



Зачем мы сушим зерно?

В таблице указаны приблизительные периоды времени хранения кукурузы до того, как плесень (грибок) поглотит 0,5% первоначальной сухой массы кукурузы. В ходе потери сухого вещества на 0,5% и повреждений кукурузы плесенью и грибом качество зерна становится на один сорт ниже (по классификации США, стандарт ASAE X535).

Температура		Влажность кукурузы (влажность продукта в %)							
F	°C	16	18	20	22	24	26	28	30
		----- ДНИ -----							
35	2	1144	437	216	128	86	63	50	41
40	4	763	291	144	85	57	42	33	27
50	10	339	130	64	38	26	19	15	12
60	16	151	58	29	17	11	8	7	5
70	21	85	32	16	10	7	5	4	1
80	27	17	18	9	6	4	3	3	2

Зачем мы сушим зерно?

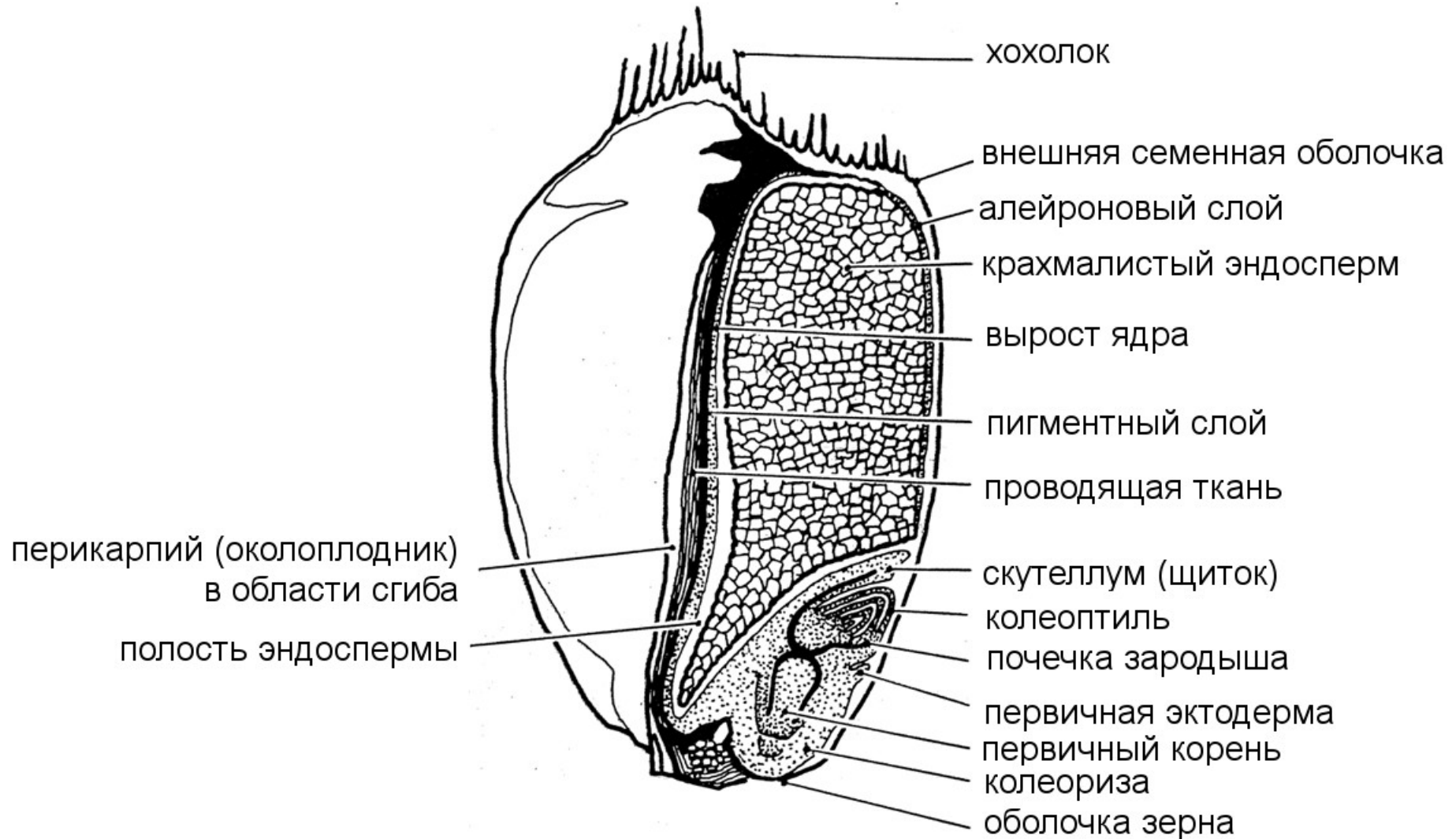
В таблице указана оптимальная влажность для хранения зерна на Среднем Западе США (содержание влаги в %). Значения даны для зерна хорошего качества, при условии аэрации зерна и контроля температуры. Для зерна плохого качества сократите содержание влаги на 1 процент.

Вид зерна	Период хранения		
	до 6 месяцев	6-12 месяцев	более 12 месяцев
Ячмень, овёс, пшеница, твёрдая пшеница	14	13	13
Гречиха	16	13	13
Канола	10	8	8
Кукуруза, сорго	15	14	13
Фасоль	16	14	13
Лён	9	7	7
Соя	13	12	11
Подсолнечник	10	9	9
Подсолнечник (масличный)	10	8	8

Зачем мы сушим зерно?

- Необходимо соблюдать оптимальное содержание влаги для хранения зерна.
- Чем дольше мы хотим хранить зерно, тем важнее довести зерно до оптимального уровня влажности, чтобы предотвратить порчу зерна.

Структура зерна



Структура зерна

- Под сушкой подразумевается вытеснение влаги, содержащейся под оболочкой зерна. Однако следует помнить, что влага может перемещаться в обоих направлениях.
- Пересушка или слишком быстрая сушка могут привести к появлению трещин в оболочке семян. Эти трещины ведут к повреждению самого ядра и появлению мелких частиц в массе зерна. Трещины также делают зерно более уязвимым для проникновения плесени и насекомых под оболочку.
- Рекомендуется поэтапная сушка зерна : в первую сушку снимается примерно 2% влаги, затем зерно отправляется в бункер для влажного зерна, и через 1-2 дня проводится повторная сушка.

Типы сушки

- Аэрация хотя и не является видом сушки, но необходима для правильного процесса сушки. Она продувает воздух сквозь массу зерна, поддерживая необходимые условия.
- Естественная сушка – использование внешнего воздуха без подогрева. Обычно при такой сушке требуется больше аэрации.
- Механическая сушка (решетные, башенные сушилки и т.д.).
- Сушка внутри силоса.

Поток воздуха

- Поток воздуха – количество воздуха, проходящего сквозь массу зерна. Это объем воздуха, проходящего через определенный объем зерна за данный период времени. Объем воздуха обычно измеряется в кубических футах в минуту на бушель или в кубических футах в минуту на кубический метр зерна.
- Требования по объему потока воздуха зависят от типа и размера силоса. Объём аэрации может быть от 0,10 футов³/мин. на бушель (0,08 м³/мин. на м³) в больших коммерческих силосах до 4 футов³/мин. на бушель (3,2 м³/мин. на м³) при естественной сушке.

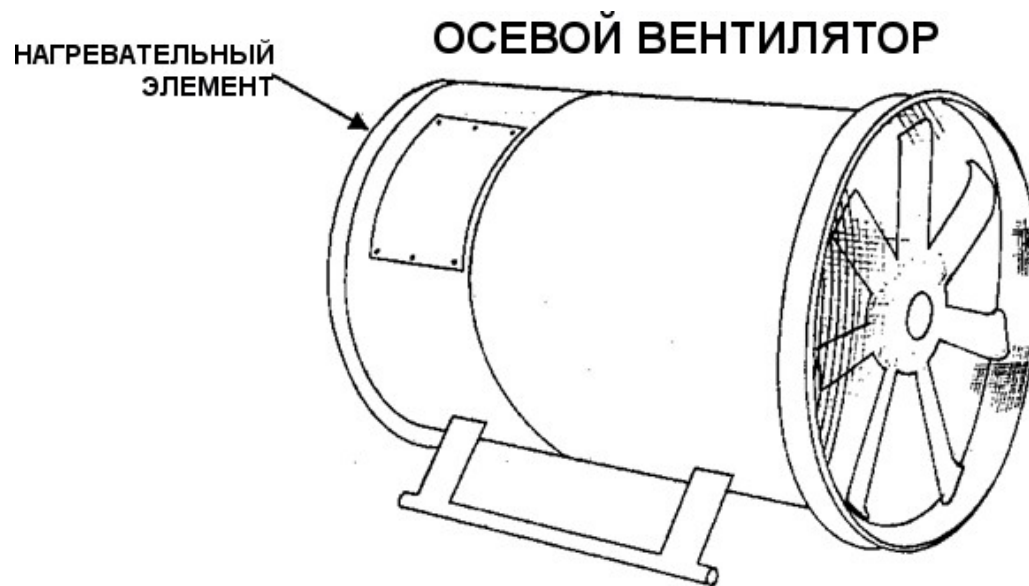
Поток воздуха

- Поток воздуха зависит от «статического давления» зерна. Воздух, проходящий в щелях между зернами, теряет энергию из-за трения и турбулентности. Уменьшение этой энергии или давления мы и называем статическим давлением.
- Считается, что чем выше силос, и чем меньше зёрна, тем больше статическое давление.

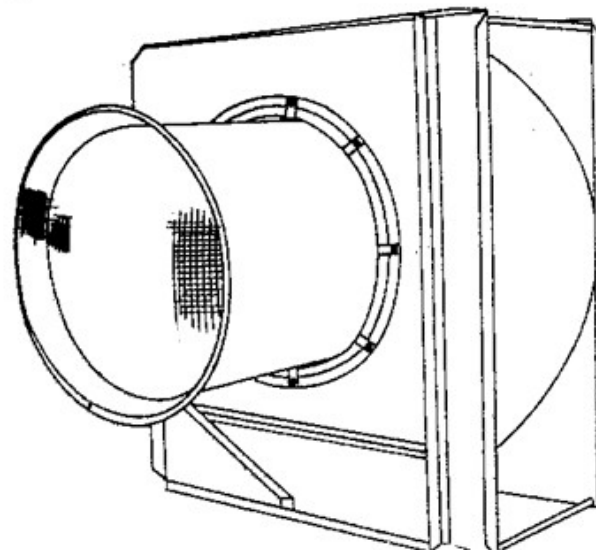
Вентиляторы

- Вентиляторы проталкивают воздух сквозь массу зерна.
- Существует два основных типа вентиляторов:
осевые и центробежные.

Вентиляторы



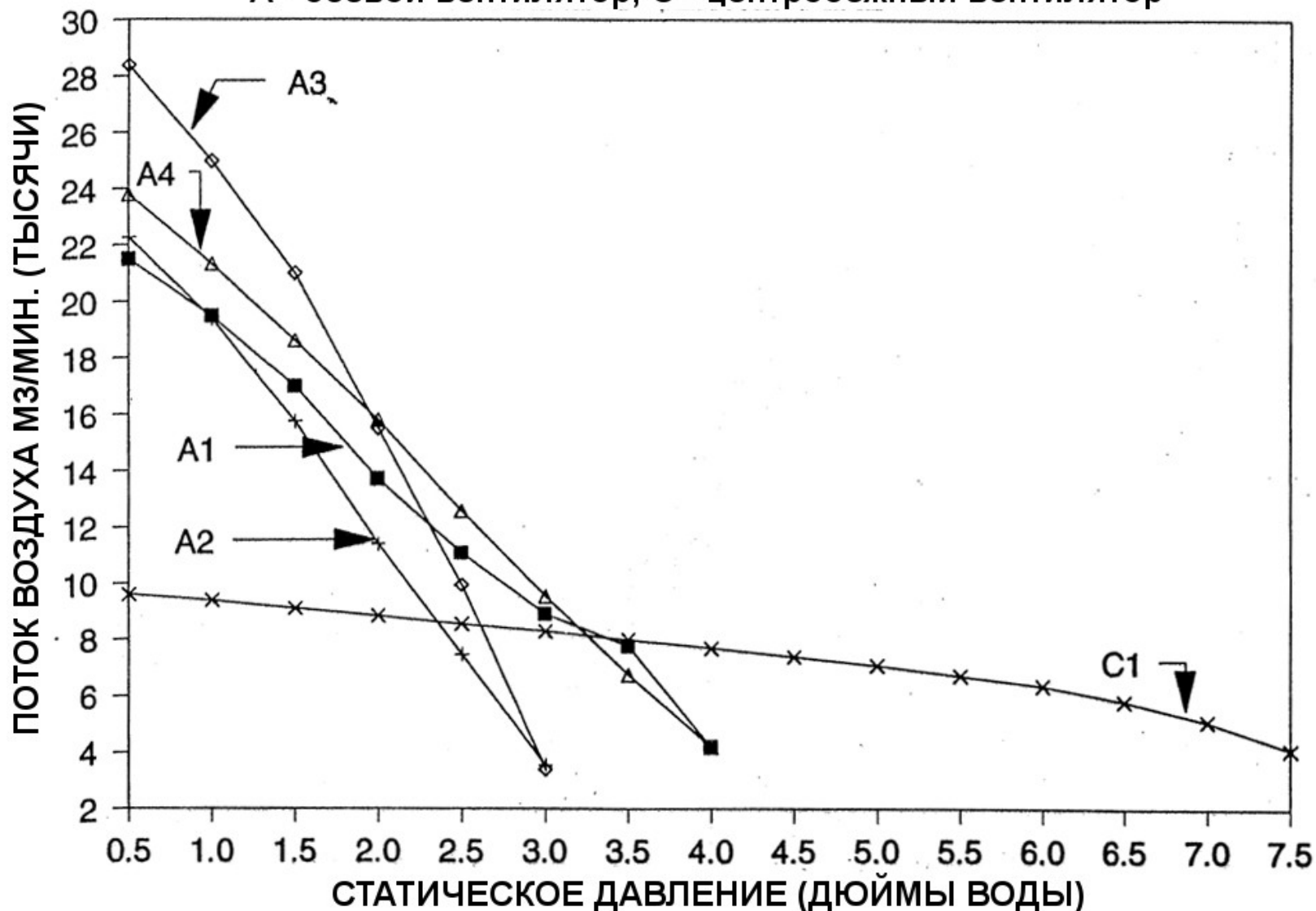
ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР



Вентиляторы

ТАБЛИЦА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕНТИЛЯТОРА МОЩНОСТЬЮ 7,5 Л.С.

А - осевой вентилятор, С - центробежный вентилятор



- Осевые вентиляторы, по сравнению с центробежными, производят больший поток воздуха при более низком статическом давлении.
- Центробежные вентиляторы работают лучше при более высоком статическом давлении и производят намного меньше шума, чем осевые вентиляторы.
- Вентиляторы могут как нагнетать воздух, так и вытягивать его. Мы рекомендуем только нагнетательные вентиляционные системы в силосах, так как вытяжные системы могут вызвать повреждения.

Естественная сушка

- Естественная сушка – это процесс сушки зерна, при котором через массу прогоняется не нагретый воздух, пока влажность зерна не станет равной влажности воздуха снаружи.
- Естественную сушку можно осуществлять только при условии, что температура воздуха и относительная влажность позволяют воздуху вытеснить влагу из зерна.

Естественная сушка

- Обычно для естественной сушки необходим большой объем воздуха и более длительный период времени. Это примерно 1-5 фут³/мин. на бушель зерна (0,8 -4 м³/мин. на м³), что при высокой влажности может занять до 30 дней.
- Естественная сушка не подходит для крупных коммерческих силосов. Её применение ограничено до силосов диаметром 48 футов (15 м) и меньше.

Относительная влажность воздуха † %

°F °C	45	50	55	60	65	70	75	80	85
30 -1	12.5	13.4	14.3	15.2	16.2	17.2	18.3	19.5	21.0
40 4	11.9	12.7	13.6	14.5	15.4	16.4	17.5	18.7	20.0
50 10	11.3	12.2	13.0	13.9	14.8	15.7	16.7	17.9	19.2
60 16	10.9	11.7	12.5	13.3	14.2	15.1	16.1	17.2	18.5
70 21	10.5	11.2	12.0	12.8	13.6	14.5	15.5	16.6	17.8
80 27	10.1	10.8	11.6	12.4	13.2	14.0	15.0	16.0	17.2
90 32	9.7	10.5	11.2	12.0	12.7	13.6	14.5	15.5	16.7
100 38	9.4	10.1	10.9	11.6	12.4	13.2	14.1	15.1	16.2
110 43	9.2	9.8	10.5	11.3	12.0	12.8	13.7	14.6	15.8
120 49	8.9	9.6	10.2	10.9	11.7	12.5	13.3	14.3	15.4
130 54	8.7	9.3	10.0	10.7	11.4	12.1	13.0	13.9	15.0
140 60	8.5	9.1	9.7	10.4	11.1	11.8	12.7	13.6	14.6

† Значения таблицы, выделенные рамкой, считаются оптимальными для долгосрочного хранения. Слева от рамок пересушенное зерно, а справа слишком влажное зерно, для которого потребуется дополнительная сушка для более длительного хранения.

Естественная сушка

- Относительная влажность – один из основных факторов, влияющих на процесс сушки. Воздух с 100% влажностью больше не сможет вытеснять влагу из зерна.
- Чем теплее воздух, тем больше воды он несет. Если температура воздуха поднимается на 10 градусов F (6° C), относительная влажность уменьшается в 2 раза, или горячий воздух будет нести в 2 раза больше влаги.
- Когда воздух проходит через зерно и поглощает влагу, он пропитывается водой (относительная влажность 100%). В процессе сушки воздух поглощает влагу с узкой зоны в силосе. Мы называем эту зону «областью сушки».

Схема сушки зерна



Охлаждение и подогрев зерна

- Если у Вас климат с резким перепадом температур (от прохладной до холодной зимы), зерно необходимо охлаждать при понижении температуры зимой.
- Когда средняя уличная температура понижается на 10° F (6° C), температуру зерна тоже необходимо понизить, запустив вентиляторы, чтобы охладить зерно внутри силоса.
- Продолжительность работы вентиляторов (в часах) можно посчитать по следующей формуле: $\frac{15 / ((\text{фут}^3 / \text{мин.}) / \text{бушель})}{(\text{производительность вентиляторов})}$ или $\frac{19 / ((\text{м}^3 / \text{мин.}) / \text{м}^3)}{(\text{производительность вентиляторов})}$.

Охлаждение и подогрев зерна

- Пример: На силосе диаметром 60 футов (18,3 м) высотой в 12 колец (9,8 м) стоит центробежный вентилятор NECO мощностью 20 л.с.
- Емкость силоса 89057 бушелей (2511 тонн пшеницы). Вентилятор производит 15362 футов³/мин. (435 м³/мин.) при статическом давлении 6.51" (165 мм).

$$\frac{\text{фут}^3/\text{мин.}}{\text{бушель}} = 15362 / (89057 / 1.06^*) = 0.18$$

- Время сушки = $15 / 0.18 = 83$ часа или 3,5 суток.

* 1.06 (6%) – уплотнение пшеницы



MFS / YORK / STORMOR

A Division of GLOBAL Industries, Inc.

2928 E. U.S. Hwy. 30 • P.O. box 2105 • Grand Island, NE 68802-2105

PH: 308-384-9320 FAX: 308-382-6954

WATS: 800-247-6621 NE: 800-658-8104

Система аэрации силоса

3/18/2010

version 1.02

System Design Parameters

Bin Diameter (ft): 60 18.3 m

Number of 32" Rings: 12

Airflow Rate (m³/min/MT): 0.10

Grain: wheat
peaked

System Specifications

System: full floor
not stirred

Fan Style: NECO 20 hp low-speed centrifugal 50Hz fan

Fan Quantity: 1

Roof Vent Quantity: 14

Powered Roof Exhauster Qty: 0

(for maximum m³/min/MT)

Глубина зерна (m)	Статич. давление (mm H ₂ O)	Поток воздуха (m ³ /min)	Объем (m ³)	m ³ /min/MT
1.1	24	610	299	2.46
2.3	47	594	598	1.20
3.4	68	576	898	0.77
4.6	88	560	1197	0.56
5.7	105	541	1496	0.44
6.8	120	517	1795	0.35
8.0	134	498	2094	0.29
9.1	146	476	2393	0.24
10.3	156	455	2693	0.20
11.4	165	435	2992	0.18

fan OK for desired airflow rate

Note: Airflow calculations are based on the American Society of Agricultural Engineers' Standard ASAE D272.3, "Resistance to Airflow of Grains, Seeds, Other Agricultural Products, and Perforated Metal Sheets," and individual fan performance data. Actual rates and performance may vary.

The information on this program is provided "as is" without any warranty, express or implied, including but not limited to the implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. MFS/York/Stormor makes no representation or warranty that the information contained in this program will be timely or error free; user is responsible for using most current information.

Охлаждение и подогрев зерна

- Вентиляторы должны работать непрерывно, чтобы высушить все слои зерна.
- Формула дает только примерное значение требуемого для сушки времени. При помощи портативного термометра на длинной палке, который можно опустить в массу зерна, Вы можете проверить температуру зерна на разных уровнях и выяснить, все ли слои равномерно высушены.

Охлаждение и подогрев зерна

- Эту процедуру необходимо повторять каждый раз, когда внешняя температура падает на 10-15° F (6-8° C), пока масса зерна не достигнет температуры 32-35° F (0-3° C). Активность насекомых и плесени снижается или прекращается при температуре ниже 40° F (5° C).
- Охлаждение или подогрев зерна также необходимо осуществлять весной, когда температура окружающей среды начинает подниматься. Разница температуры зерна в силосе с уличной температурой должна быть не больше 15° F (8° C).

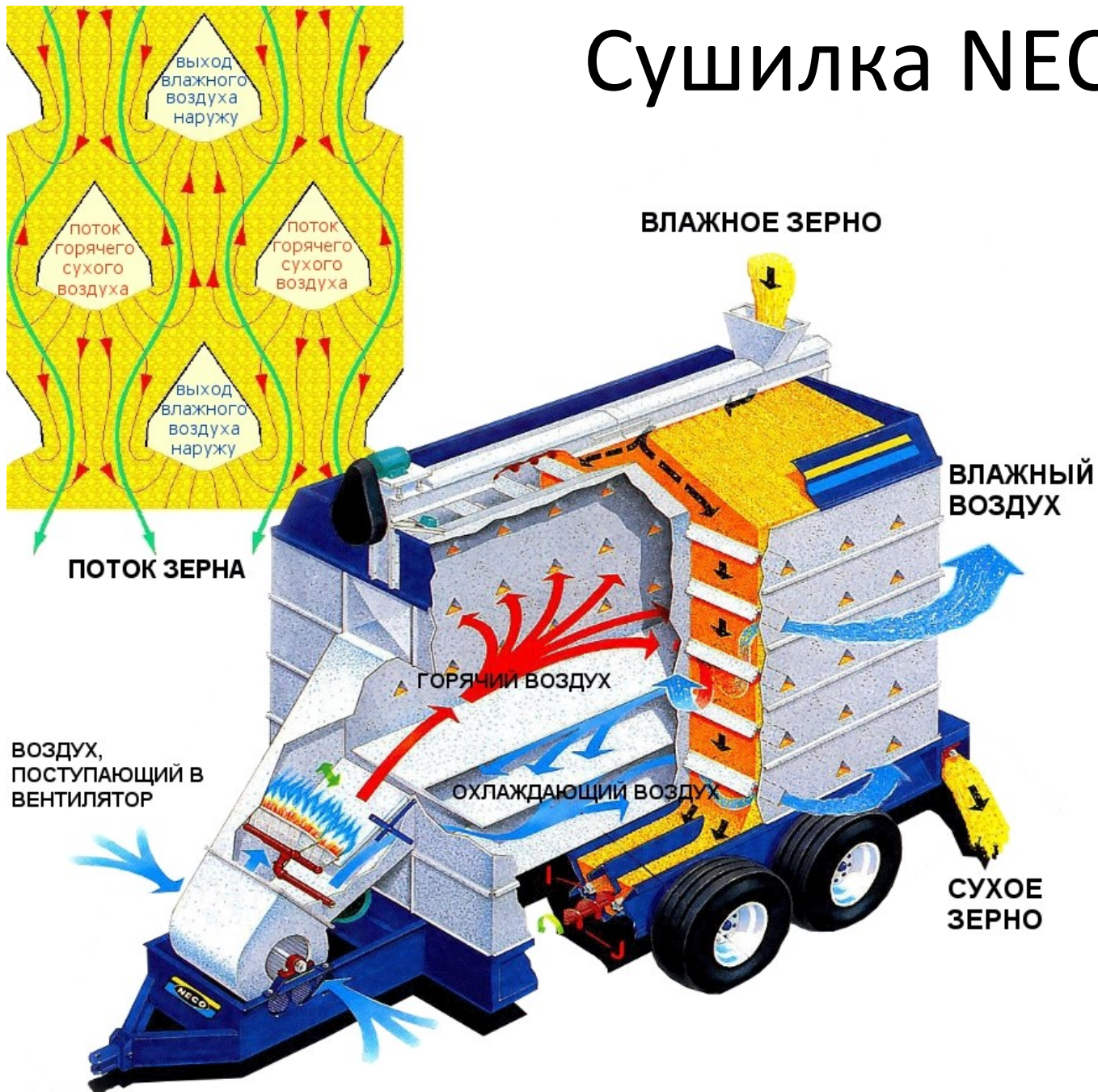
Механические сушки

- Существует много различных видов механических сушек. Некоторые сушилки (башенные) шахтного типа - с поперечным потоком воздуха.
- Некоторые сушилки работают по принципу встречного потока воздуха, когда зерно движется в одном направлении, а воздух движется в противоположном направлении.
- В большинстве случаев идет двухпроцентный съем влаги, а затем зерно досушивается в процессе охлаждения и аэрации.
- НЕСО производит зерносушилки смешанного потока.

Сушилка NECO



Сушилка НЕСО



Сушка внутри силоса

Сушку внутри силоса можно осуществлять следующими способами:

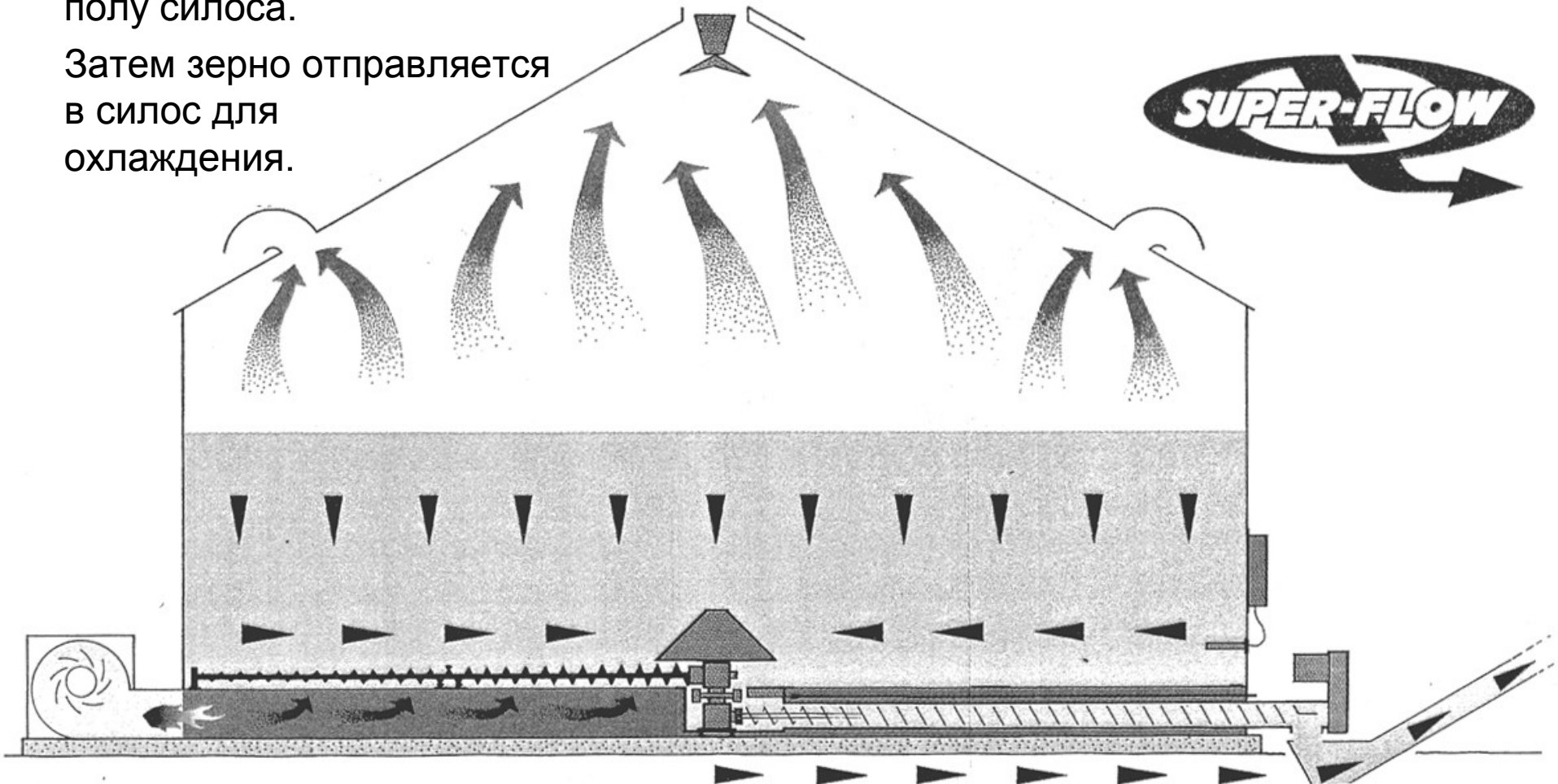
- Вентилятором для естественной сушки.
- Вентилятором в комбинации с горелкой. Лучше проводить многоуровневую сушку при невысокой температуре.
- При помощи механических устройств, устанавливаемых на силос, таких как мешалка, рециркулятор или система разгрузки непрерывным потоком.
- Система сушки внутри силоса EZ-DRY.

Система проточной сушки

Система Super-Flow обеспечивает систему сушки и разгрузки непрерывным потоком с более высокой производительностью, чем циркуляционная система Circu-Flow.

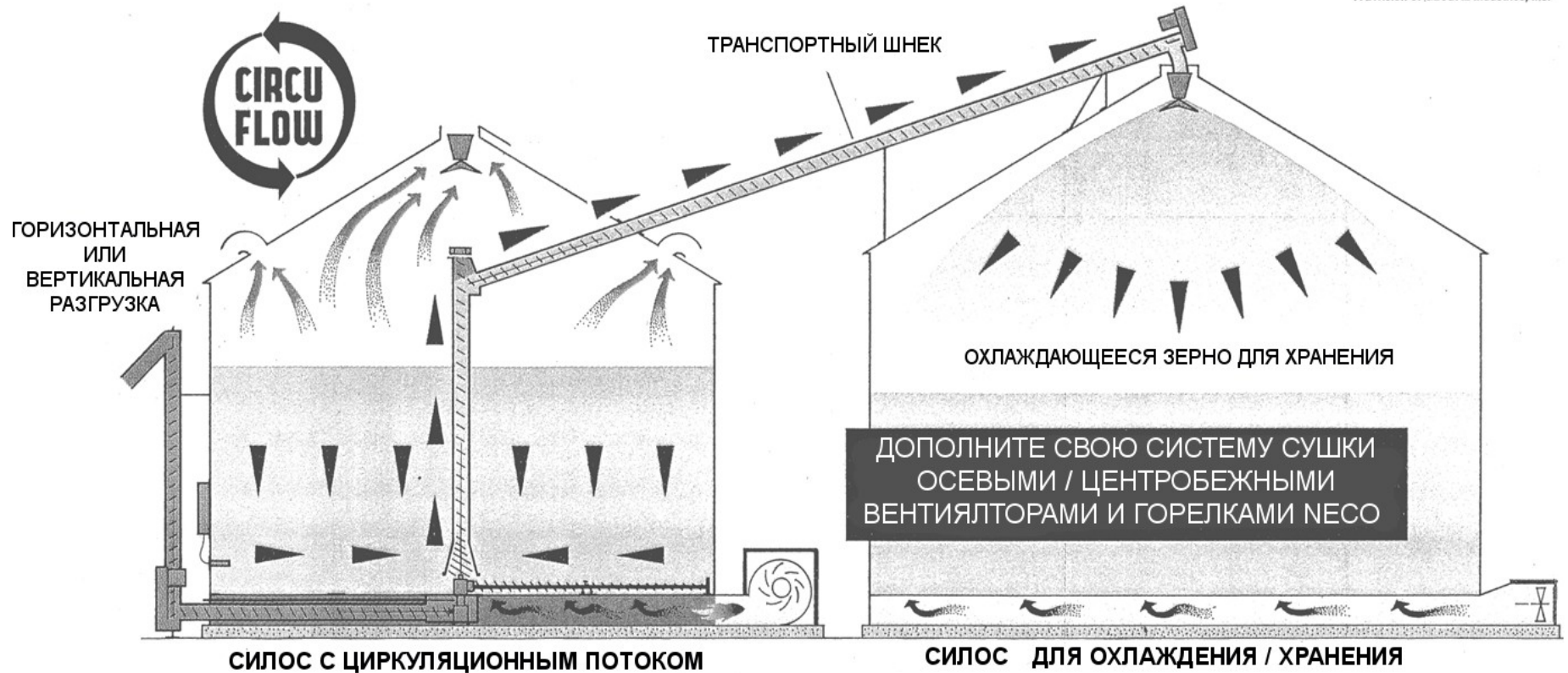
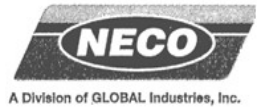
Super-Flow выгружает зерно при помощи разгрузочного шнека в полу силоса.

Затем зерно отправляется в силос для охлаждения.



Система рециркуляции

Циркуляционная система сушки внутри силоса NECO

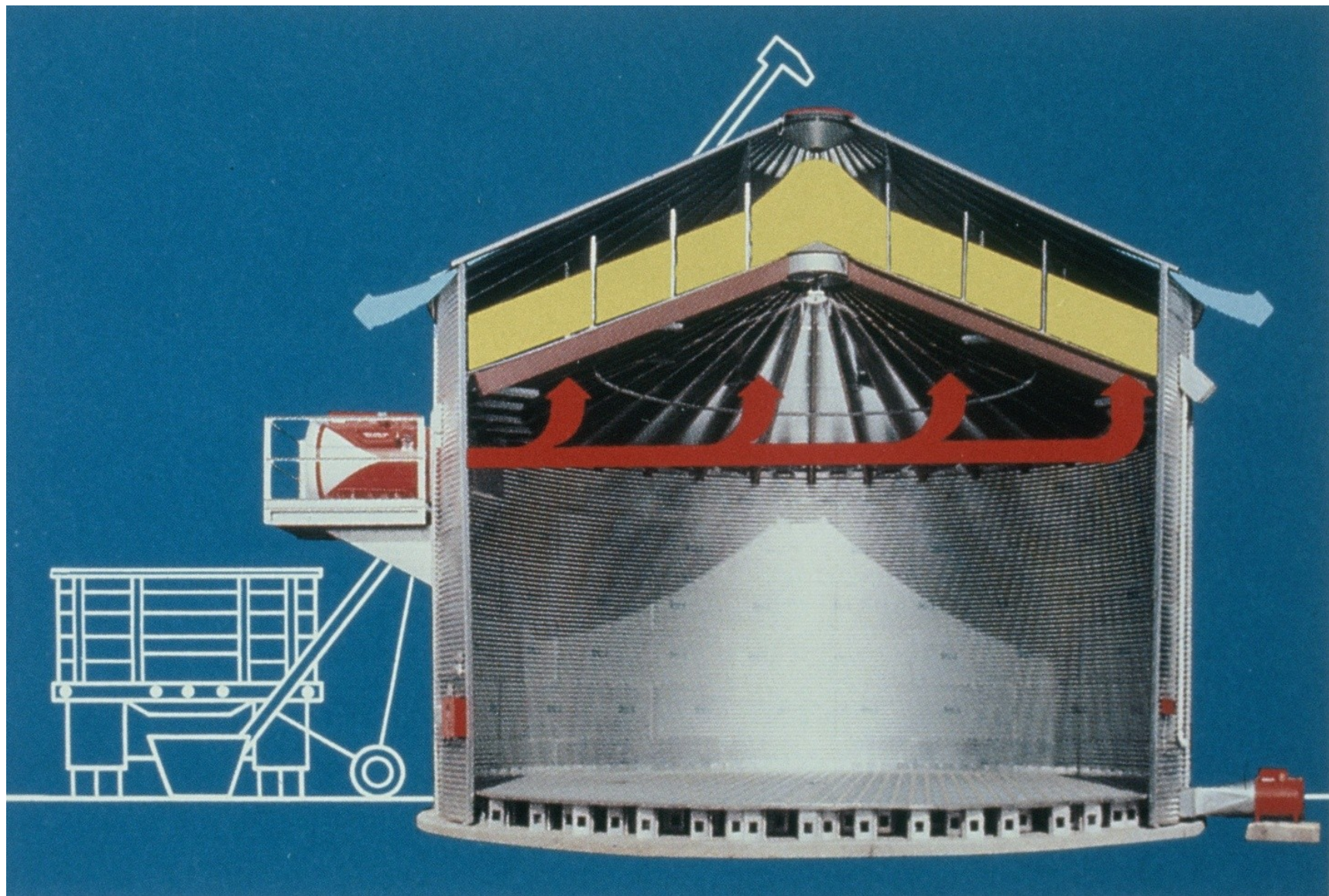


Мешалка

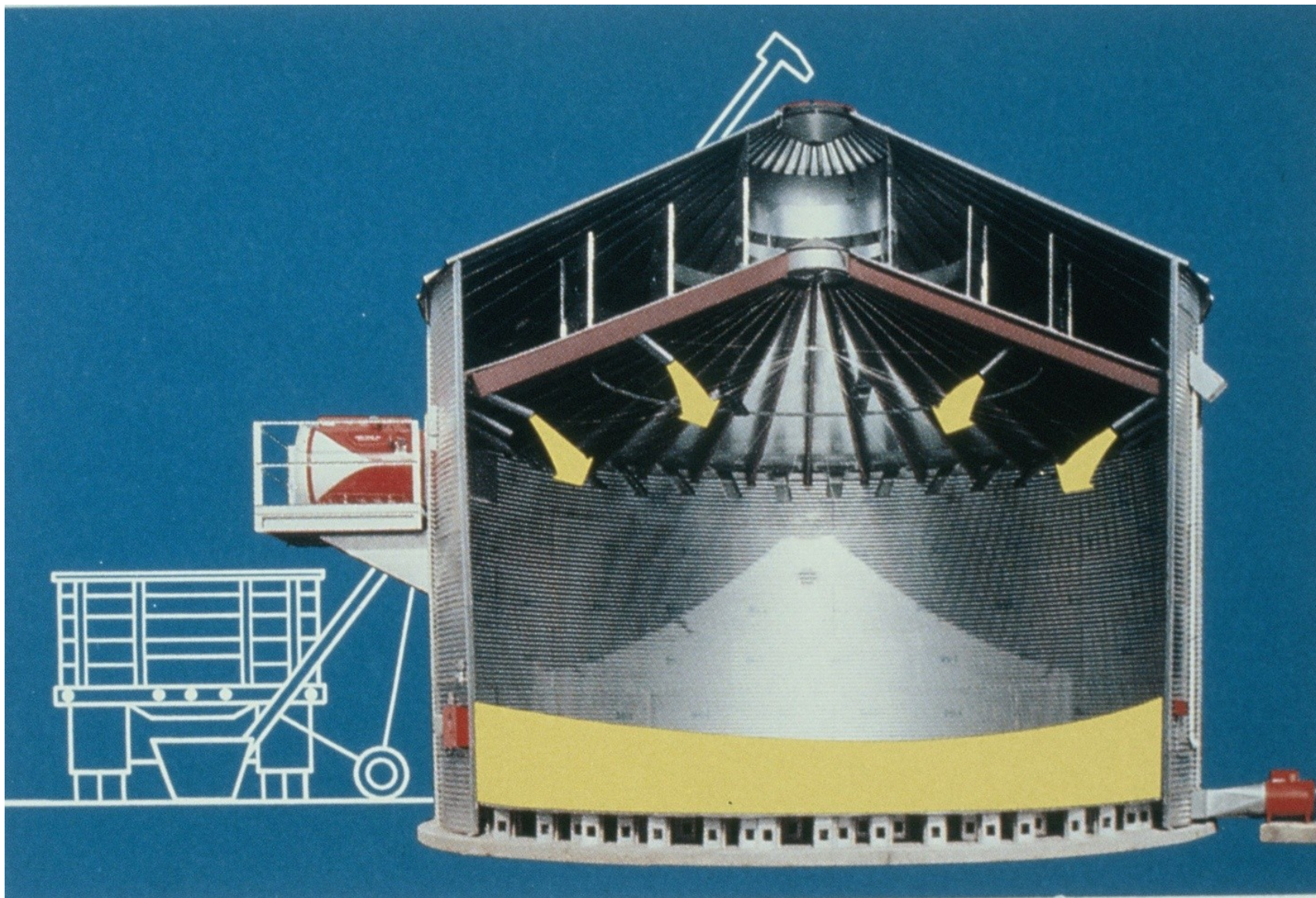


Сушка внутри силоса

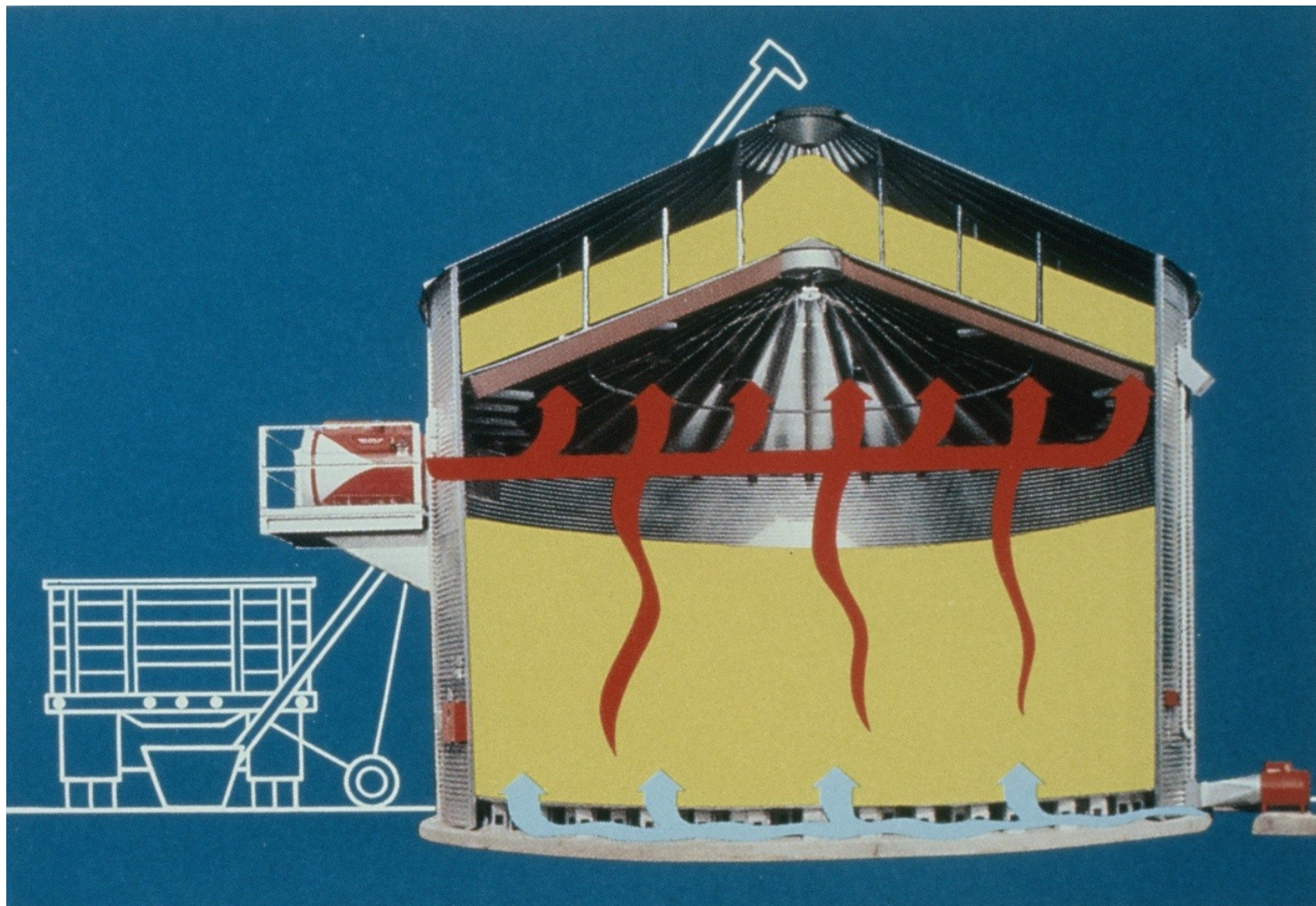
EZ-DRY



Сушка внутри силоса EZ-DRY



Сушка внутри силоса EZ-DRY



Сушка в силосах

- Обеспечивает увеличение потока воздуха. Вентилятор потребляет меньше энергии для достижения тех же результатов.
- Благодаря перемешиванию предотвращает пересушку зерна.
- Перемешивает мелкие частицы в массе зерна, обеспечивая равномерное обдувание воздухом. (При длительном использовании частицы оседают на дне)
- Содержание влаги зерна равномерно во всём силосе.

Нагрузка на стенки силоса

- Во время сушки с зерном происходят 2 важных изменения.
- Усушка / усадка – вызывает вертикальную силу на стенки силоса.
 - съем влаги 5% = усадка 10%
 - съем влаги 10% = усадка 16 %
- Уменьшение угла естественного откоса / трения и внутреннее трение.
 - Создает большее давление на стенки и меньшую вертикальную нагрузку.
(У воды нет внутреннего трения и всё сводится к горизонтальным нагрузкам на стенки силоса.)

Нагрузка на стенки силоса

- В некоторых случаях силос частично заполняют зерном и сушат его. Далее возникает некий период времени, в течение которого зерно не досыпается в силос. Высушенное зерно дает усадку, и оно оказывает давление на стенки силоса.
- Новое зерно необходимо сушить, и у него больший угол внутреннего трения. Это создает точку несоответствия, в которой сталкиваются эти два слоя.
- В этих местах столкновения мы можем увидеть волнистость листа.

Нагрузка на стенки силоса

