



# АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗЕРНОСУШИЛКИ, ОСНОВАННОЙ НА ПРЯМОМ МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАГИ



МОЖНО ЛИ УВЕЛИЧИТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ?  
КАК УМЕНЬШИТЬ РАСХОД ТОПЛИВА?  
КАК ИЗБЕЖАТЬ ПЕРЕСУШКИ ЗЕРНА?  
НА ЧЁМ СЭКОНОМИТЬ?

\* В данном файле ссылки кликабельны.  
Информация о характеристиках приборов на официальном сайте - [www.rusautomation.ru](http://www.rusautomation.ru)

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	2
Цели и задачи автоматизированной системы управления зерносушилкой	3
Структура и оценка стоимости АСУ зерносушилкой	4
Технологический процесс сушки зерна	8
<b>ЭКОНОМИЯ ПО ГАЗУ ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ВЛАЖНОСТИ НА 1%</b>	<b>10</b>
Шахтная сушилка ДСП-50Е	10
Сушилка зерновая модульная СЗМ-540	10
Модульная зерносушильная установка МС 1195	11
Зерносушилка порционная S22 Р/РК/РКК	11
Зерносушилка DGG 28	12
<b>ЭКОНОМИЯ НА ПРОДУКТЕ ПРИ УСТРАНЕНИИ ПЕРЕСУШИВАНИЯ ПРОДУКТА НА 1%. ИТОГОВЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ</b>	<b>13</b>
Заключение	14



## ЦЕЛИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ АСУ:

- экономия энергии (газ, топливо, электроэнергия);
- уменьшение потерь продукта при сушке;
- исключение человеческого фактора при измерении влажности и управлении процессом сушки;
- увеличение производительности зерносушилки.

**В** настоящее время одной из ведущих задач экономического развития России является развитие сельскохозяйственной отрасли и в частности увеличение производства зерна на основе значительного повышения урожайности и сокращения потерь на всех этапах его обработки. В период уборки и послеуборочной обработки агроклиматические условия в большинстве случаев неблагоприятные, поэтому в системе технологических операций и послеуборочной обработки семян и зерна важное место принадлежит их сушке.

Как известно влажность зерна выше 14% усиливает жизнедеятельность микроорганизмов и повышает его температуру, в результате чего возникает опасность его порчи. Этому также способствует невызревшее зерно. Так, ухудшение качества ржи, например, может начаться уже через 10 суток, если влажность составляет 18%, а температура около 20°С.

При влажности 20% и температуре 20°С 500 тонн зерна в течение 15 суток теряет, например, 4 тонны своей массы. Из этого следует, что зерно необходимо подвергать обработке непосредственно после уборки для предотвращения его потерь.

Своевременно и правильно проведенная сушка не только повышает стойкость зерна при хранении, но и улучшает его продовольственные и семенные достоинства. Обеспечение высокого качества сушки требует умелого использования зерносушильной техники, бесперебойной ее работы и применения правильно выбранных режимов сушки. При соблюдении рекомендованных режимов сушки ускоряется послеуборочное дозревание зерна, происходит выравнивание зерновой массы по влажности и степени зрелости, улучшается цвет, внешний вид и другие технологические свойства зерна. Сушка действует угнетающе на жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей. Она оказывает положительное влияние на выход и качество продукции при переработке зерна в муку.

В свете вышесказанного можно сделать вывод, что на конечные результаты обработки зерна влияет стабильность ведения процессов сушки. Высоких показателей качества можно достичь путём полной автоматизации процесса сушки зерна. Автоматизация зерносушилок позволяет использо-

вать их с максимальной эффективностью, повышает их КПД, устраняет всякую возможность ухудшения качества зерна при сушке. Необходимость внедрения таких энергосберегающих технологий, как автоматизация зерносушильных комплексов, обуславливается увеличением стоимости топлива и ограничением потребления электроэнергии сельским хозяйством.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ЗЕРНА ДОЛЖНА РЕШАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ЗАДАЧИ:

- сбор и отображение информации (получение на мнемосхеме в режиме реального времени полной информации о технологическом процессе и состоянии оборудования);
- дистанционное управление (возможность оперативного вмешательства с диспетчерского пункта в работу оборудования объекта при возникновении нестандартных ситуаций);
- автоматическое регулирование (достижение и поддержание уставок требуемых параметров процесса и генерация сигналов тревоги при их невыполнении);
- диагностирование состояния оборудования (возможность дистанционной настройки и диагностики технологического контроллера системы);
- организация предупредительной и аварийной сигнализации;
- протоколирование и документирование (возможность ведения отчётных документов - журналов действий оператора, аварийных ситуаций и т.п.);

Решение перечисленных задач в рамках автоматизации возможно созданием системы, удовлетворяющей современным требованиям и реализованной на основе новейшей аппаратно-программной базы. Это должна быть универсальная и легко адаптируемая система.

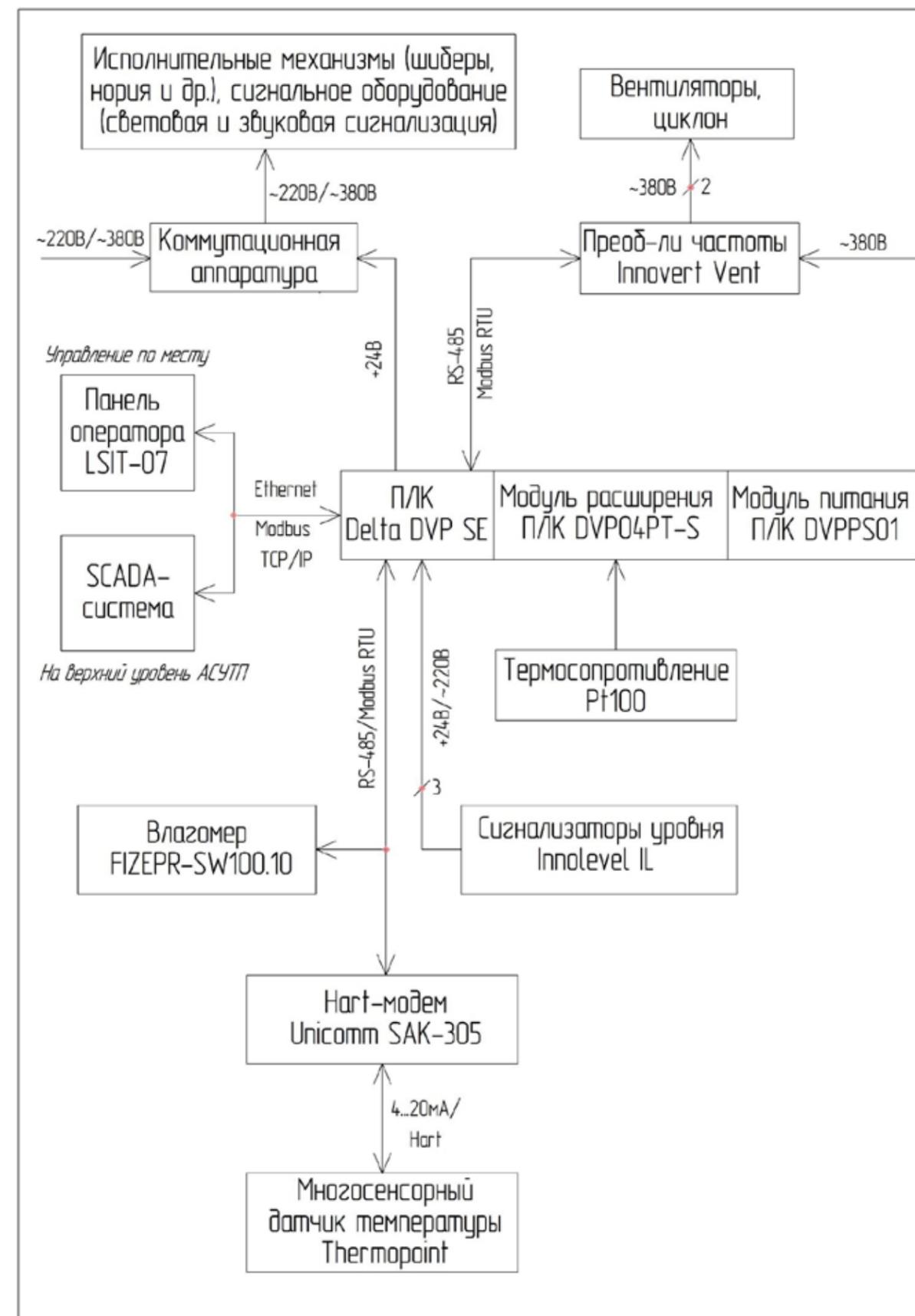


В соответствии с поставленными целями и задачами, инженеры компании «РусАвтоматизация» выбрали оборудование для АСУ зерносушилкой, обладающее оптимальным соотношением цена/качество.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ:

1. ПЛК Delta DVP-SE с модулем расширения DVPO4PT-S и модулем питания DVPPS01. ПЛК выступает в качестве главного устройства, выполняющего функции управления и регулирования технологическим процессом, осуществляет сбор и обработку данных. Модуль расширения для подключения датчика температуры.
2. Влагомеры FIZEPR-SW100.10. Прибор служит для определения влажности зерна на входе и на выходе из зерносушилki.
3. Многосенсорный датчик температуры Thermopoint для измерения температуры зерна по всей высоте и в нескольких точках зерносушилki + Hart-модем Unicomm SAK-305 для связи датчика с ПЛК по RS-485.
4. InnoLevel IL - ротационные сигнализаторы нижнего, среднего и верхнего уровней заполнения зерносушилki зерном.
5. Термосопротивление Pt100 ТСП-1199 для измерения температуры воздуха из топki.
6. Панель оператора LSIT-07 предназначена для управления процессом сушки вручную, а также для визуализации всех измеряемых и контролируемых величин.
7. Преобразователи частоты InnoVert Vent регулируют скорость вращения лопастей вентиляторов для увеличения или уменьшения подачи горячего/холодного воздуха в зону сушки и др.

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АСУ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ, ОСНОВАННАЯ НА ВЫБРАННОМ ОБОРУДОВАНИИ



# ОЦЕНКА СТОИМОСТИ АСУ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ

Для приблизительной оценки стоимости автоматизированной системы управления зерносушилкой вычислим суммарные затраты на оборудование, разработку проекта и проведение пусконаладочных работ.

№	Наименование	Кол-во	Цена с НДС, руб.
1	ПЛК DVP-SE	1	16 029
2	Модуль расширения для термосопротивлений DVPO4PT-S	1	11 668
3	Модуль питания DVPPS01	1	1 968
4	Влагомер FIZERP-SW100.10	2	130 000
5	6-сенсорный датчик температуры Thermopoint с 12 метровым зондом	1	67 500
6	Hart-модем Unicomm SAK-305 с интерфейсом связи RS-485	1	24 080
7	Ротационный сигнализатор уровня InnoLevel IL	3	10 000
8	Преобразователь частоты InnoVert Vent на 11 кВт	1	26 000
9	Преобразователь частоты InnoVert Vent на 7,5 кВт	1	21 500
10	Коммутационная аппаратура (пускатели, контакторы, выключатели, кнопки и т.д.) и светозвуковая сигнализация		≈ 150 000
11	Проектирование автоматизированной системы и программирование	1	≈ 300 000
12	Пусконаладка	1	≈ 250 000
Итого с НДС, руб.			≈ 1 150 000

\* Информация о ценах по состоянию на 1 сентября 2017 года.

Подробную информацию о технических характеристиках приборов вы найдете на сайте [www.rusautomation.ru](http://www.rusautomation.ru)



К основным видам энергоносителей, на которые работают существующие сушилки, относятся газ, биогаз, мазут, дизтопливо, дрова, пеллеты, лузга и электроэнергия.

Уменьшение затрат на сушку, в связи с растущими ценами на энергоносители, это та проблема, которую владельцам элеваторов необходимо решить в ближайшем будущем. Удельный вес затрат на сушку злаков по оценкам специалистов составляет до 30% от стоимости самого продукта. Перед тем, как считать выгоды от внедрения автоматизации по влажности необходимо определить и предоставить некоторые показатели стандартов и допусций.

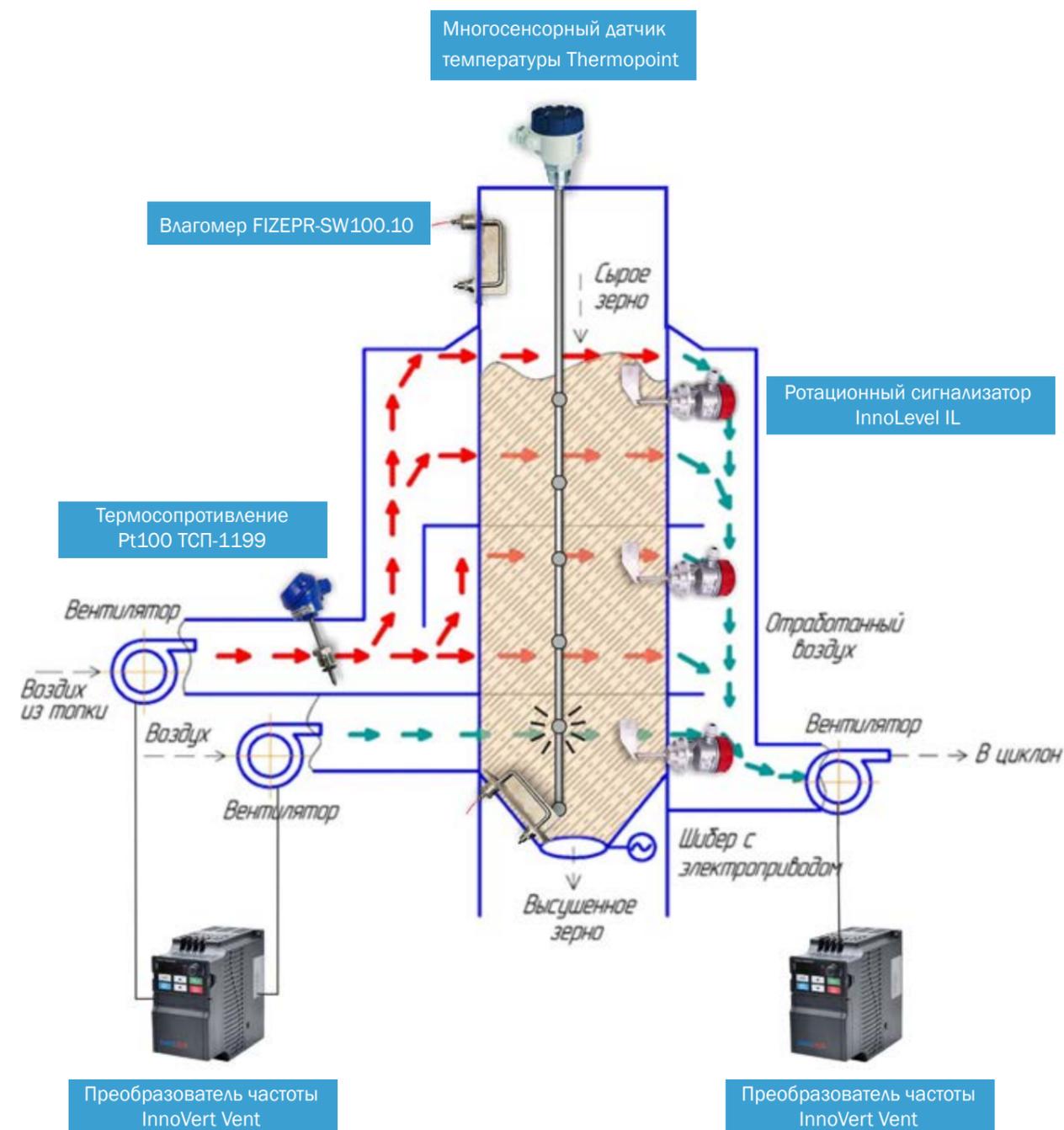
Компания «РусАвтоматизация» использует в своих АСУ микроволновые влагомеры российского производства FIZEPR-SW100. Использование специализированного микроволнового влагомера позволяет с высокой точностью определять влажность зерна, в отличие от традиционного метода – взвешивания и последующего полного высушивания влаги. Абсолютная погрешность измерения данным датчиком составляет  $\pm 0,5\%$  в диапазоне измерения влажности 10...20%. В этот диапазон влажности попадают фактически все злаковые культуры.

#### СТАНДАРТЫ ВЛАЖНОСТИ ДЛЯ ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ:

- для пшеницы, ржи, ячменя, риса, гречихи – 14...15,5%;
- для зерновых бобовых культур – 15...16%;
- для проса, кукурузы и овса – 13...14,5%.

Как видно, диапазон допустимой погрешности влажности колеблется от 1 до 1,5%, следовательно, влагомер может обеспечить не только «попадание» влажности в требуемый диапазон, но и экономию на продукте и топливе при исключении пересушивания на 1 % влажности.

Для некоторых типов сушилок более подробно рассмотрим расчет окупаемости системы автоматизации, включающей высокоточный влагомер, который основывается на прямом методе измерения влажности. Примем среднюю цену 1000 м<sup>3</sup> природного газа для предприятий 4 400 рублей.



## ЭКОНОМИЯ ПО ГАЗУ ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ВЛАЖНОСТИ НА 1%

### ШАХТНАЯ СУШИЛКА ДСП-50Е



- Производительность: 50,8 тонн/час.
- Расход условного топлива м<sup>3</sup>/час: 369...383, расход газа: 420...437 м<sup>3</sup>/час
- Расход газа при снижении влажности на 1%, 1 тонны зерна 1,5...1,59 условного топлива или по газу 1,71...1,81 м<sup>3</sup> (среднее 1,76 м<sup>3</sup>).
- Удельные затраты электроэнергии на 1 тонну: 1,53 кВт.

Исходя из приведенных выше данных, затраты по газу в рублях на 1% влажности в тонне зерна составляют:

$$\text{СРЕДНИЙ РАСХОД ГАЗА} \times \text{СТОИМОСТЬ 1М}^3 \text{ ГАЗА} = \text{СТОИМОСТЬ ГАЗА НА УДАЛЕНИЕ 1\% ВЛАЖНОСТИ НА ТОННУ}$$

$$1,76 \text{ м}^3 \times 4,4 \text{ руб.} = 7,74 \text{ руб.}$$

При работе 20 часов в сутки и производительности 50,8 тонн/час экономия газа за сутки: 20 час  $\times$  50,8  $\times$  7,74 руб = 7 863 руб/сут.

Соответственно экономия газа за месяц составит: 7 863 руб/сут  $\times$  30 дней = 235 890 руб.

### СУШИЛКА ЗЕРНОВАЯ МОДУЛЬНАЯ СЗМ-540



- Производительность при снижении влажности кукурузы с 20% до 15% составит 50,48 тонн/час, а с 25% до 15% составит 33,18 тонн/час.
- Расход условного топлива м<sup>3</sup>/час 252...269, по газу 287...307 м<sup>3</sup>/час.
- Расход газа при снижении влажности на 1% 1 тонна зерна 1,15...2,10 условного топлива или по газу 1,31...2,39 м<sup>3</sup> (среднее 1,85 м<sup>3</sup>).
- Удельные затраты электроэнергии на 1 тонну: 1,9...2,9 кВт.

Затраты по газу на 1% влажности в 1 тонне зерна:

$$\text{СРЕДНИЙ РАСХОД ГАЗА} \times \text{СТОИМОСТЬ 1М}^3 \text{ ГАЗА} = \text{СТОИМОСТЬ ГАЗА НА УДАЛЕНИЕ 1\% ВЛАЖНОСТИ НА ТОННУ}$$

$$1,85 \text{ м}^3 \times 7,74 \text{ руб.} = 8,14 \text{ руб.}$$

При работе 20 часов в сутки и производительности 50,48 тонн/час экономия газа за сутки: 20 час  $\times$  50,48  $\times$  8,14 руб = 8 218 руб/сут.

Соответственно экономия газа за месяц составит: 8 218 руб/сут  $\times$  30 дней = 246 540 руб.

### МОДУЛЬНАЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА МС 1195

- Производительность при снижении влажности кукурузы с 23,8% - 25,4% до 13,7% - 14, 2% составляет 35,7 тонн/час. Для пшеницы при снижении с 18,6 - 19,8% до 13,9 - 14,2% составляет 54,5 тонн/час.
- Расход условного топлива м<sup>3</sup>/час для кукурузы 477...507, по газу 544...578 м<sup>3</sup>/час, для пшеницы 356...384, по газу 406...438 м<sup>3</sup>/час.
- Расход газа при снижении влажности на 1% 1 тонны зерна 1,07...1,17 условного топлива или по газу 1,22...1,33 м<sup>3</sup> (среднее 1,27 м<sup>3</sup>), для кукурузы на 1 тонну 1,07...1,11 условного топлива, по газу 1,22...1,26 м<sup>3</sup> (среднее 1,24 м<sup>3</sup>).

Исходя из приведенных выше данных, затраты по газу на 1% влажности в 1 тонне составляют:

$$\text{СРЕДНИЙ РАСХОД ГАЗА} \times \text{СТОИМОСТЬ 1М}^3 \text{ ГАЗА} = \text{СТОИМОСТЬ ГАЗА НА УДАЛЕНИЕ 1\% ВЛАЖНОСТИ НА ТОННУ}$$

- Пшеница 1,27 м<sup>3</sup>  $\times$  4,4 руб = 5,58 руб;
- Кукуруза 1,24 м<sup>3</sup>  $\times$  4,4 руб = 5,45 руб.

При работе 20 часов в сутки и производительности 54,5 тонн/час и 35,7 тонн/час соответственно экономия газа за сутки:

- Пшеница 20 час  $\times$  54,5  $\times$  5,58 руб = 6 082 руб/сутки;
- Кукуруза 20 час  $\times$  35,7  $\times$  5,45 руб = 3 891 руб/сутки.

Соответственно экономия газа за месяц составит:

- Пшеница 6 082 руб/сут  $\times$  30 дней = 182 460 руб;
- Кукуруза 3 891 руб/сут  $\times$  30 дней = 116 730 руб.



### ЗЕРНОСУШИЛКА ПОРЦИОННАЯ S22 P/PK/PKK

- Производительность при снижении влажности кукурузы с 30% до 15% составит 25 тонн/час, а для пшеницы при снижении влажности с 19% до 15% производительность составит 79 тонн/час.
- Расход газа при снижении влажности на 1%, 1 тонны продукта по газу 1,1...1,5 м<sup>3</sup> (среднее 1,3 м<sup>3</sup>).

$$\text{СРЕДНИЙ РАСХОД ГАЗА} \times \text{СТОИМОСТЬ 1М}^3 \text{ ГАЗА} = \text{СТОИМОСТЬ ГАЗА НА УДАЛЕНИЕ 1\% ВЛАЖНОСТИ НА ТОННУ}$$

Затраты по газу на 1% влажности в 1 тонне: 1,3 м<sup>3</sup>  $\times$  4,4 руб = 5,72 руб.

При работе 20 часов в сутки и производительности 79 тонн/час и 25 тонн/час, экономия газа за сутки соответственно составит:

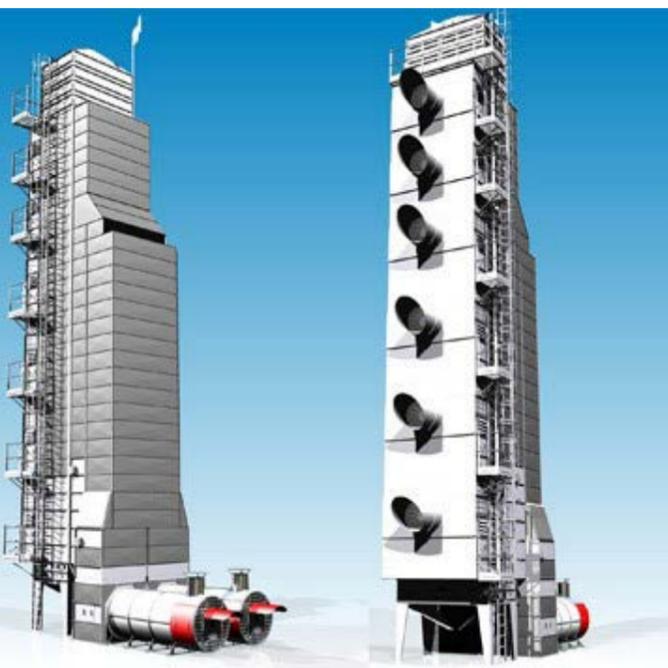
- Пшеница 20 час  $\times$  79  $\times$  5,72 руб = 9 037 руб/сутки;
- Кукуруза 20 час  $\times$  25  $\times$  5,72 руб = 2 862 руб/сутки.

Соответственно экономия газа за месяц составит:

- Пшеница 9 037 руб/сут  $\times$  30 дней = 271 110 руб;
- Кукуруза 2 862 руб/сут  $\times$  30 дней = 85 800 руб.



# ЗЕРНОСУШИЛКА DGG 28



- Производительность при снижении влажности кукурузы с 24% до 14% составит 17,8 тонн/час, а для пшеницы при снижении влажности с 19% до 15% производительность составит 55 тонн/час.
- Расход газа при снижении влажности на 1%, 1 тонны продукта по газу 1,3...1,5 м<sup>3</sup> (среднее 1,4 м<sup>3</sup>).

Исходя из приведенных выше данных, затраты по газу на 1% влажности в тонне составляют:

$$\text{СРЕДНИЙ РАСХОД ГАЗА} \times \text{СТОИМОСТЬ 1М}^3 \text{ ГАЗА} = \text{СТОИМОСТЬ ГАЗА НА УДАЛЕНИЕ 1\% ВЛАЖНОСТИ НА ТОННУ}$$

1,4 м<sup>3</sup> × 4,4 руб = 6,16 руб.

При работе 20 часов в сутки и производительности 55 тонн/час и 17,8 тонн/час, экономия газа за сутки соответственно составит:

- Пшеница 20 час × 55 × 6,16 руб = 6 776 руб/сутки;
- Кукуруза 20 час × 17,8 × 6,16 руб = 2 192 руб/сутки.

Соответственно экономия газа за месяц составит:

- Пшеница 6 776 руб/сут × 30 дней = 203 208 руб;
- Кукуруза 3 891 руб/сут × 30 дней = 65 760 руб.

## ТАКИМ ОБРАЗОМ...

рассмотрев показатели экономии газа для нескольких типов сушилок, можно сделать вывод, что экономия при исключении пересушивания зерна на 1% в среднем составляет порядка 6,45 руб на тонну зерновой культуры.

Для крупных хозяйств и средних элеваторов в России наиболее характерны зерносушилки с производительностью около 75 тонн/час, следовательно, при 20 часах работы в сутки экономия газа в среднем составляет:  
75 т/ч × 20 ч × 6,45 руб = 9 675 руб/сутки.

\* Информация о ценах по состоянию на 1 сентября 2017 года.



## ЭКОНОМИЯ НА ПРОДУКТЕ ПРИ УСТРАНЕНИИ ПЕРЕСУШИВАНИЯ ПРОДУКТА НА 1%. ИТОГОВЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Существующие системы управления сушилками как правило непрямого действия. Оператор сушилки только косвенно через температуру продукта или агента сушки управляет процессом сушки. При этом влажность продукта на выходе может колебаться до ±3%, а периодические лабораторные пробы показывают лишь фактическую влажность продукта, на которую уже нельзя никак повлиять. Единственное, при высокой влажности, можно отправить продукт на повторную сушку, а это потери газа, электроэнергии.

При пониженной влажности – это невозполнимые потери продукта. Цена потерь продукта разная, но суммы однозначно существенные. Довольно сложно дать точную рыночную цену на злаковые культуры, но приблизительные цены мы приводим ниже, а также потери продукта при пересушке на 1% влажности.

Продукт	Стоимость, руб/тонна	Убыток от потери 1% продукта, руб/тонна
Пшеница 3 класс	9 000	90
Кукуруза	6 500	65
Ячмень	7 800	78
Подсолнечник	23 000	230

Если суммировать потери от пересушки самого продукта и стоимости газа на удаление 1% влажности получается следующая картина:

Примем в качестве средней стоимости злаковых культур стоимость ячменя равную 7 800 руб/тонн. Средние потери газа на тонну продукта при его пересушивании на 1% составляют 6,45 рублей. Рассчитаем финансовые потери за 600 часов (30 дней при 20 часовом режиме работы) при пересушивании продукта на 1% для сушилок различной производительности, а также общие финансовые потери.

Производ. сушилки на выходе	Потери продукта при пересушивании на 1% за месяц при 20 раб.ч	Потери по газу средние на 1% влажности	Итого
20 т/ч	20x600x7,800x0,01 = 936 000 руб.	20x600x6,45 = 77 400 руб.	1 013 400 руб.
50 т/ч	50x100x7,800x0,01 = 2 340 000 р.	50x600x 6,45 = 193 500 руб.	2 533 500 руб.
75 т/ч (средняя)	75x100x7,800x0,01 = 3 510 000 р.	75x600x6,45 = 290 250 руб.	3 800 250 руб.
100 т/ч	100x100x7,800x0,01 = 4 680 000р.	100x600x6,45 = 387 000 руб.	5 067 000 руб.
150 т/ч	150x100x7,800x0,01 = 7 020 000р.	150x600x6,45 = 580 500 руб.	7 600 500 руб.

## ТАКИМ ОБРАЗОМ...

суммарные потери для среднеценового злака (ячменя) при пересушивании зерна на 1% в сушилке со средней производительностью 75 тонн/час, составляют 3 800 250 рублей в месяц.

Для такой зерносушилки, с ежедневным 20-часовым режимом работы, срок окупаемости автоматизированной системы составит:  $3\,800\,250 \text{ руб/мес} / 1\,200\,000 \text{ руб} = 0,3 \text{ месяца}$

Приняв во внимание неучтённые факторы, нестабильный курс рубля и возможную потребность в дополнительном оборудовании, а также более короткий рабочий день можно сделать вывод, что реальный срок окупаемости составит порядка **1 – 2 месяцев**.

Из рассмотренных примеров очевидно, что наибольший экономический эффект приносит автоматизация высокопроизводительных зерносушилок, которые используются для высушивания дорогостоящих сельскохозяйственных культур (подсолнечник, пшеница и др.). Однако и для низкопроизводительных зерносушилок срок окупаемости достаточно мал, что говорит о высокой экономической эффективности автоматизации процесса высушивания зерна.

\* Информация о ценах по состоянию на 1 сентября 2017 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный технологический процесс, оборудование и соответствующая ему структурно-функциональная схема АСУ зерносушилкой являются общими и наиболее часто применимыми. Однако, существует большое количество типов зерносушилок со своими этапами сушки зерна и со своими потребностями в автоматизации, поэтому для грамотного подбора и проектирования АСУ зерносушилкой рекомендуем обратиться Вам в компанию «РусАвтоматизация». Инженеры компании сэкономят ваше время и помогут избежать ошибок в подборе и эксплуатации оборудования.



**ООО «РусАвтоматизация»**

Полный спектр услуг по инжинирингу,  
разработке и проектированию систем автоматизации

Россия, г.Челябинск, ул.Гагарина, 5

Тел.: 8-800-775-09-57 - звонок бесплатный по РФ; [info@rusautomation.ru](mailto:info@rusautomation.ru)

Отдел продаж: +7 (351) 799-54-26; Отдел проектирования АСУ: +7 (351) 200-33-14

[www.rusautomation.ru](http://www.rusautomation.ru)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗЕРНОСУШИЛКИ, ОСНОВАННОЙ НА ПРЯМОМ МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАГИ  
ЧЕЛЯБИНСК, «РУСАВТОМАТИЗАЦИЯ»



**ООО «РусАвтоматизация»**

Полный спектр услуг по инжинирингу,  
разработке и проектированию систем автоматизации

Россия, г.Челябинск, ул.Гагарина, 5

Тел.: 8-800-775-09-57 - звонок бесплатный по РФ; [info@rusautomation.ru](mailto:info@rusautomation.ru)

Отдел продаж: +7 (351) 799-54-26; Отдел проектирования АСУ: +7 (351) 200-33-14

[www.rusautomation.ru](http://www.rusautomation.ru)