

**СЕНЬКО Д.Г.**

Научно-исследовательский институт  
пожарной безопасности  
и проблем чрезвычайных ситуаций  
МЧС Республики Беларусь

## **ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ШАХТНОГО ТИПА**

**Fire safety protection provision of grain purifying and dryer complexes of  
a mine type**

### **Содержание**

Рассмотрены проблемные вопросы обеспечения противопожарной защиты зерноочистительных сушильных комплексов шахтного типа, представлены результаты исследований и принципиальные решения по созданию системы, позволяющей на ранней стадии обнаружить и ликвидировать загорание без остановки технологического оборудования

### **Summary**

Problematic questions of fire safety protection provision of grain purifying and dryer complexes of a mine type were considered; test results and principle solutions on creation of a system that allows to reveal and liquidate fire ignition without a stoppage of technological equipment are presented

**Ключевые слова:** зерносушильный комплекс, пожар, пожарный извещатель, противопожарная защита, технологическая среда

**Keywords:** grain dryer complex, fire, fire announcer, fire safety protection, technological sphere

В настоящее время в Республике Беларусь и за рубежом отсутствуют устройства, способные обеспечить достоверную и своевременную идентификацию процесса возгорания (пожара) сырья в технологических процессах, связанных с нагревом технологической среды до критических температур. В большинстве случаев обнаружение пожара происходит визуально с последующей остановкой технологического оборудования, разгрузкой сырья и тушением без применения автоматических средств.

Специфика функционирования технологических процессов, связанных с нагревом технологической среды до критических температур (сушка), значительно ограничивает применение большинства традиционных методов контроля опасных факторов пожара (далее - ОФП).

Определение возгорания по задымленности не может быть использовано в силу большой концентрации пыли в процессе сушки, по открытому пламени – в силу специфики возгорания, которое носит тлеющий характер, по состоянию газовой среды – из-за не герметичности конструкции, значительных по массе и скорости потоков сырья и воздуха.

Пожары на объектах хранения и переработки зерна приводят к уничтожению дорогостоящего оборудования, а также больших объемов собранного урожая и задержке в его переработке.

Проведение анализа пожаров в зерносушильных комплексах позволило выделить несколько причин их возникновения. Основными из них являются:

превышение температурного режима при сушке зерна вследствие несовершенства конструкции сушилок;

попадание в зону сушки зерна источников зажигания, образующихся при работе теплогенератора.

Исследование пожара, произошедшего в августе 2009 года во время сушки рапса на КЗСВ-30Г-Р, принадлежащем СПК им. Клецкова в г. Ошмяны, позволило установить наиболее вероятный источник возгорания рапса в камере сушки, а также обстоятельства, сопутствовавшие развитию пожара.



**Рис. 1.** Пожар в зерносушильном комплексе КЗСВ-30Г-Р СПК им. Клецкова, расположенном в г. Ошмяны (04.08.2009)

В результате пожара уничтожена шахта зерносушилки, повреждено оборудование зерносушильного комплекса и причинен материальный ущерб на сумму более 100 000 долларов США.

Исследования свойств зерна рапса показывают, что зерна имеют стабильные термические свойства, и при температурах до 100 °С их воспламенение без постороннего источника зажигания практически исключено при влажности более 6 %. Однако при снижении влажности ниже 6 % происходит пересушивание зерен, и они начинают растрескиваться с образованием мелких горючих частиц и пыли, создавая при этом пирофорную массу, которая способна возгораться от малокалорийного источника зажигания.

Теплогенераторы сушилок не исключают попадания в теплообменник сгораемых материалов в виде пыли и соломистого мусора, а при прохождении их через теплообменник происходит воспламенение и образуются искры. Аналогичная ситуация сложилась и в рассматриваемом случае. Характер распространения пожара указывал на возникновение первоначального горения на уровне горизонтальной перегородки, которая является своеобразным «пылесборником». При попадании на нее искр возгорание пыли неминуемо.

При рассмотрении подобных пожаров необходимо учитывать тот факт, что первоначально горение проходит в виде тления, а далее при достаточной аккумуляции тепла переходит в пламенное горение.

Применяя современные системы автоматики, а также новаторские конструкторские решения, можно значительно снизить риски, связанные с вероятностью возникновения пожаров в зоне сушки зерна зерносушильных

комплексов, а также, что не маловажно, произвести ликвидацию очага возгорания в начальной стадии, не останавливая технологического процесса.

В ходе проведенной научно-исследовательской работы (далее - НИОКР) «Исследовать пожарную опасность зерноочистительно-сушильных комплексов, обосновать пути ее снижения, разработать средства противопожарной защиты зерноочистительных сушильных комплексов с зерносушилками шахтного типа (ЗСК-15Ш, ЗСК-20Ш, ЗСК-30Ш, ЗСК-40Ш) и зерносушилками колонкового типа (ЗСК-15, ЗСК-20, ЗСК-30)» найдено комплексное решение противопожарной защиты зерносушилок шахтного типа, которое состоит из следующих компонентов:

- устройство, ограничивающее перенос источников зажигания (завихритель);
- устройство контроля и управления температурным режимом, позволяющее осуществлять постоянный мониторинг теплового поля в период сушки зерна, определять аномальные отклонения от технологического режима и выдавать команды на управление системой пожаротушения и ЗСК в целом (автоматическое устройство термометрии);
- система пожаротушения, подающая огнетушащее вещество непосредственно в зону сушки, причем не во всю, а в конкретную зону аномального теплового поля, без остановки технологического процесса.

Проведенные исследования показали, что, чем больше препятствий на пути искр и расстояние от места их возникновения (теплогенератора) до зоны горючей загрузки, тем ниже риск переноса искрой энергии, достаточной для воспламенения обрабатываемого сырья.

Конструкция завихрителя простая, но позволяет эффективно бороться с искрами при их возникновении в теплоносителе. Испытания подтвердили теоретические расчеты. Установленный завихритель позволил задержать до 50 % занесенных вместе с теплоносителем потенциальных источников зажигания (измельченные пенопласт, бумага, опилки и солома). Прошедшие через завихритель горючие материалы под действием центробежной силы подвергаются трению о стенки теплогенератора, что также снижает их энергию зажигания.

На практике встречаются случаи, когда возгорание сырья происходит без участия искр. В частности это может быть зависание влажного сырья в отдельных зонах камеры сушки, и вследствие этого, его самовозгорание.

Особенности технологических процессов зерносушильного комплекса значительно ограничивают применение большинства традиционных методов контроля ОФП в силу перечисленных выше причин.

Наиболее приемлемым способом определения ОФП для данных задач следует признать метод, основанный на анализе тепловых проявлений пожара, однако классические тепловые извещатели (пороговые, дифференциальные) имеют следующие недостатки:

при контроле пороговыми извещателями определение пожара характеризуется большой инерционностью из-за значительного потока зерна и воздуха. К моменту определения температуры, возгорание может принять катастрофический характер, что значительно снизит эффективность последующего тушения и увеличит материальные потери;

при контроле дифференциальными температурными извещателями возрастает риск ложных срабатываний, поскольку скорость нарастания температуры в момент включения теплогенераторов достигает значительной величины и, как правило, превышает порог срабатывания извещателя.

Таким образом, рассмотренные классические тепловые извещатели не предназначены для работы в условиях повышенных температур (60-130 °С).

В настоящее время в Республике Беларусь и за рубежом зерносушильные комплексы не оборудуются автоматическими системами пожаротушения в силу вышеперечисленных причин. Обнаружение пожара происходит визуально с последующей остановкой комплекса, разгрузкой зерна и тушением.

Решение проблемы возможно при использовании нетрадиционного метода контроля ОФП, обеспечивающего их определение на ранних стадиях с высокой достоверностью. В основу метода положены прогнозные соотношения, позволяющие по начальным отсчетам температуры предсказать тенденцию ее развития и, соответственно, получить предполагаемое значение в интересующей точке интервала времени. Прогнозирующие соотношения основаны на формировании математической модели развития температуры с течением времени.

В основу моделирования положены нелинейные корреляционные зависимости общего вида:

$$Y = a_0 + a_1x + a_1x^2 + a_2x^3 + \dots$$

Где:

$x$  – температурные значения в точках контроля;

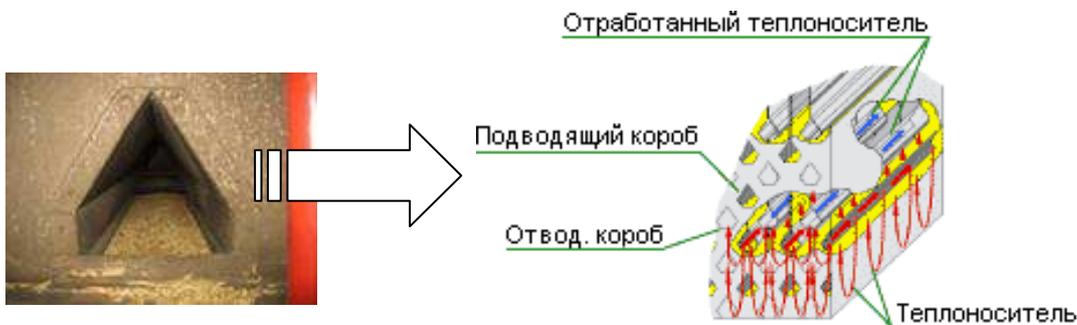
$a_0, a_1, a_2x \dots a_n$ .- коэффициенты модели, определяемые по результатам замеров;

$Y$  – пороговое значение, связанное с вероятностью возникновения пожара.

На основании предварительно полученных значений характеристик тепловых полей определяются коэффициенты зависимости и формируется модель. Затем параметры уточняются и корректируется вид модели в зависимости от конкретного теплового режима. Измерение температуры производится стандартными методами с использованием терморезисторов.

К преимуществам метода относится возможность измерения действующей температуры и формирование температурных полей внутри установки, что используется в технологическом процессе для оптимизации управления зерносушильным комплексом.

В качестве дополнительной меры, направленной на увеличение времени прогноза и повышение его достоверности, используется контроль температуры на выходе из теплоносителя, а также прогноз динамики ее изменения. В данном случае прогноз температуры в предполагаемой зоне возгорания корректируется в зависимости от прогноза температуры на выходе теплоносителя.



**Рис. 2.** Принципиальная схема движения теплоносителя

Интегрированная в технологический процесс система термометрии, основанная на методе теплового прогноза, позволяет проводить мониторинг состояния температурного режима в камере сушки, прогнозировать повышение температуры и идентифицировать начальную стадию пожара, сопоставив изменение

контролируемых параметров с дифференциальной запрограммированной кривой реального пожара.

Экспериментальная система контроля состояния среды прошла полевые испытания в шахте действующей зерносушилки в период сбора урожая 2009 года. При снятии показаний датчиков были получены сведения о температурных параметрах сушки за весь период с момента установки системы. На рисунке приведен образец графического отражения температуры в шахте зерносушилки.

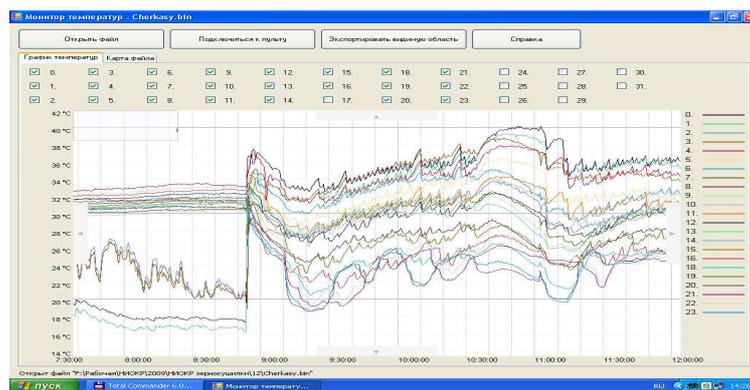


Рис. 3. Мониторинг теплового поля ЗСК

Возможности программного сопровождения системы контроля позволяют:

- взять на себя функции управления всей автоматикой зерносушильного комплекса, в том числе регулировкой скорости подачи зерна, температуры теплоносителя, запуском системы пожаротушения;
- фиксировать все температурные параметры работы зерносушильного комплекса;
- минимизировать влияние человеческого фактора на процесс сушки.

Опытная апробация метода показала его высокую эффективность при низкой аппаратной стоимости. В процессе работы системы пожарной защиты (далее – СПЗ), основанной на данном методе, практически исключен риск ложных срабатываний, повышена достоверность, и уменьшено время обнаружения возгорания.

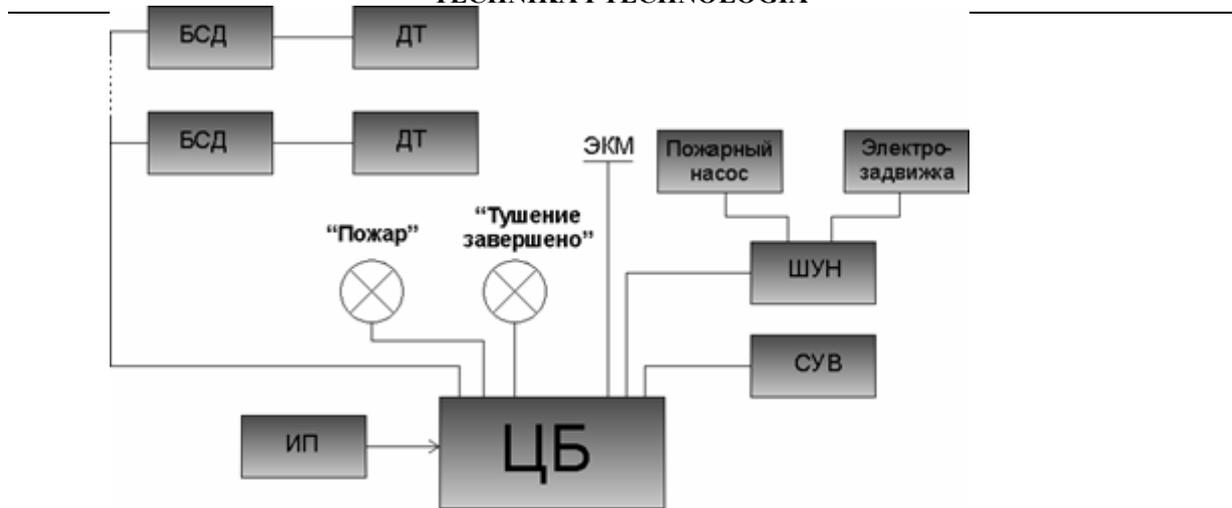


Рис.4. Принципиальная схема СПЗ

В рамках НИОКР разработан опытный образец «Устройства комплексной защиты зерноочистительно-сушильного оборудования УКЗСО– 1», позволяющий на ранней стадии обнаружить аномальные тепловые проявления, связанные с загоранием зерна, подать огнетушащее вещество (воду) непосредственно в зону сушки, причем не во всю, а в конкретную зону аномального теплового поля.

В период сбора урожая 2010 года проведена опытная эксплуатация УКЗСО – 1. В настоящее время проводится работа по дальнейшему совершенствованию устройства и нормативному регулированию его применения в целях повышения безопасности и эффективности процесса сушки зерна.

## Литература

1. ППБ 2.01-94 Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для предприятий переработки и хранения зерна.
2. ГОСТ 12.1.004 – 91 Пожарная безопасность. Общие требования.
3. Каминский В.Д., Бабич М.Б., *Новые виды технологического оборудования и технологии для их реализации*, [w:] *Хранение и переработка зерна» № 1*, 2001 г.
4. Трисвятский Л.А., Мельник Б.Е., *Технология приема, обработки, хранения зерна и продуктов его переработки*. М, 1983 г. 351 стр.
5. Баум А.Е., *Сушка зерна*. М, КОЛОС, 1983 г. 223 стр.
6. Жидко В.И., *Зерносушение и зерносушилки: учеб. пособие для ВУЗов*. М, КОЛОС, 1982. 239 стр.

## Recenzenci:

**Prof. dr hab. inż. Marek Konecki**

**Dr inż. Stefan Wilczkowski**

