сила  
процесса, К.

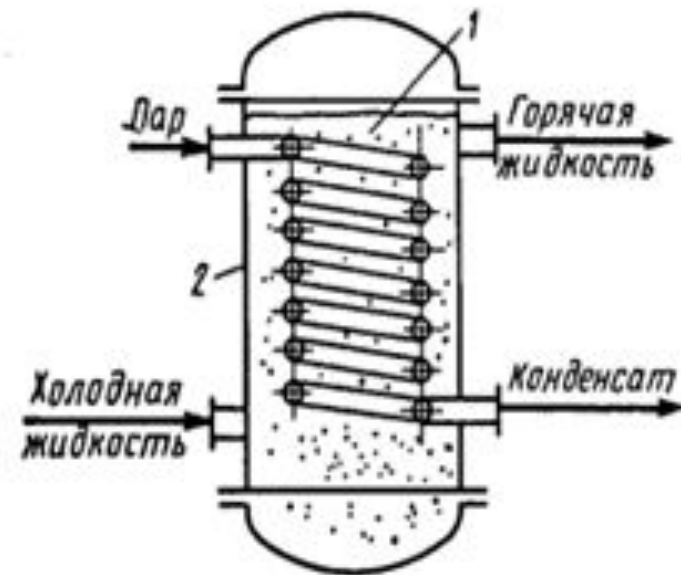
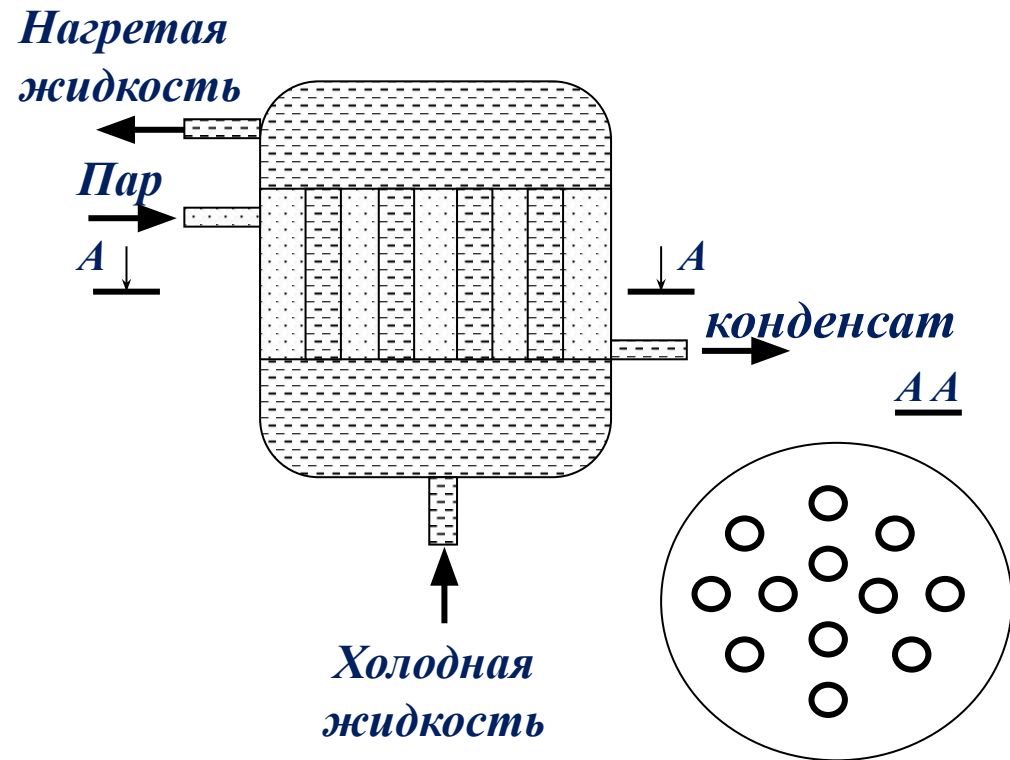
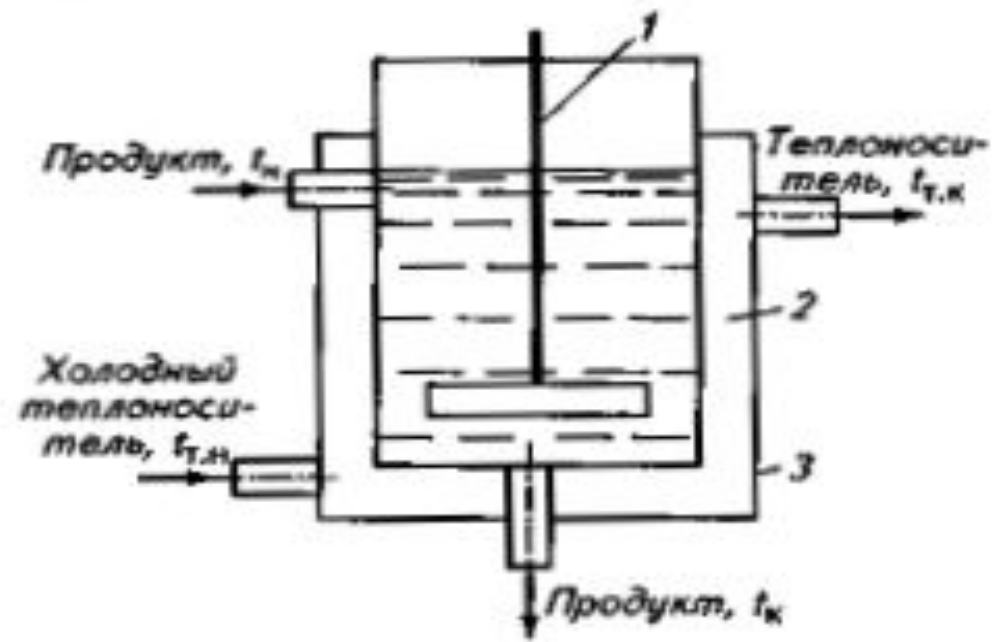
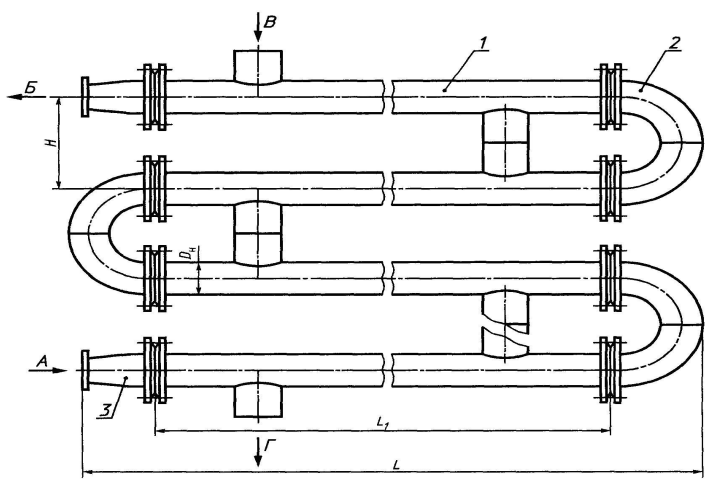


$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

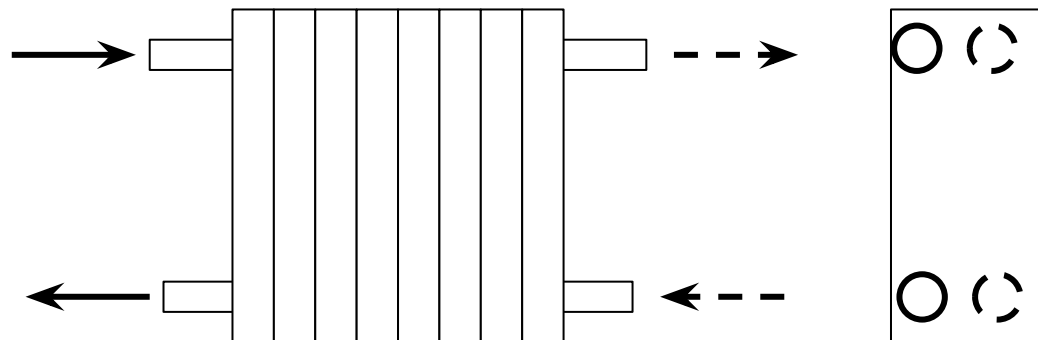
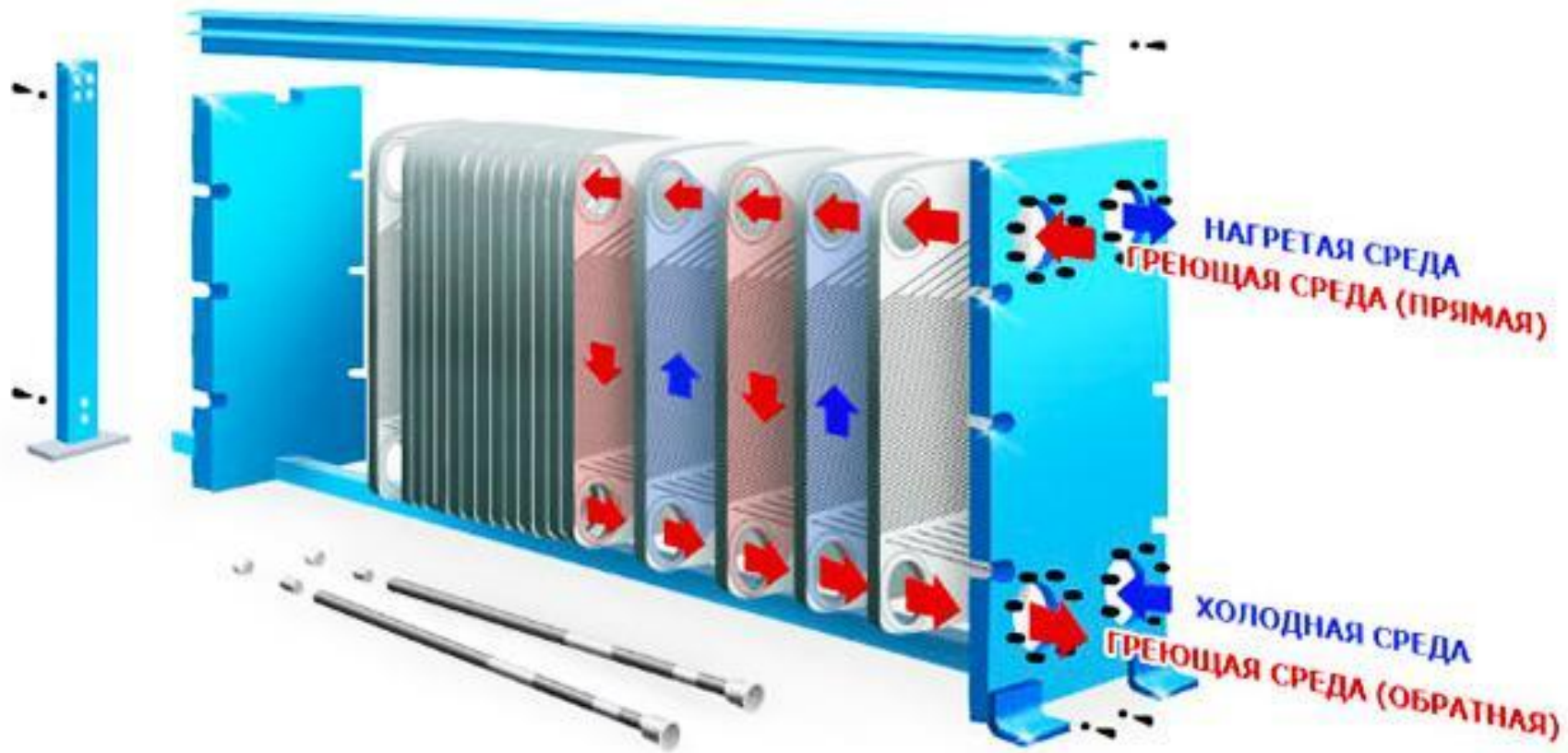
$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи внешней и  
внутренней стенок в окружающую среду,  
Вт/м<sup>2</sup>К;

$\delta$  – толщина стенки, м;

$\lambda$  – теплопроводность стенки, Вт/мК.





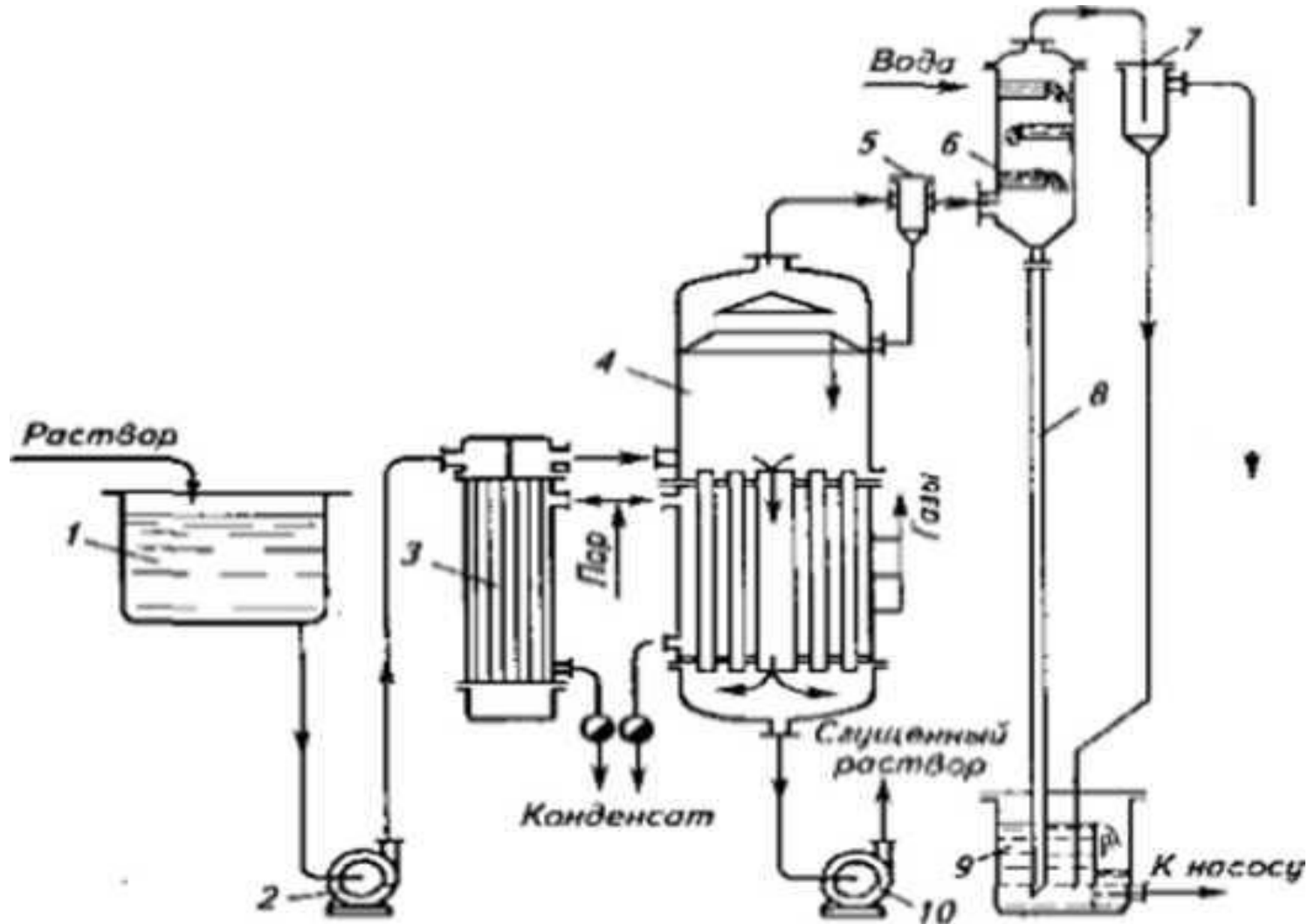


→ - греющая среда

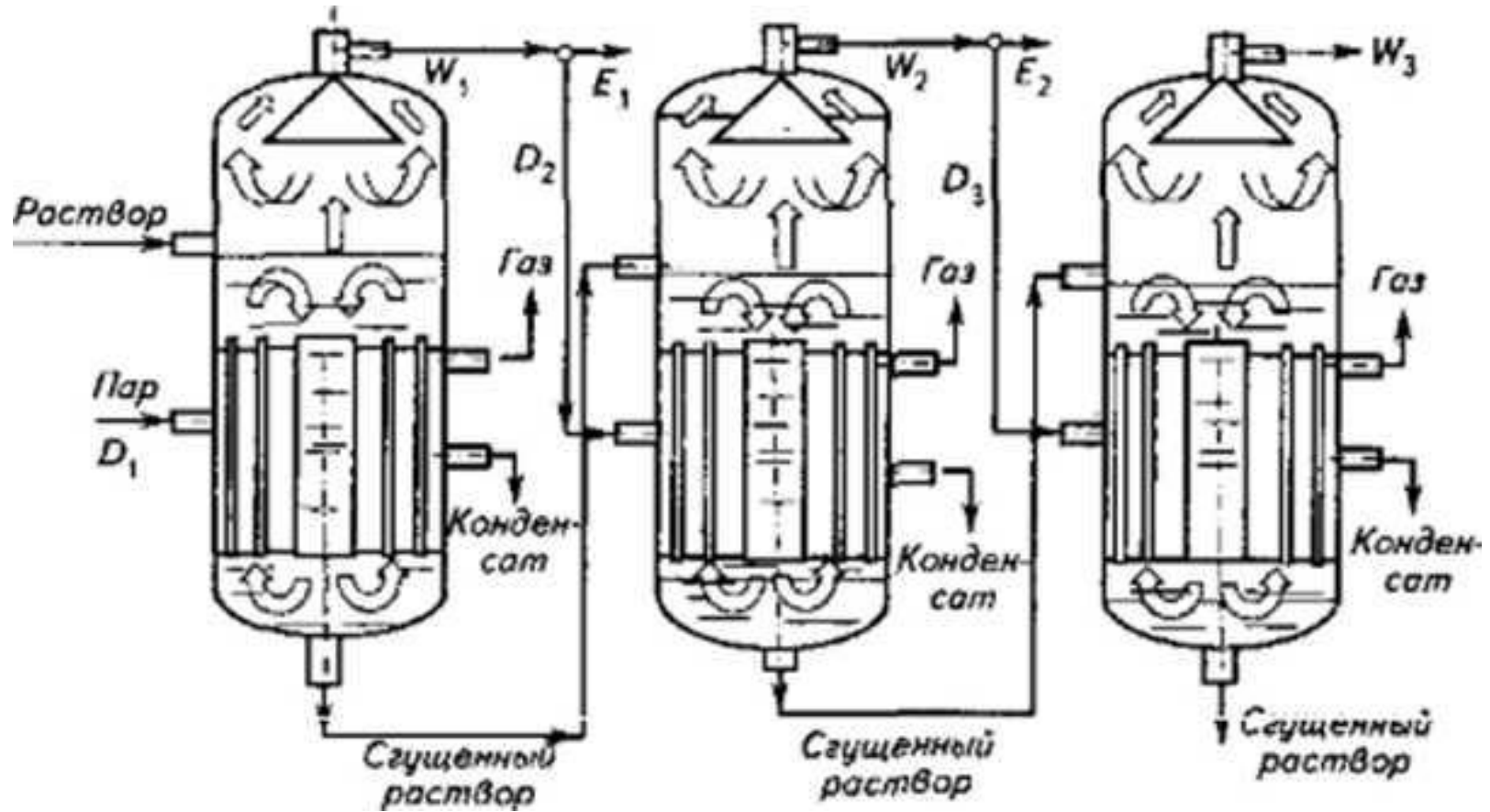
- - - → - нагреваемая среда



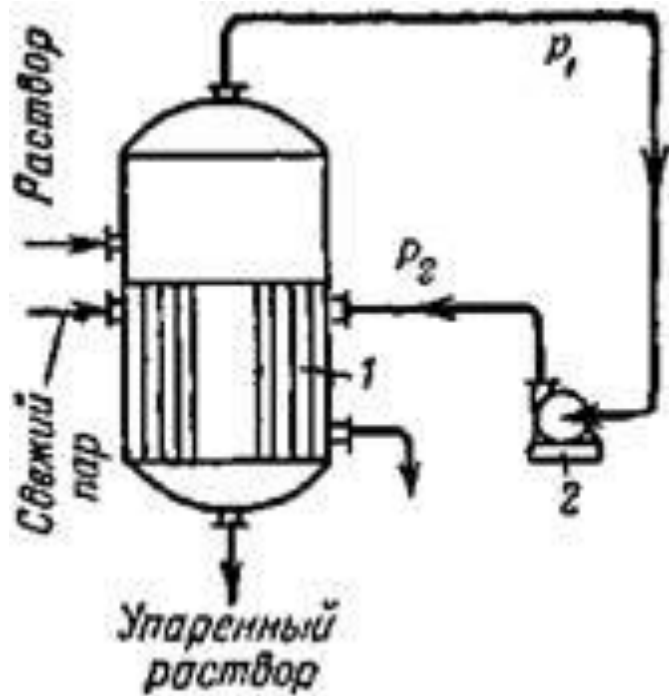
## Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки



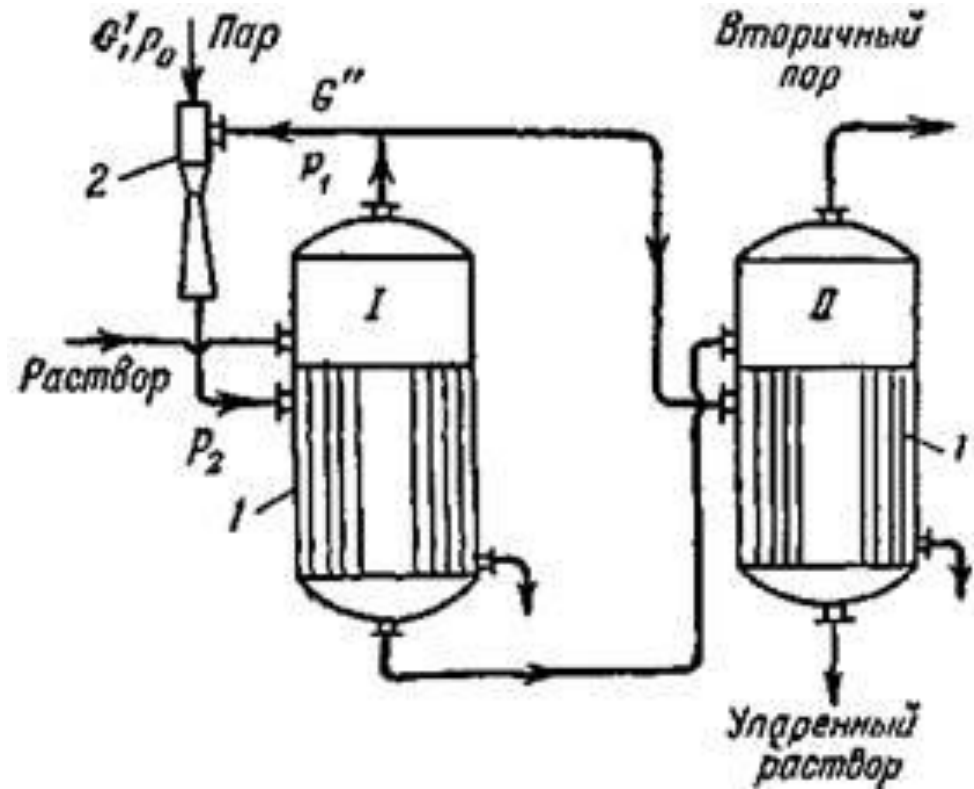
1-сборник, 2- насос. 3 – подогреватель, 4 – выпарной аппарат, 5 – сепаратор-ловушка, 6 – барометрический конденсатор, 7 – каплеуловитель, 8 – барометрическая труба, 9 – сборник, 10 – насос.



*Схема трехкорпусной вакуум-выпарной установки:  
 W – вторичный пар, E – экстрапар, D – греющий пар,*

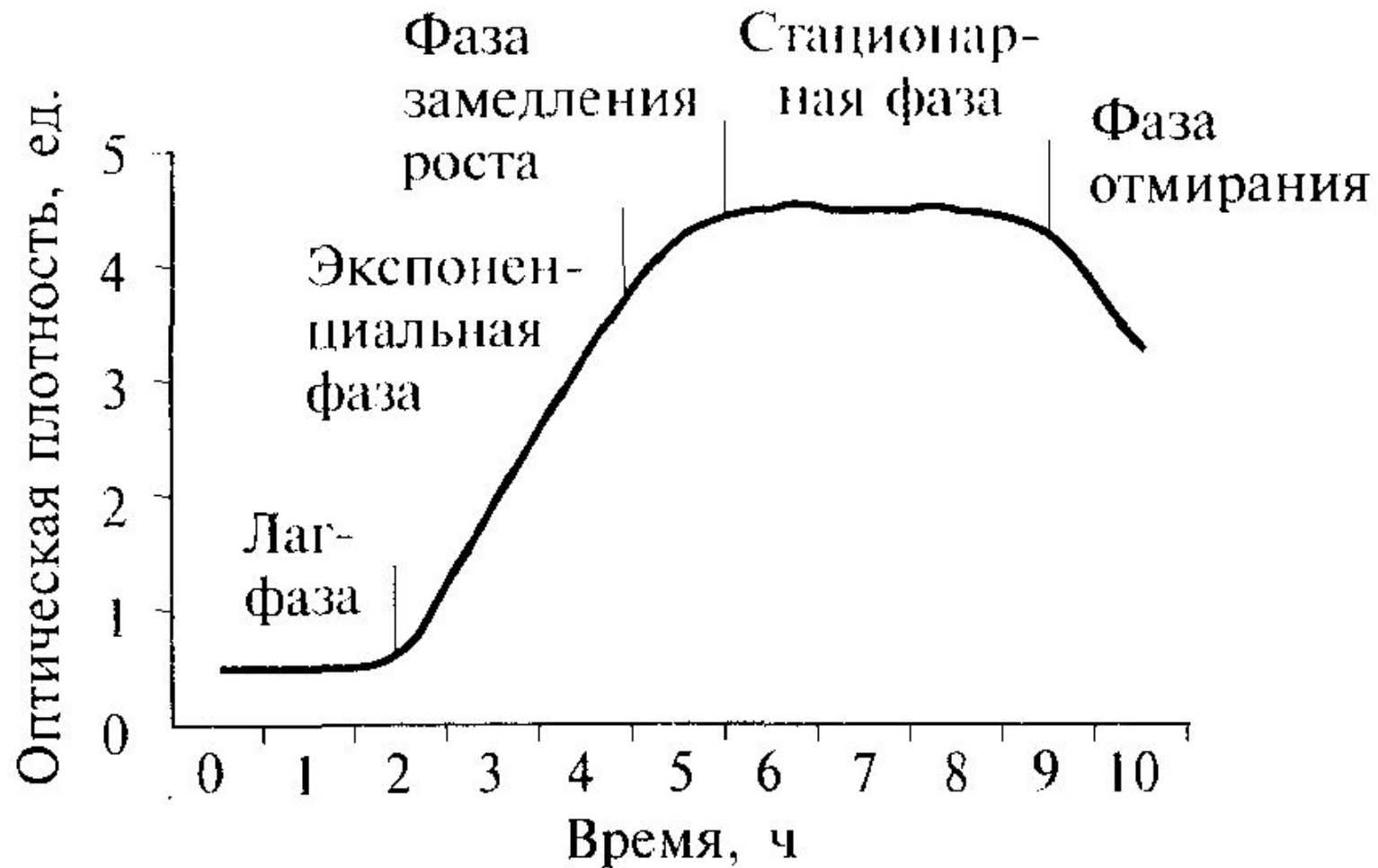


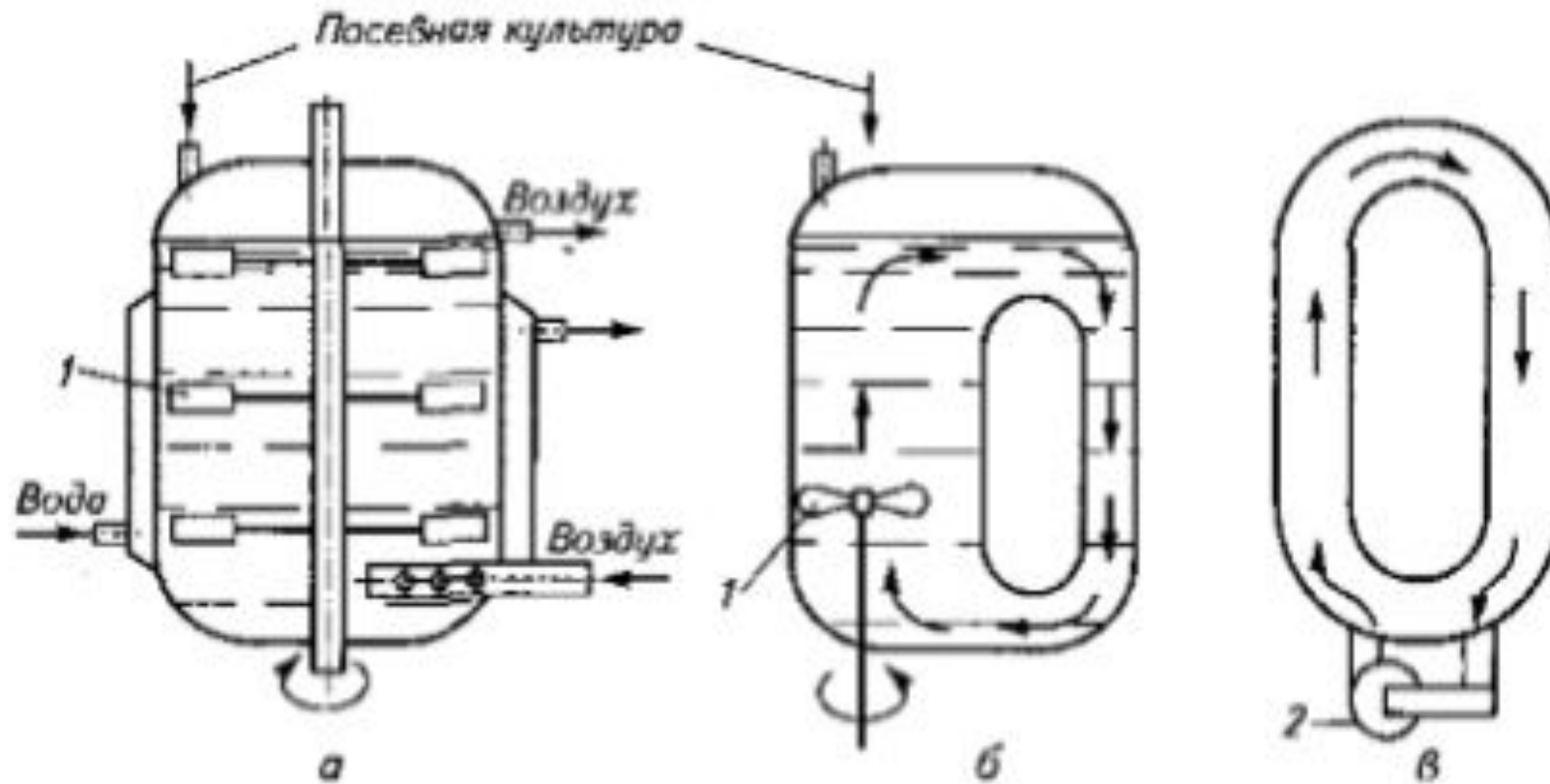
*Выпарная установка с механическим тепловым насосом:  
1 – выпарной аппарат;  
2 – турбокомпрессор.*



*Выпарная установка с пароструйным тепловым насосом:  
1 – выпарной аппарат; 2 – инжектор.*

## *Кривая роста культуры микроорганизмов*





**Схема ферментаторов**

***а) - чан с мешалкой и барботажем воздуха;***

***б) – чан с пропеллерной мешалкой;***

***в) – чан с циркуляцией;***

***1 – мешалка; 2 – циркуляционный насос.***