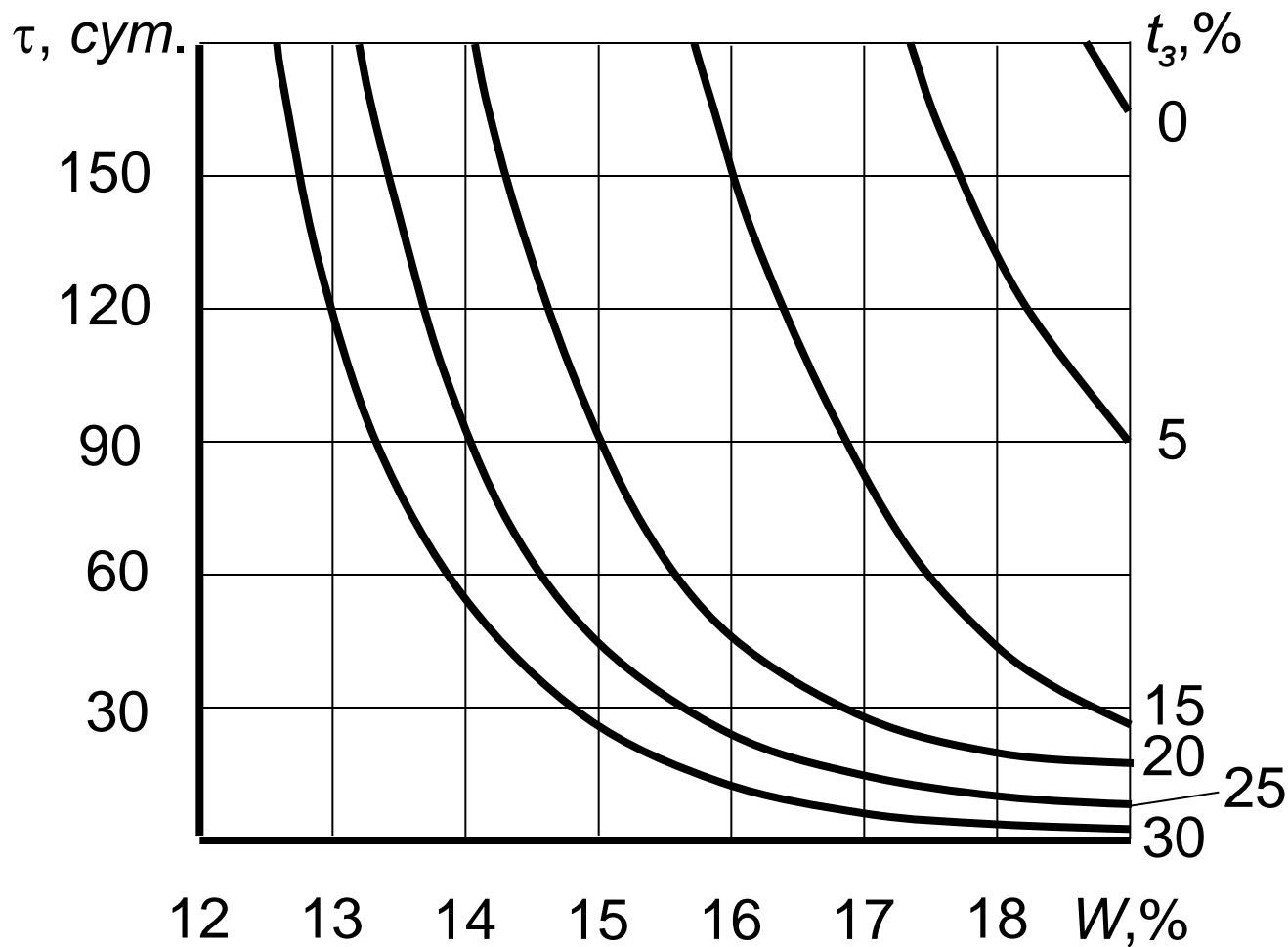




СВОЙСТВА ЗЕРНА КАК ОБЪЕКТА СУШКИ

Зависимость **продолжительности** безопасного **хранения** зерна τ от его **относительной влажности** W и **температуры** t_3



Влажность – важнейший **показатель качества** зерна и семян.

При **повышенной** влажности зерна:

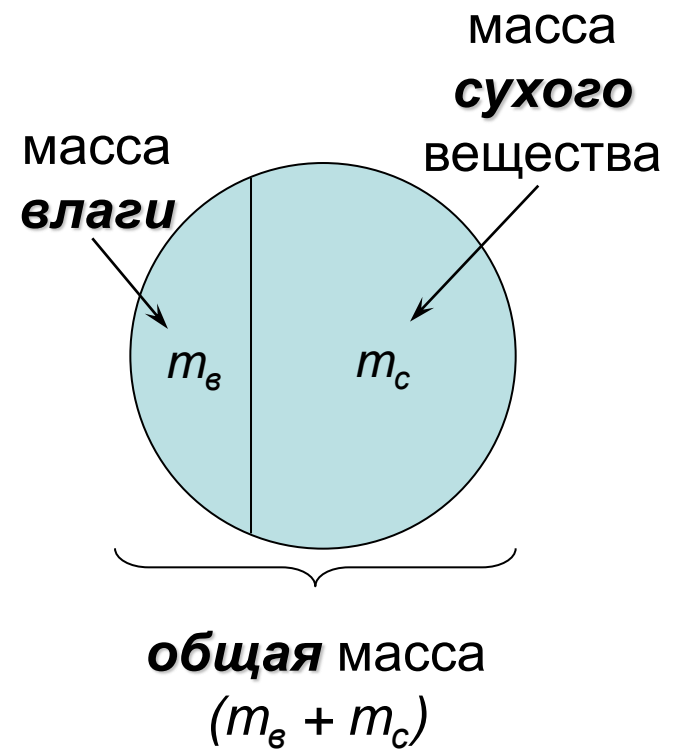
- возрастает интенсивность **дыхания**,
- увеличивается выделение теплоты и **самосогревание** массы,
- усиливаются **бактериальные** процессы и развиваются микроорганизмы,
- снижаются **всхожесть** семян и **питательные** качества зерна.

Сушка – процесс **удаления избыточной влаги** из материала.

Цель сушки – **повышение стойкости** материала при **хранении**.

Относительная влажность W материала - отношение **массы влаги m_v** , содержащейся в материале, к **общей массе** влажного материала ($m_v + m_c$), выраженное в **процентах**:

$$W = \frac{m_v}{m_c + m_v} 100\%.$$

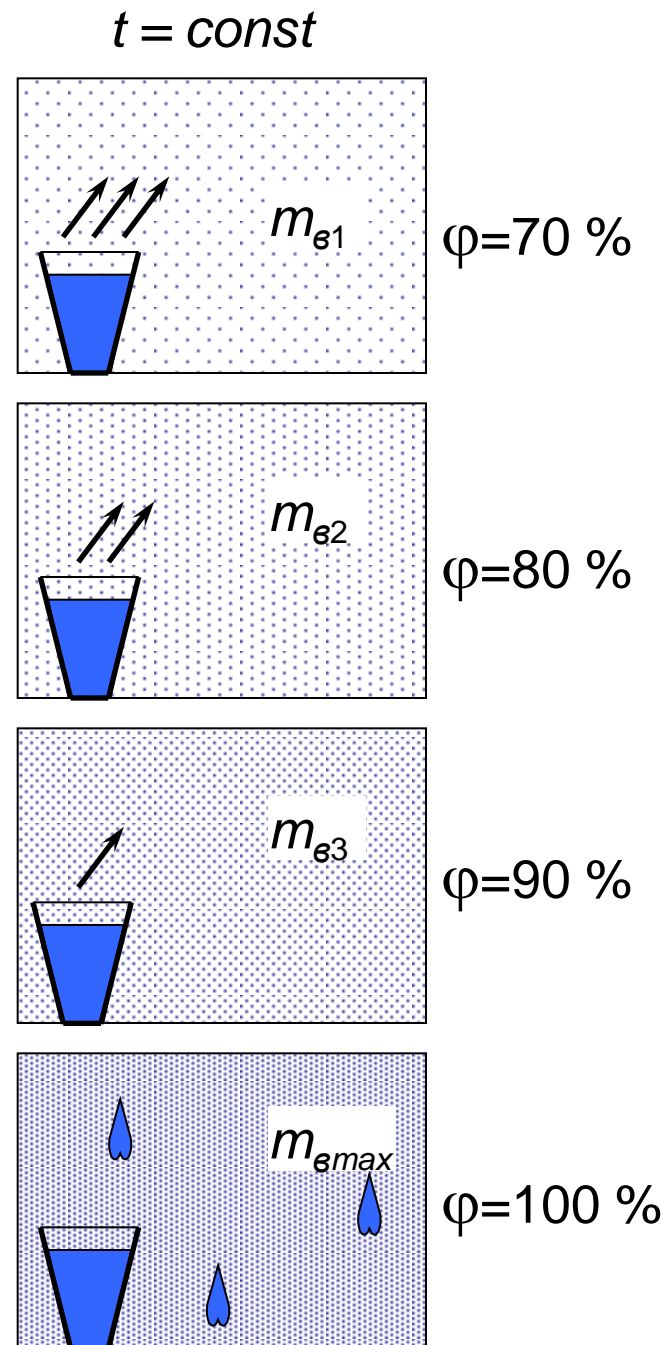


Относительная влажность φ воздуха

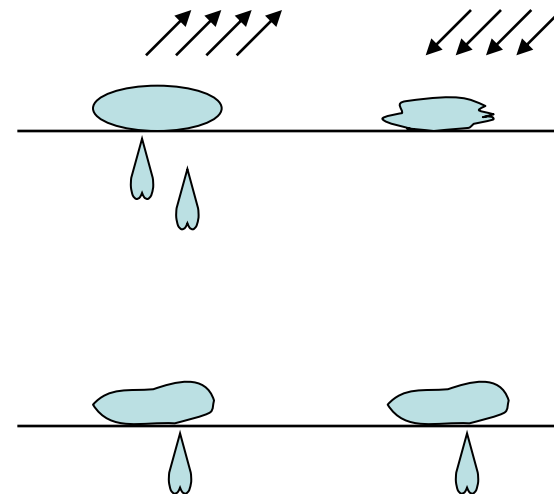
– это отношение **массы m_e содержащегося** в воздухе водяного **пара** (влаги) к максимально **возможному содержанию пара $m_{e\max}$** в воздухе при полном его насыщении и той же температуре, выраженное в **процентах**.

$$\varphi = \frac{m_e}{m_{e\max}} 100\%.$$

Относительная влажность воздуха характеризует его **способность поглощать влагу**.



В процессе взаимодействия с воздухом материал **поглощает** или **отдает** влагу **в зависимости от состояния** материала и воздуха.



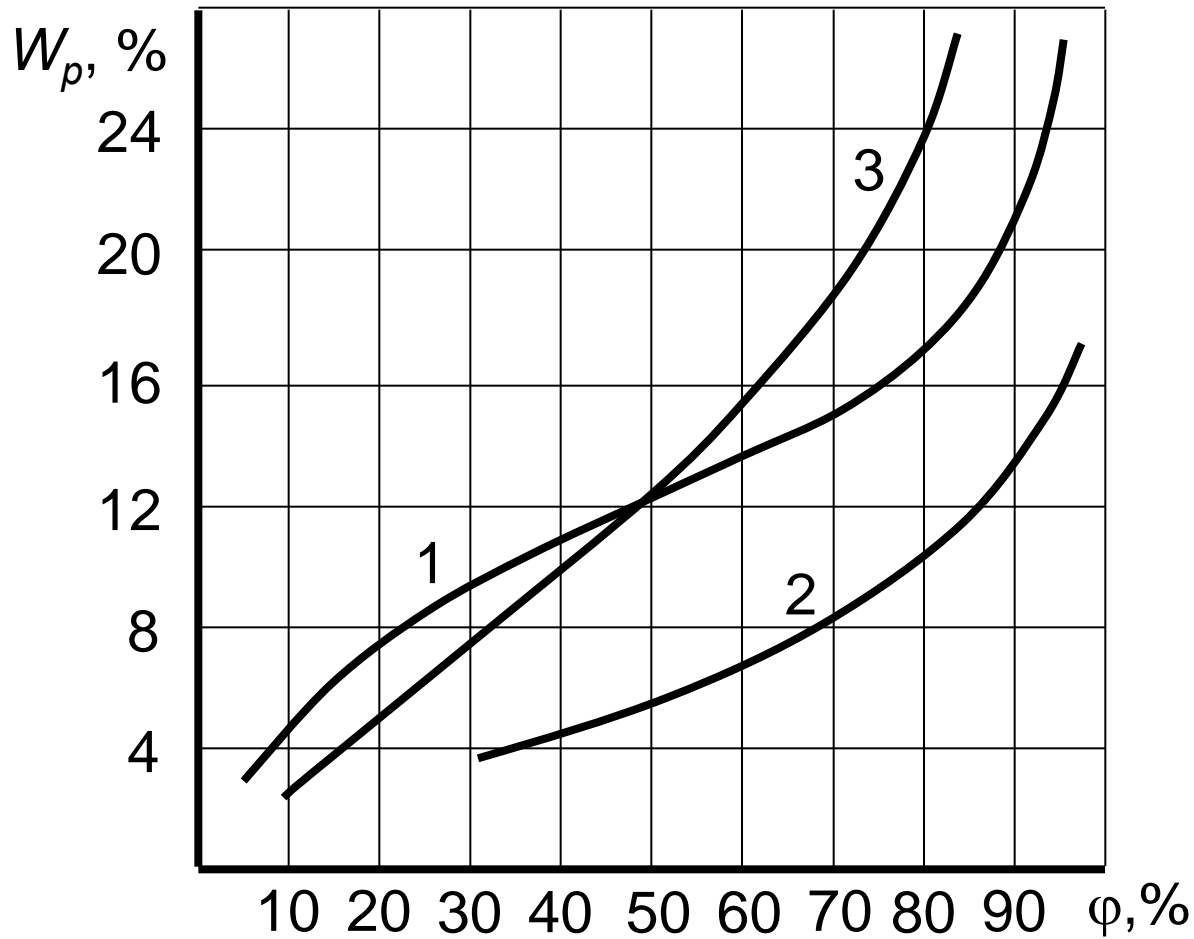
Это происходит до наступления **равновесного состояния**, при котором **прекращается обмен влагой** между материалом и воздухом.

Влажность материала, соответствующая равновесному состоянию, называют **равновесной**.

Равновесная влажность зерна при различном состоянии воздуха

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %				
	50	60	70	80	90
25	11,6	12,8	14,2	15,8	19,7
20	11,9	13,1	14,5	16,2	20,3
15	12,0	13,2	14,8	16,9	20,9

Зависимость **равновесной** влажности W_p материала от **влажности воздуха** φ



1 – злаковые культуры, 2 – масличные культуры, 3 – травы.

Различают четыре **состояния** зерна по влажности:

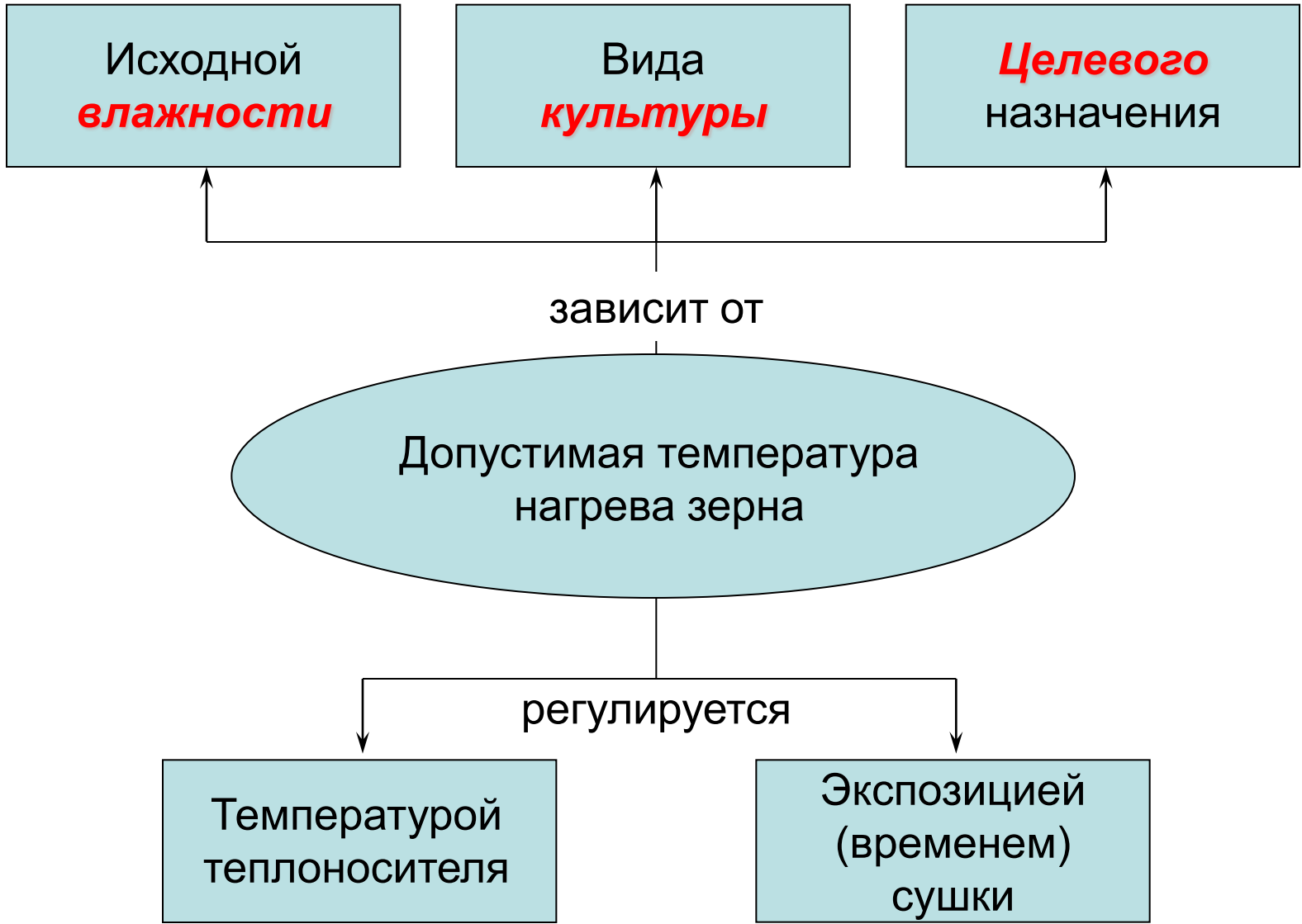
- **сухое** – до 14 %;
- **средней сухости** – 14...15 %;
- **влажное** – 15...17 %;
- **сырое** – свыше 17 %.

Влажность свежееубранного зерна **может** составлять 20...30 %.

Для хранения зерно высушивают до влажности 14...16 %.

Допустимая температура нагрева зерна, ° С

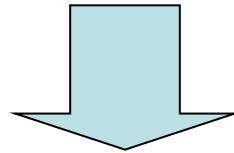
Исходная влажность, %	Зерно продовольственное		Зерно семенное	Бобовые	Рапс
	пшеница	Рожь, ячмень	Пшеница, рожь, ячмень		
16	55	65	49	25...30	30
18	49	59	43		
20	43	53	38		
22	37	47	34		
24	36	40	30		



СПОСОБЫ СУШКИ. ТИПЫ СУШИЛОК

Сушка материалов базируется на двух основных принципах:

1) удаление влаги из материала в виде **жидкости**:

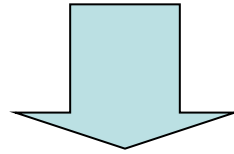


механический – прессование, центрифугирование;

сорбционный – смешивание с влагопоглощающими веществами (силикагелем, опилками, сухим зерном);

Сушка материалов базируется на двух основных принципах:

2) превращение жидкости в **пар**:



конвективный – использует газообразный теплоноситель, который поглощает и уносит влагу;

кондуктивный – предполагает контакт материала с нагретой поверхностью;

радиационный – использует энергию лучей: солнечных при естественной и инфракрасных при искусственной сушке;

электрический – использует поле токов высокой частоты;

молекулярный (сублимация) – состоит в первоначальном отъеме теплоты и в последующем подводе ее в вакууме.

Сушилки классифицируют:

по **характеру процесса**
сушки –

- **периодического** действия
(напольные, бункерные, карусельные);
- **непрерывного** действия
(барабанные, колонковые, шахтные);

по **мобильности** –

- **стационарные**;
- **передвижные**;

Сушилки классифицируют:

по **состоянию**

высушиваемого материала –

➤ с **плотным неподвижным** материалом (напольные, бункерные, карусельные);

➤ с **плотным подвижным** материалом (колонковые, шахтные);

➤ с **разрезанным** материалом (барабанные);

по **направлению** движения **теплоносителя**

относительно зернового

потока –

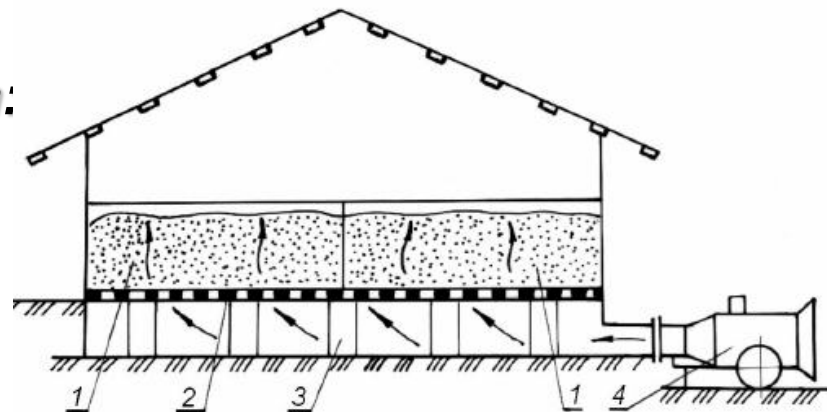
➤ **прямоточные** (барабанные);

➤ **противоточные** (шахтные);

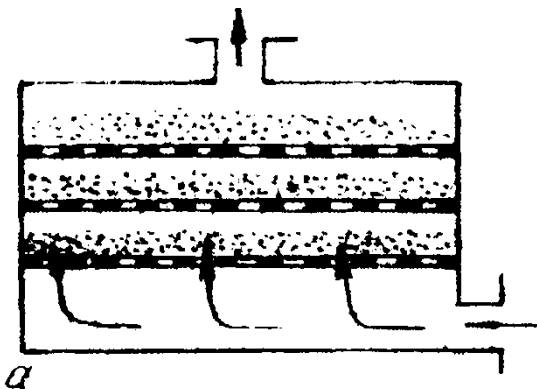
➤ с **поперечным** потоком (колонковые);

По конструкции сушилки бывают:

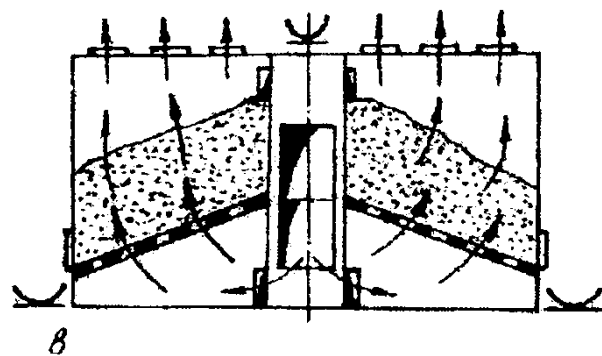
напольные



стеллажные



камерные



бункерные



ленточные (конвейерные) →

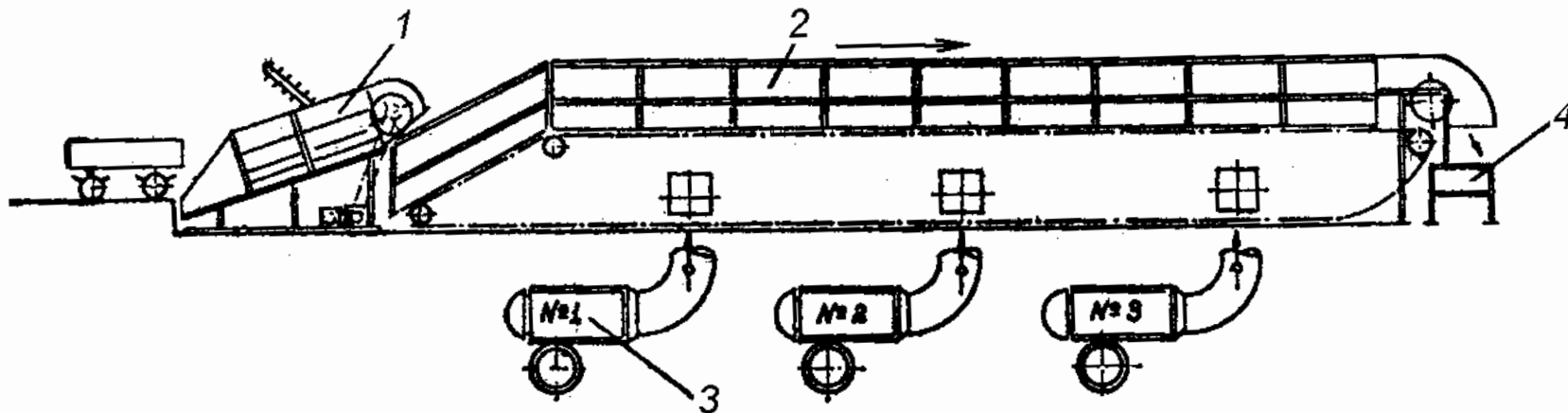
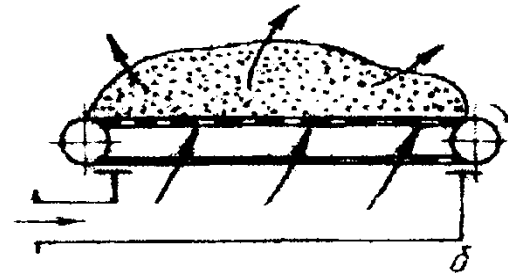
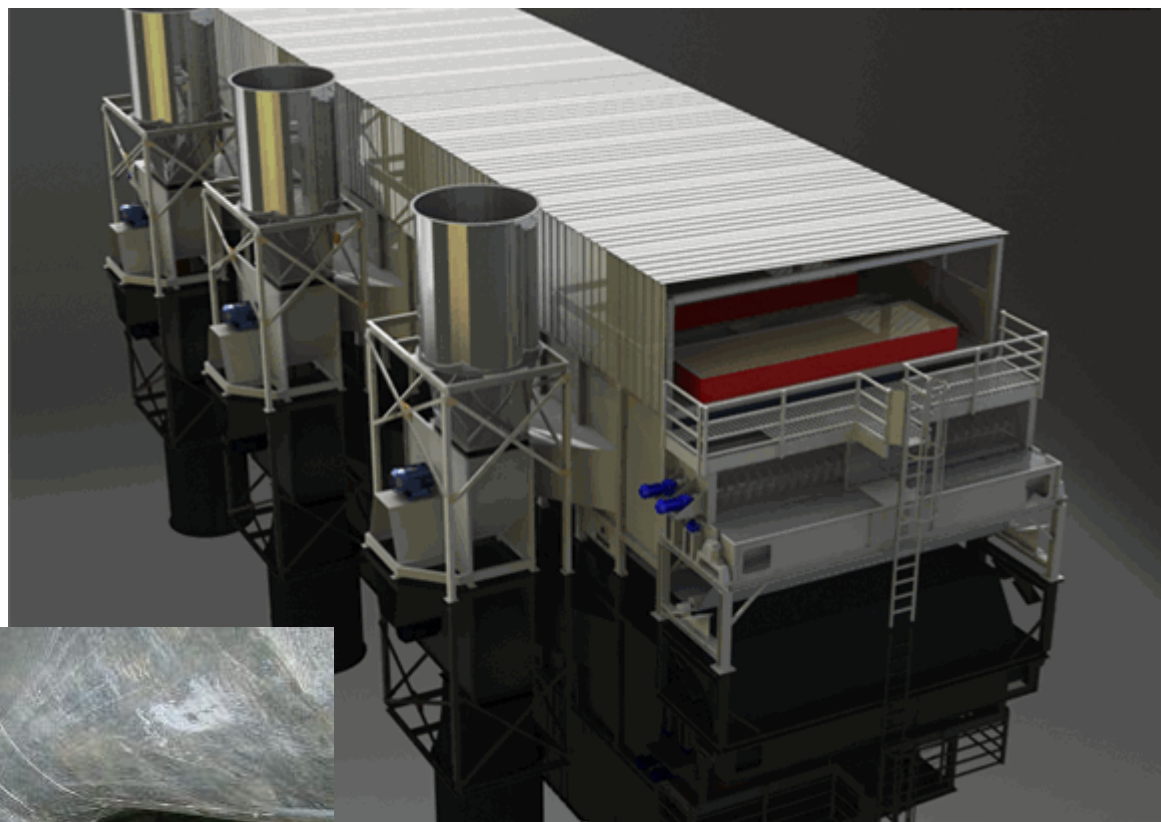


Схема конвейерной сушилки для сушки малосыпучего вороха

Стационарные ленточные сушилки



Передвижная
ленточная сушилка



барabanные

СЗСБ-8, СЗБ-10

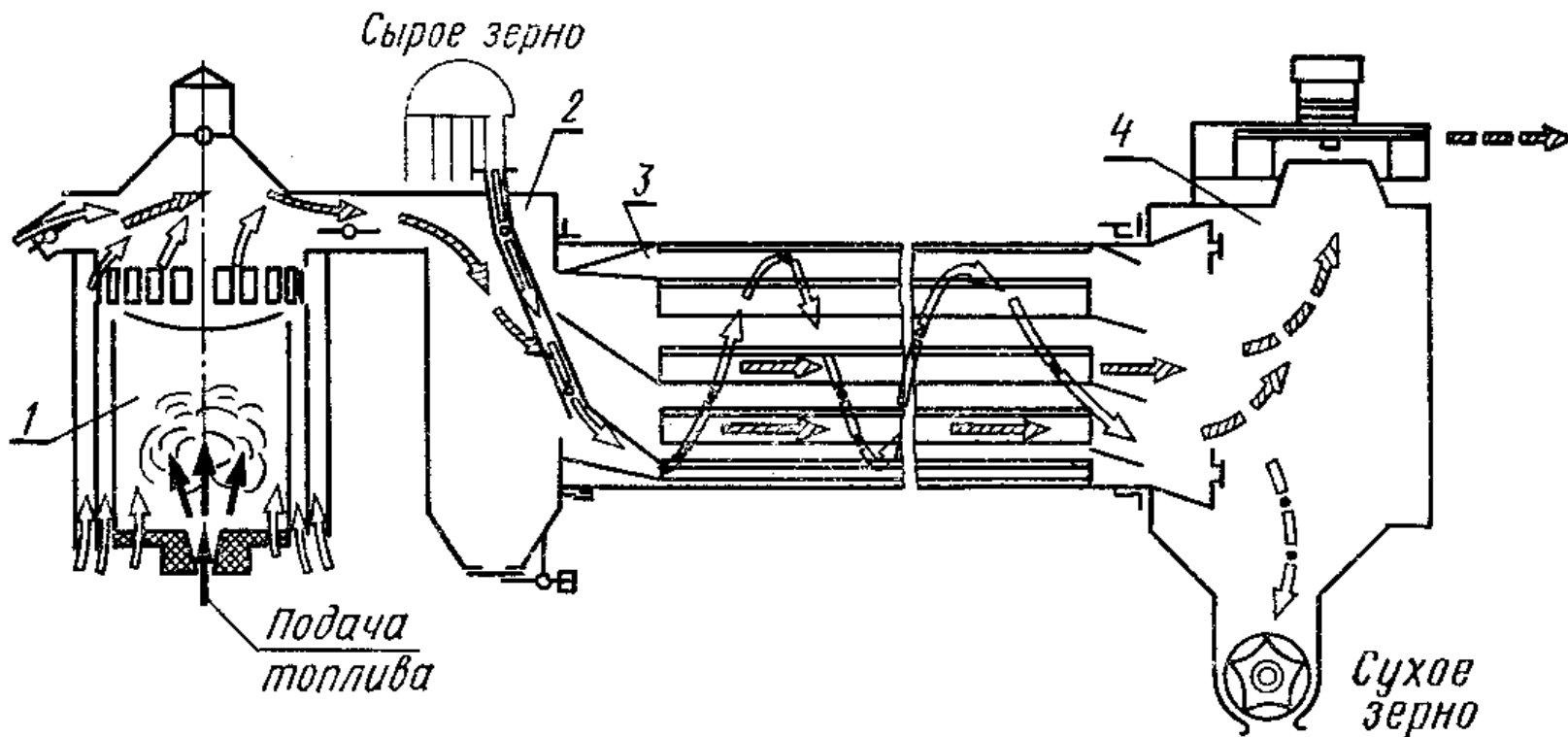
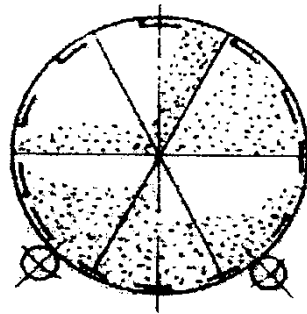
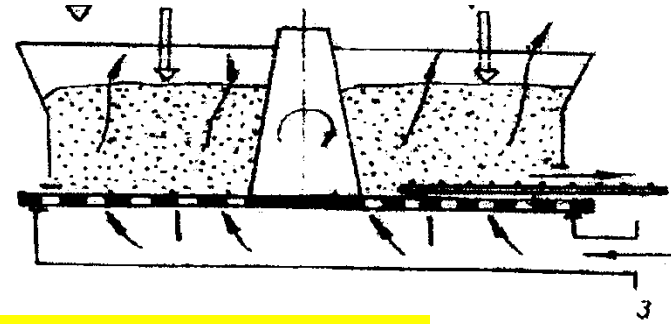


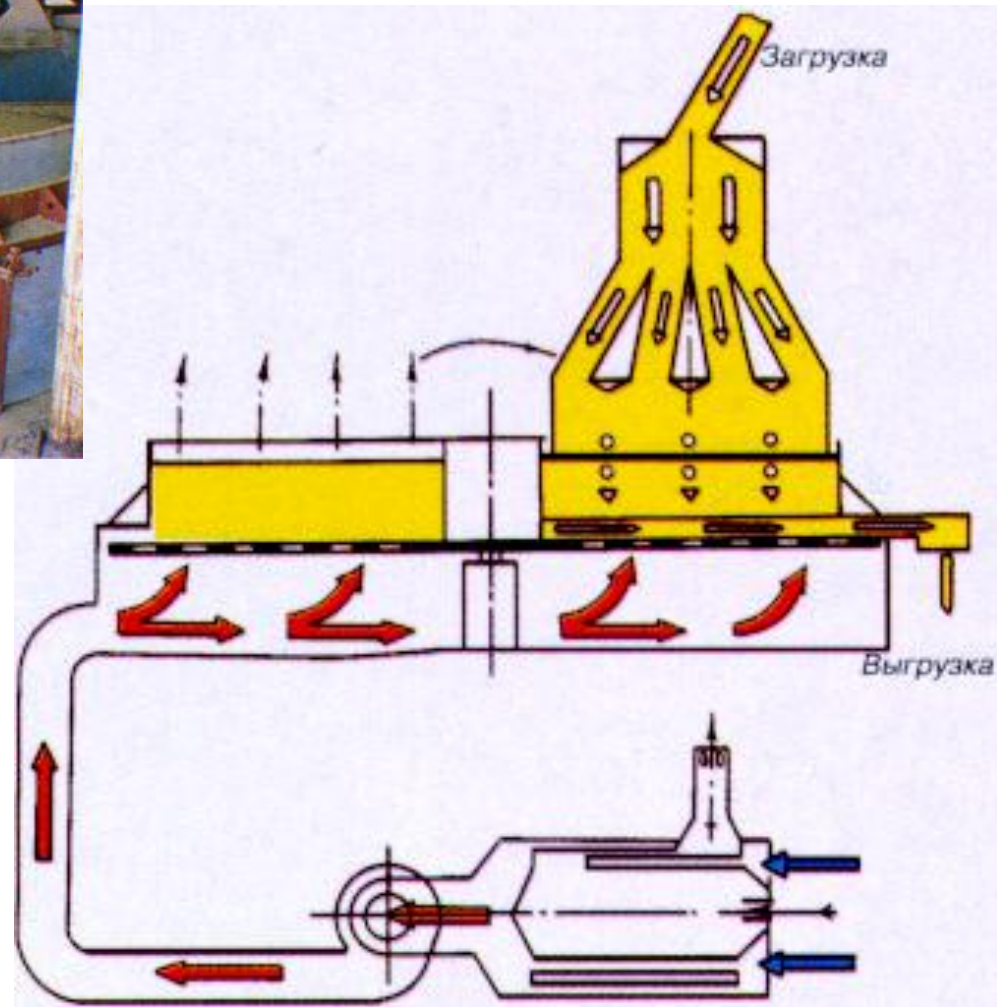
Схема барабанной сушилки: 1 – топка; 2 – загрузочная и 4 – разгрузочная камеры; 3 – барабан.

карусельные



СКЗ-8, СКУ-5, СКУ-10



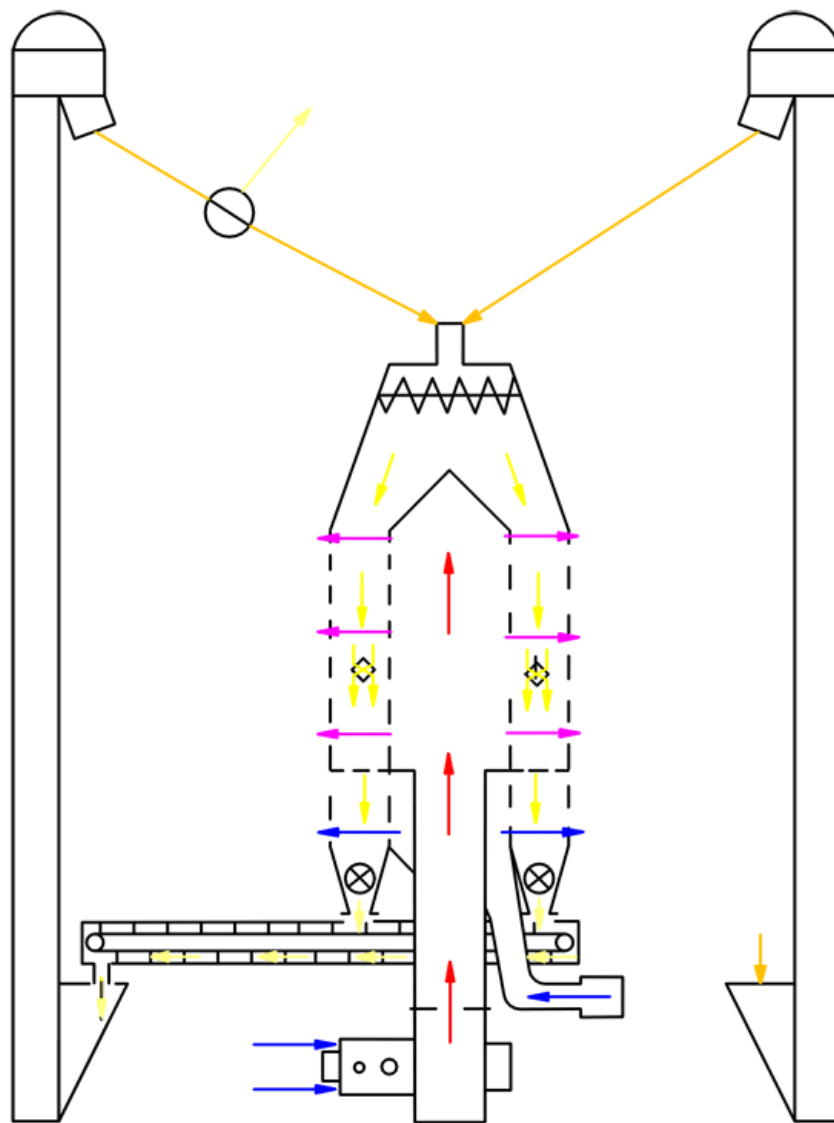


Общий вид и схема карусельной сушилки SK3-8

КОЛОНКОВЫЕ



СЗК-8, СЗК-10

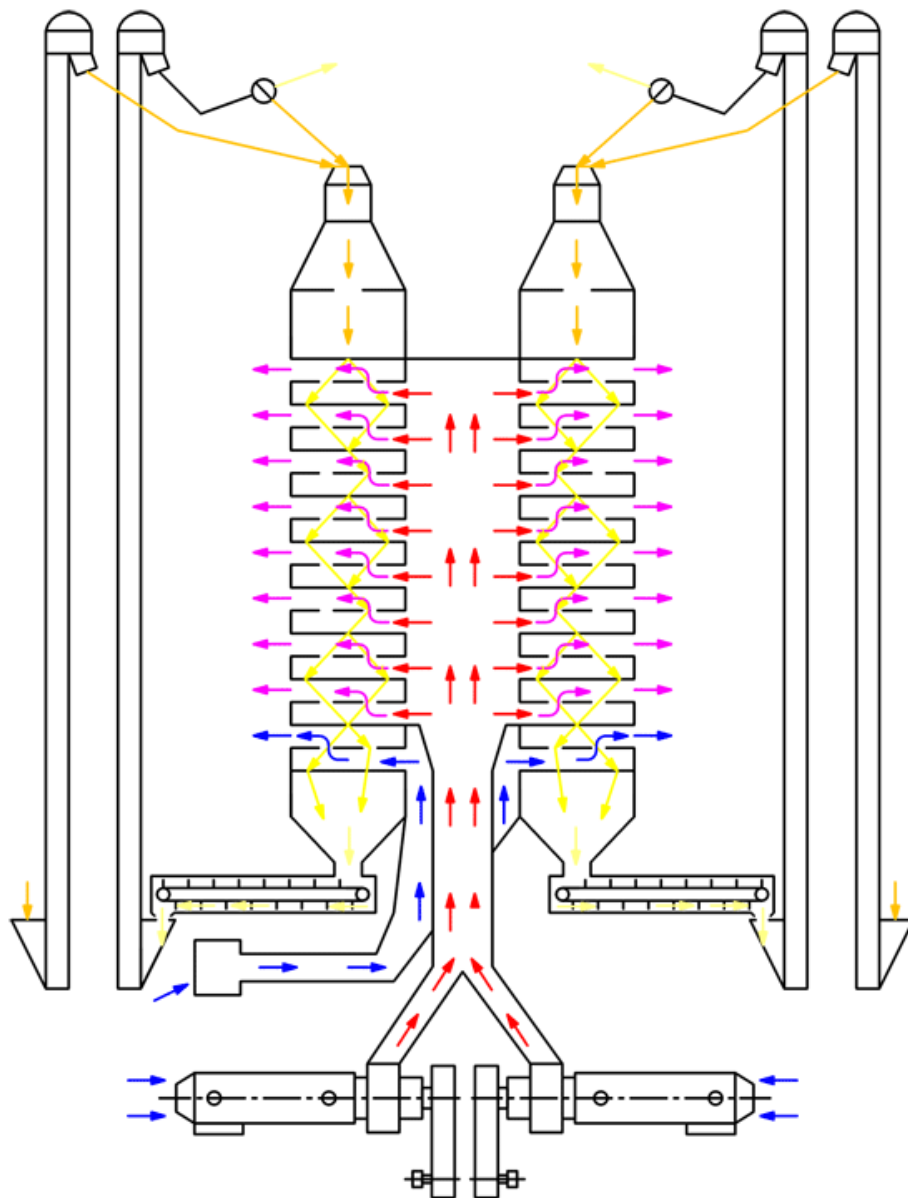


- ← влажное зерно
- ← сухое зерно
- ← движение зерна
- ← холодный воздух
- ← сушильный агент
- ← отработанный воздух

шахтные



СЗШ-16, М-819, СЗШ-30,
СЗШ-16Р, СЗМ-30



- влажное зерно
- сухое зерно
- движение зерна
- холодный воздух
- сушильный агент
- отработанный воздух

Шахтная сушилка М-819



Шахтная сушилка СЗШ-16



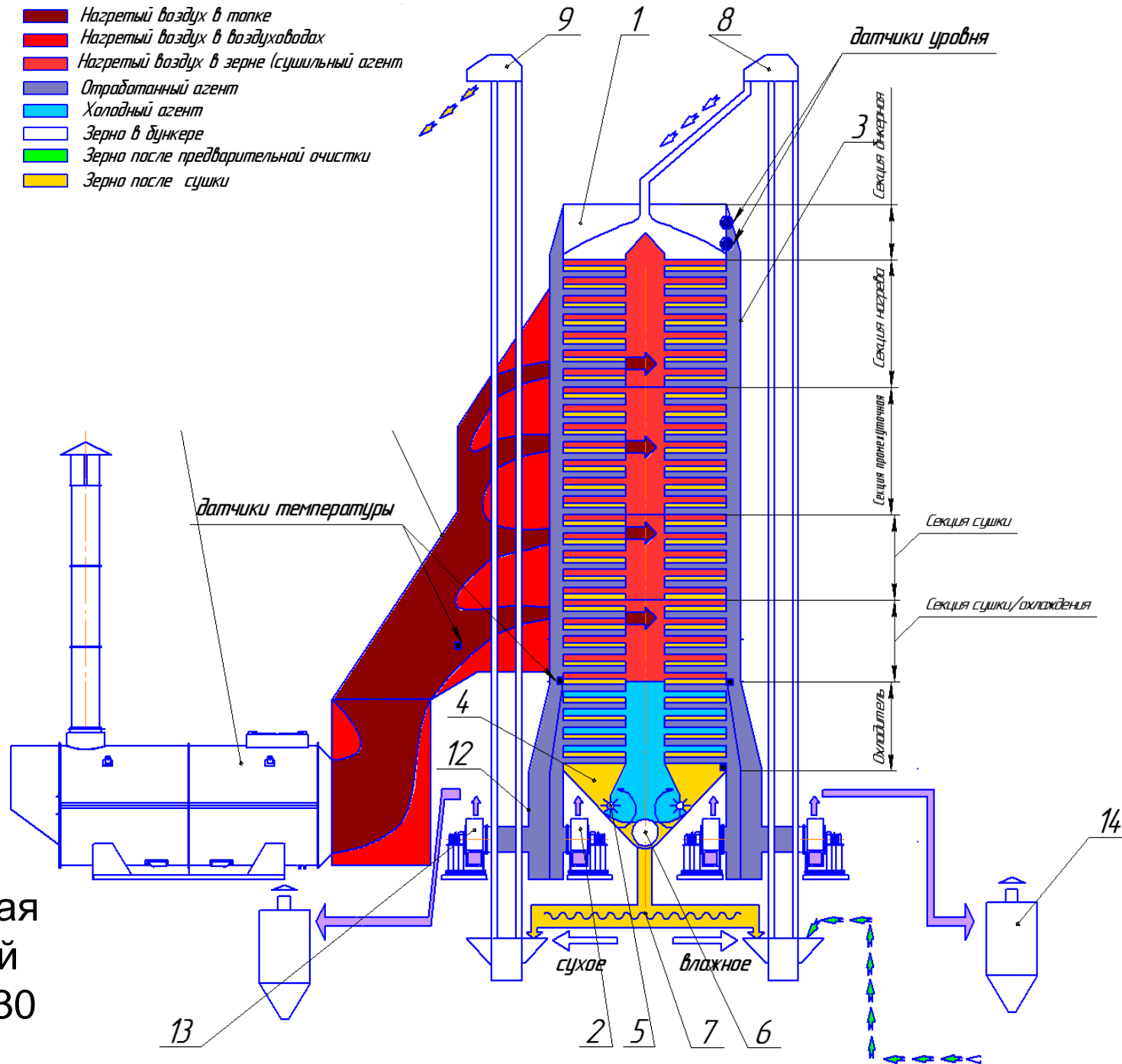
Шахтная сушилка СЗШ-16Р



ЗЕРНОСУШИЛКА

- Нагретый воздух в топке
- Нагретый воздух в воздуховодах
- Нагретый воздух в зерне (сушильный агент)
- Отработанный агент
- Холодный агент
- Зерно в дункере
- Зерно после предварительной очистки
- Зерно после сушки

- 1- Бункер надсушильный
- 2- Вытяжные вентиляторы охладителя
- 3- Сушильный модуль
- 4- Подсушильный дункер
- 5- Роторные выпускные устройства
- 6- Выгрузной шнек
- 7- Переключатель потоков зерна
- 8- Нория загрузочная
- 9- Нория выгрузная
- 10- Топочный блок
- 11- Система распределения агента сушки
- 12- Воздуховод
- 13- Вытяжные вентиляторы сушильной шахты
- 14- Система аспирации

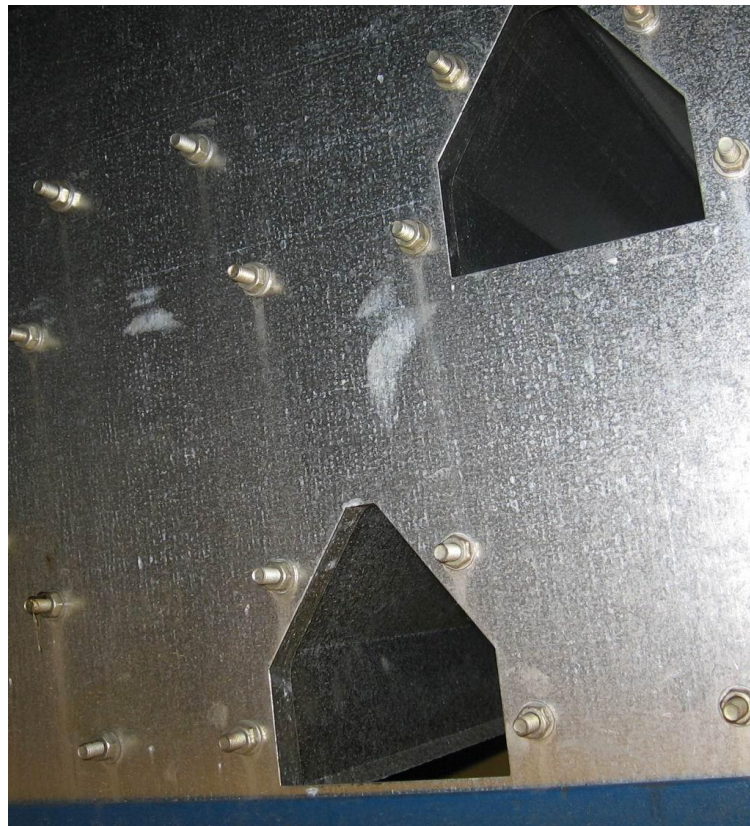
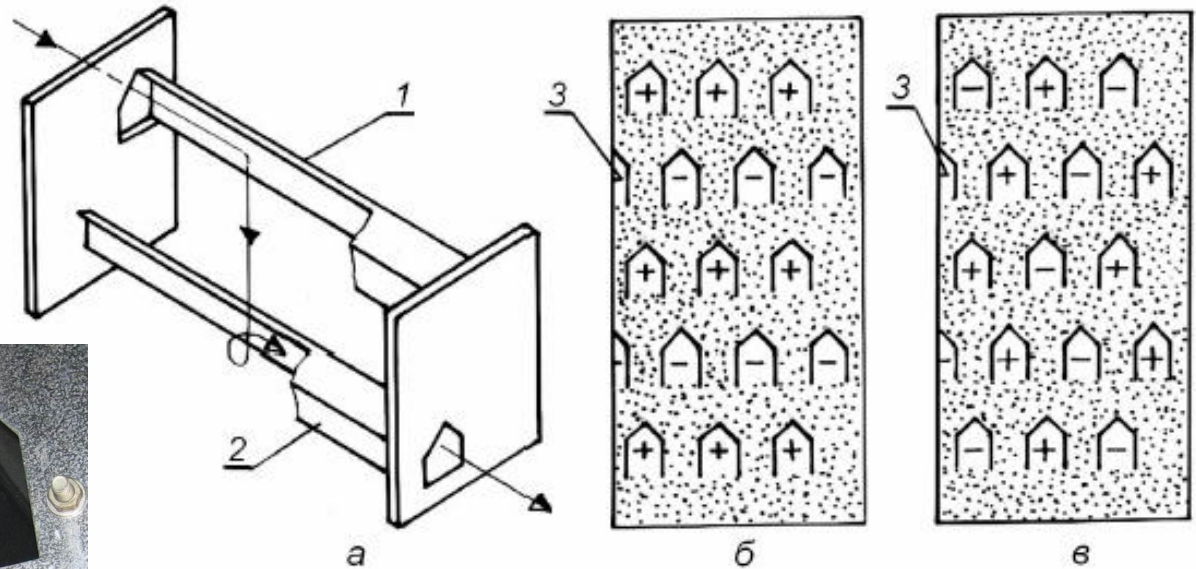


Технологическая схема зерновой сушилки СЗМ-30

Напорно-распределительная камера сушильной колонны



Устройство и расположение коробов сушильной и охлаждающей камер



- 1 – подводящие короба;
- 2 – отводящие короба;
- 3 – ряд коробов.

Общий вид и рабочий процесс короба

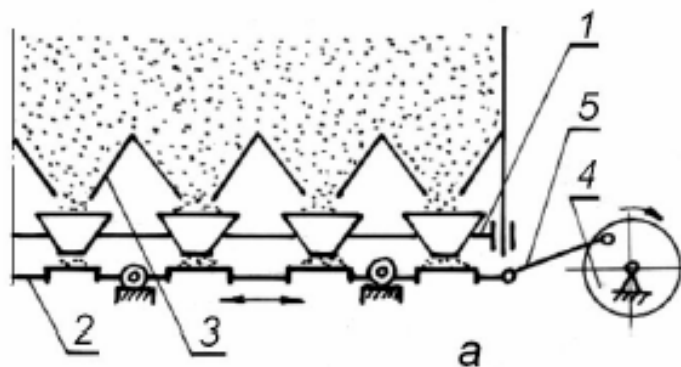


Движение зерна в сушилке

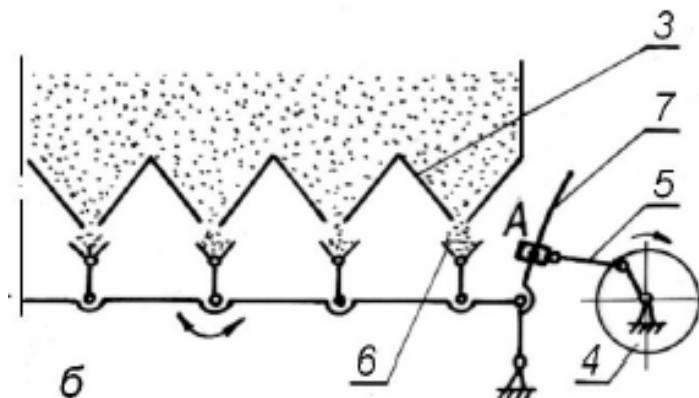


Схемы выпускных механизмов

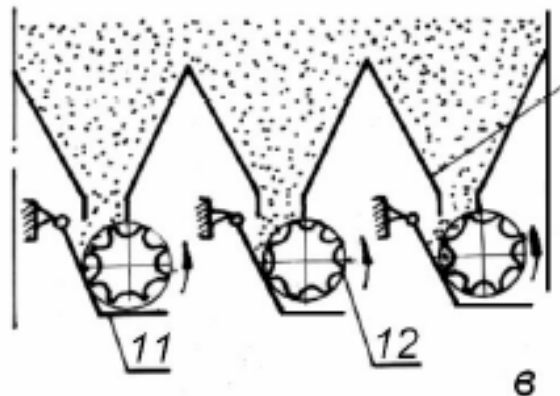
полковый



лотковый

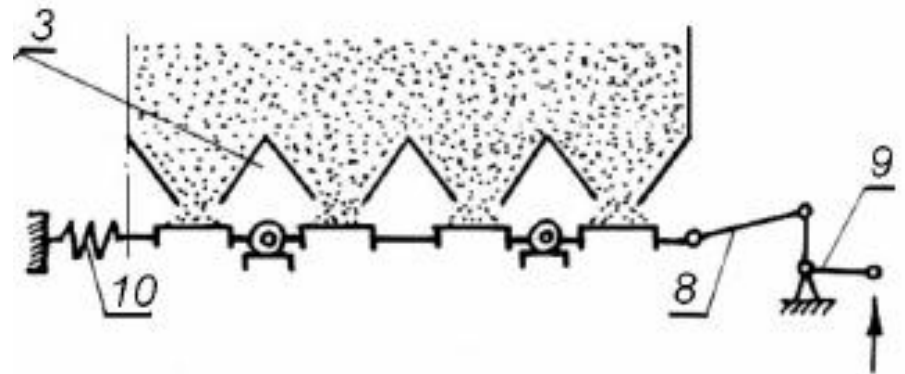
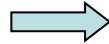


роторный

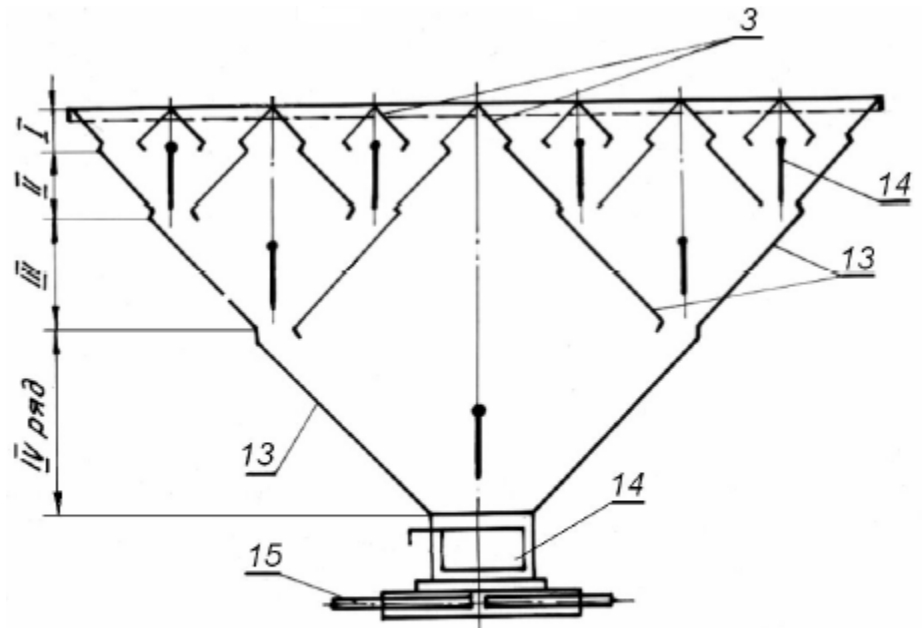


Схемы выпускных механизмов

периодического действия



бесприводный



Рабочий процесс лоткового выпускного механизма



УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Регулируемые параметры сушилки

Расход теплоносителя регулируют заслонками в воздуховодах так, чтобы зерно не выносилось с отработавшим теплоносителем.

Расход холодного воздуха регулируют заслонками в воздуховодах так, чтобы температура зерна на выходе из сушилки была на 5...10° С выше температуры окружающей среды.

Температуру теплоносителя регулируют изменением подачи топлива в горелку топки (1 режим – до 80°, 2-й – до 110°, 3-й – до 140° С) так, чтобы она не превышала допустимую температуру нагрева семенного зерна более чем на 20...30° С, продовольственного – на 50...65°, температуру окружающей среды – на 110°.

Экспозицию (время) сушки регулируют изменением амплитуды колебаний лотков (длины коромысла) или частоты вращения роторов выпускного механизма так, чтобы температура нагрева зерна не превышала допустимой.

Контролируют следующие параметры:

исходную и конечную **влажность материала**;

(влажность зерна измеряют через каждые 2 ч работы. Пробы (50... 100 г) берут три-пять раз из типичных зон материала);



температуру агента сушки;

(температуру агента сушки измеряют в напорной камере перед входными окнами подводящих коробов);

температуру нагрева **зерна**.

(для измерения температуры зерна отбирают четыре пробы на глубине 1,5...2,0 см в начале и конце каждого короба).



ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО- СУШИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ (ЗСК)

Приемное и сушильное отделения ЗСК



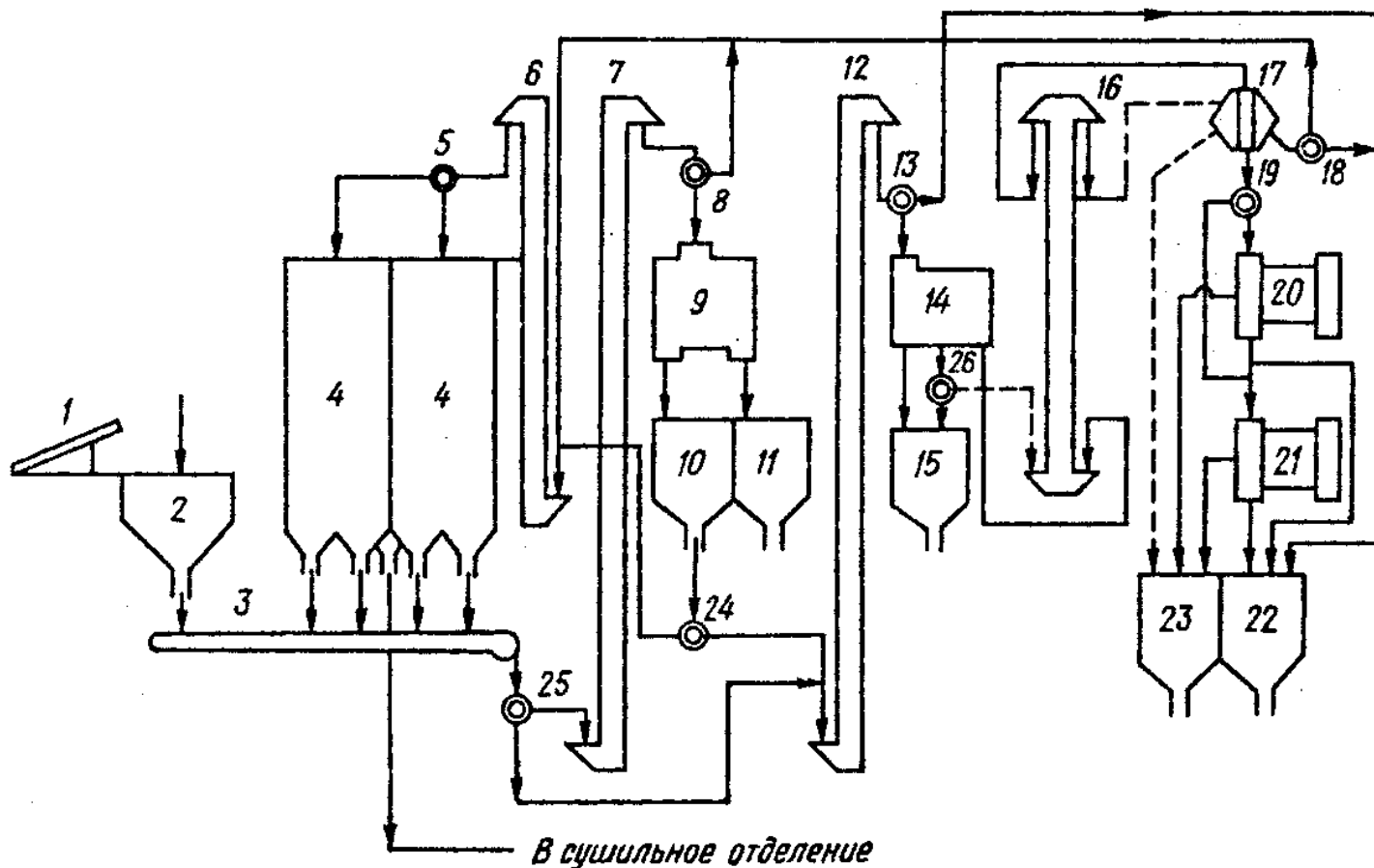
Зерноочистительное отделение ЗСК



Макет зерноочистительно-сушильного комплекса



СХЕМА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КЗС-25



1 – автомобилеразгрузчик; 2 – бункер-дозатор; 3 – транспортер; 4 – **бункера** временного хранения; 5, 8, 13, 17, 18, 19, 24, 25, 26 – распределители; 6, 7, 12, 16 – нории; 9 – машина **предварительной** очистки; 10, 11, 15, 22, 23 – бункера; 14 – машина **первичной** очистки зерна; 20, 21 – **триерные** блоки.