

DOI 10.25741/2413-287X-2021-09-2-147

УДК 614.84.664

НАКОПЛЕНИЕ ГОРЮЧЕЙ ПЫЛИ В ВОЗДУХОВОДАХ И СПОСОБЫ ИХ ОЧИСТКИ

Л. ВОГМАН, д-р техн. наук, главный научный сотрудник, ФГБУ ВНИИПО МЧС России

E-mail: vogmanleo@ja.ru

Хранение, транспортирование и переработка растительного сырья, в том числе производство комбикормов, сопровождаются выделением пыли. Во взвешенном состоянии она способна превращаться во взрывоопасную смесь, которая при определенных условиях может провоцировать взрывы и пожары. В возникновении и развитии взрыва существенную роль играют продукты термической и /или термоокислительной деструкции растительного сырья и компонентов (горючие пары и газы), образующиеся в условиях повышенной влажности, температуры, засоренности, маслянистости и при нарушениях технологического процесса во время работы с продуктами растительного происхождения, в частности с зерном. В статье приводятся данные исследований динамики роста отложений горючей пыли в технологическом оборудовании в условиях действующего предприятия и способы очистки от нее.

Ключевые слова: горючая пыль, пылевые отложения, способы очистки воздуховодов.

Storage, transportation, and processing of vegetable raw materials including the ingredients of the compound feeds are accompanied with the production of dust; the suspensions of the dust in the air are explosive and can provoke accidents with fires and bursts. The induction and development of the bursts often involve the products of thermal and /or thermooxidative destruction of vegetable products (combustible vapors and gases) in conditions of increased temperature, contents of moisture, dirt, and oils; the releasing of these products often results from the non-compliance to the technical protocols during the processing of vegetable products including grains. The intensiveness of the accumulation of combustible dust during the operation of the equipment was studied; the methods for the elimination of the dust are proposed.

Keywords: combustible dust, dusty deposits, methods for cleaning of air ducts.

Технологические процессы на предприятиях по хранению и переработке растительного сырья, в том числе на комбикормовых заводах, сопровождаются образованием пыли органического происхождения. Она оседает на открытых поверхностях конструкций в производственных цехах (участках) и расположенного в них оборудования, а также на внутренних поверхностях вентиляционных воздуховодов, циклонов, силосов и бункеров. При определенных условиях осевшая или оседающая пыль способна переходить во взвешенное состояние, образуя взрывоопасные смеси.

Горение газо-, паро- и пылевоздушных (гибридных) смесей в зависимости от свойств горючей среды и гидродинамики процесса распро-

странения продуктов горения происходит как без повышения давления и образования сжатых газов, так и с ростом давления до значений, превышающих допустимые. При вспышке пылегазовоздушное облако и продукты горения представляют собой обширный перемещающийся источник воспламенения, который, достигнув взрывоопасных по содержанию пыли зон, в том числе технологического оборудования и цехов, приобретает эстафетный характер и вызывает повторные взрывы. При этом свободно расширяющиеся высокотемпературные газы способны переводить во взвешенное состояние отложения пыли с расположенных вблизи строительных конструкций и оборудования, вовлекая во взрыв

новые объемы горючей пыли. К таким последствиям приводят ударные волны, пламя и газообразные продукты взрыва, образующиеся при разрушении какого-либо технологического оборудования, бункера или силоса из-за пылегазового взрыва в них.

В возникновении и развитии взрыва существенную роль играют продукты термической и /или термоокислительной деструкции растительного сырья. Чаще всего деструкция возникает вследствие «дыхания» зерна при длительном его хранении, повышенной влажности, маслянистости, засоренности, а также жизнедеятельности микроорганизмов и насекомых в зерновой массе и продуктах переработки зерна. Это приводит к увеличению температуры, самонагреванию

и самовозгоранию растительного сырья, а далее к пожарам и взрывам.

СВЕДЕНИЯ О ПОЖАРАХ И ВЗРЫВАХ

На предприятиях по хранению и переработке зерна, в том числе по производству комбикормов, за период с 1971 по 1990 г. произошло 195 взрывов, из них 44 взрыва (22,5%) по причине самовозгорания, и 2879 пожаров, значительная часть из которых также связана с самовозгоранием растительного сырья [1].

В качестве примера можно привести взрыв на Нальчикском комбинате хлебопродуктов. За несколько дней до него на Нальчикском маслособойном заводе в результате самовозгорания подсолнечного жмыха произошел пожар, после чего часть остатков жмыха была направлена норией на переработку в комбикормовый цех комбината хлебопродуктов. Тлеющий жмых послужил источником зажигания пылегазовоздушной смеси. Первый взрыв произошел в наддзоторных бункерах комбикормового цеха. Далее взрывная волна через норию вызвала взвихрение пылевых отложений в транспортных галереях, складе сырья силосного типа и в системах вентиляции и аспирации, что привело к взрыву большой разрушительной силы, в результате которого погибли люди.

В последние годы число пожаров и взрывов существенно снизилось [2]. За период с 2005 по 2015 г., по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), на зерноперерабатывающих предприятиях зарегистрировано 17 аварий, в том числе 6 взрывов пылевоздушной и пылегазовоздушной смесей [3]. В итоге пострадали люди: 54 случая травмирования персонала, 4 — летального исхода.

Характерным для отрасли в последние годы является пожар, произошедший в октябре 2013 г. в поселке Атяшево Республики Мордовия. Он возник в зерносушилке комбикормового завода, которая располагалась в одноэтажном здании V степени огнестойкости. Пожар возник в шахте дымоудаления из-за скопления отложений горючей пыли в воздухопроводе, вследствие этого загорелся технологический аппарат зерносушилки. Тушение пожара осуществлялось компактными и распыленными струями воды из пожарного гидранта и емкости, находившейся у места пожара. Последствия пожара: повреждено одно строение на площади 60 м² и испорчено (уничтожено) 60 т комбикормов. Прямой материальный ущерб составил 2,6 млн руб.

Примеры аварий показывают, что зачастую очаги возгорания возникают в системах вентиляции, поэтому их состоянию должно уделяться особое внимание [2].

Цель настоящей работы заключалась в изучении процесса накопления горючей пыли в оборудовании реального объекта, в частности в системах вентиляции, и разработке предложений по определению кратности и способов ее очистки.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ПЫЛИ И ЕЕ УТИЛИЗАЦИЯ

Для изучения процесса накопления отложений горючей пыли в системах вентиляции были проведены исследования на мукомольном предприятии ОАО «МК «Воронежский» [4]. На первом этапе проводился анализ конструктивных особенностей и технологических схем систем вентиляции, аспирации и местных воздухоотсосов; определялись основные конструктивные элементы данных систем, их размеры и характеристики;

выбирались элементы для предстоящего контроля, исходя из конструктивных и технологических особенностей; оценивалась возможность организации доступа к внутренней поверхности воздухопроводов и других элементов для определения динамики роста отложений.

Метод определения динамики роста отложений заключался в первоначальной очистке от отложений горючей пыли выбранного для проведения эксперимента участка и затем в ежемесячном в течение полугода контроле количества отложенной пылью массой методом и устройством, предназначенным для определения толщины слоя отложений, — толщинойномером. Очистка систем вентиляции производилась после полной или частичной разборки звеньев воздухопроводов, местных отсосов, элементов пылеочистительных устройств и вентиляторов.

Наиболее оптимальным методом являлся демонтаж и полная разборка элементов системы вентиляции на участке контроля для проведения очистки с последующей сборкой. Порядок разборки и сборки вентиляционных систем определялся рабочей документацией на оборудование с обязательным контролем целостности поверхностей воздухопроводов, устойчивости крепления всех элементов системы, визуальным осмотром состояния мест соединений и креплений.

Все работы выполнялись только при неработающем вентиляционном оборудовании. Работы по очистке систем вентиляции, расположенных в помещениях категории Б по взрывопожарной опасности [5], проводились только в том случае, если по данным контрольных заводских приборов АСУ концентрация взрывоопасных веществ в воздухопроводах была ниже 20% от значения нижнего концентрационного предела распространения

Результаты исследований

Объект контроля	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	Максимальная толщина слоя отложений, мм					
Отвод воздуховода аспирационной системы ($\alpha=90^\circ$, $D=160$ мм)	0,17	0,18	0,18	0,17	0,19	0,19
Поверхность воздуховода, обращенная к потолку	0,11	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12

ния пламени (НКПР) горючей пыли. В исследованиях использовались современные измерительные приборы и оборудование, прошедшие в установленном порядке государственную поверку и необходимую в процессе эксперимента тарировку, — весы с точностью взвешивания 0,1 г и толщиномер. Также применяли наборы скребков, кистей, щеток.

Было установлено, что места максимальных отложений пыли чаще всего формируются на поверхностях соединений и на отводах трубопроводов вентиляционных систем. Участок очищали до полного удаления слоя отложений. Уборка пыли в легкодоступных местах (пол, стены, поверхности оборудования) осуществлялась, как правило, один раз в смену (8 ч), при этом толщина слоя отложений не превышала 0,5–1 мм. Максимальная толщина отложений в вентиляционных воздухопроводах и в труднодоступных местах (на поверхностях воздухопроводов, обращенных к потолку, на площадках под оборудованием и др.) на мукомольном комбинате «Воронежский» в течение всего периода проведения испытаний не превышала 1 мм. Столь невысокое значение обуславливается применением на объекте современного производственного оборудования, в том числе с развитой системой вентиляции.

В таблице представлены результаты исследований толщины образующегося слоя отложений горючей пыли в размольном отделении мукомольного комбината «Воронежский». Толщина слоя при замерах была приблизительно одинаковая. Это объясняется равномерной загруженностью производственных мощностей.

Установлено, что периодичность очистки вентиляционного оборудования от отложений горючей пыли на предприятиях зависит от динамики роста отложений, в том числе от загруженности производственных мощностей объекта в конкретный промежуток времени. Результаты послужили основой для расчета критических значений условий самовозгорания: толщины слоя отложений, периода индукции, температуры внутри воздуховода. На основе расчетных данных определены критические значения диаметра воздуховода и скорости движения потока. В свою очередь полученные зависимости могут быть использованы в качестве номограмм для прогнозирования условий самовозгорания отложений при определенных температуре, скорости движения потока в воздухопроводах и их диаметре; а также для установления кратности очистки оборудования, вентиляционных систем и аспирационных установок [4]. На примере мукомольного предприятия ОАО «МК «Воронежский» была выполнена оценка пожаро-взрывоопасности местных отсосов объекта [5].

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И ЗАЩИТЫ ВОЗДУХОВОДОВ ОТ ПЫЛИ

Для очистки отложений горючей пыли помимо водоструйного и пароводоструйного способов чаще всего используют механические и физические приемы удаления этих отложений с оборудования и из вентиляционных каналов [6].

Один из новых способов очистки систем вентиляции и вентиляционного оборудования — очистка поверхностей гранулами сухого льда.

Основа данной технологии заключается в воздействии на загрязненную поверхность потоком сжатого воздуха с гранулами сухого льда. Частицы льда, вылетая из форсунки, обладают скоростью до 300 м/с и, соответственно, высокой кинетической энергией. При ударе об очищаемую поверхность сухой лед меняет агрегатное состояние, превращаясь в углекислый газ, минуя жидкую фазу. Резкое снижение температуры слоя загрязнения (до -79°C) вызывает эффект «термического шока», при котором слой становится хрупким и отделяется от поверхности. Последующее распыление гранул полностью удаляет остатки загрязнений. Экспериментально подтверждено, что сам очищаемый объект не охлаждается, механические свойства конструкции не меняются.

Основные преимущества этого способа: бережное очищение без истончения и изменения структуры очищаемой поверхности; отсутствие коррозии; высокий уровень качества очистки (гранулы проникают в углы, щели и другие труднодоступные места); экологичность процесса (гранулы сухого льда полностью испаряются, в окружающую среду не выделяются токсические вещества); вторичные отходы отсутствуют (в отличие от способа применения агрессивных химических средств); быстрая скорость очистки; дезинфекция без химикатов, токсинов или дополнительных агентов за счет экстремально низкой температуры (-79°C); наличие различных насадок, предназначенных для очистки разных конструкций (в том числе внутренней поверхности труб), которые способствуют уменьшению трудоемкости

процесса и увеличению периода эксплуатации вентиляционного оборудования; возможность проведения очистки без разбора оборудования, его охлаждения и сушки.

Внутреннюю поверхность воздуховодов сушильного оборудования можно защитить от налипания твердых частиц с помощью эластичных рукавов, которые устанавливаются в воздуховодах систем вентиляций. Это позволяет исключить оседание опасных отложений внутри воздуховодов; сократить вредные выбросы в атмосферу; упростить процесс их утилизации; увеличить ресурс эксплуатации вентиляционного оборудования. Пожарная безопасность эластичного рукава обеспечивается применением для их производства негорючих термостойких тканых или пленочных материалов. Такие рукава отличаются высоким качеством очистки воздуховодов от горючих отложений.

Продолжение темы обеспечения пожаровзрывобезопасности на предприятиях по хранению и переработке растительного сырья в следующих номерах.

Литература

1. *Вогман, Л. П.* Пожарная безопасность элеваторов / Л. П. Вогман, В. И. Горшков, А. Г. Дегтярев. — М. : Стройиздат, 1993. — 289 с.
2. Статистические данные о пожарах вследствие самовозгорания веществ и материалов / Л. П. Вогман [и др.] // *Хлебопродукты*. — 2014. — № 10. — С. 64–65.
3. *Бритиков, Д. А.* Вопросы контрольно-надзорной деятельности и совершенствования нормативного регулирования в сфере промышленной безопасности взрывопожароопасных объектов по хранению и переработке зерна. Виды и причинно-следственные связи аварий на взрывопожароопасных объ-

ектах хранения и переработки растительного сырья / Д. А. Бритиков // *Хлебопродукты*. — 2016. — № 8. — С. 12–15.

4. *Вогман, Л. П.* Определение условий самовозгорания отложений горючих пылей на оборудовании, в вентиляционных и аспирационных установках зданий и сооружений / Л. П. Вогман, Д. А. Корольченко, А. В. Хрюкин // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2020. — Т. 29. — № 4. — С. 32–41.
5. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : СП 12.13130.2009 : утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 : введ. в действие с 01.05.2009.
6. *Вогман, Л. П.* Оценка пожаровзрывоопасности систем вентиляции и местных отсосов и способы их очистки / Л. П. Вогман, А. В. Хрюкин // *Хлебопродукты*. — 2020. — № 7. — С. 27–35. ■



ИНФОРМАЦИЯ

Председатель Правительства Республики Саха (Якутия) Андрей Тарасенко на одном из выездных совещаний обсудил с руководством министерства сельского хозяйства республики вопрос поддержки сельхозпредприятий. В рамках поездки премьер встретился с работниками предприятий, которые занимаются племенным животноводством, выращиванием картофеля и овощей в Мархе, Жатае и Тулагино. В ГБУ «Сахаагроплем» он ознакомился с работой лаборатории селекционного контроля качества молока и станции искусственного осеменения племенных коров. Здесь также проводят генетическую экспертизу для подтверждения происхождения животных и выявления генетических аномалий — пробы на исследования поступают со всей республики. Оборудование для них было закуплено в рамках государственной программы поддержки сельского хозяйства. Как рассказали сотрудники лаборатории, путем искусственного осеменения они выводят высокопродуктивных племенных животных, тем самым развивают генофонд местных пород коров, а также лошадей и оленей. Затем распространяют их среди товарного поголовья сельскохозяйственных животных.

Как подчеркнул Андрей Тарасенко, по поручению главы Якутии Айсена Николаева разрабатываются новые механизмы поддержки аграриев. Речь идет о возмещении части

затрат на приобретение сельхозтехники, строительство животноводческих ферм, дорог и гидротехнических сооружений до значимых объектов сельскохозяйственного производства. В республике восстанавливают собственное производство комбикормов для местных сельхозпредприятий и подсобных хозяйств.

По материалам ysia.ru/v-yakutii-vedyotsya-rabota
Власти Чукотки до конца года выделяют из окружного бюджета более 85 млн рублей на развитие птицеводства в регионе, особенно в районах, где есть трудности с доставкой свежих яиц, сообщил ТАСС начальник окружного департамента сельского хозяйства и продовольствия Сергей Давидюк. Деньги будут направлены на приобретение и доставку кур-несушек, кормов и витаминных добавок, а также доставку яиц в населенные пункты округа. Давидюк добавил, что осенью в национальном селе Лаврентия откроется новая птицефабрика, которая будет выпускать 700 тыс. яиц в год. Это позволит закрыть потребность жителей удаленного населенного пункта в свежем продукте. Продовольственная корзина на Чукотке — самая дорогая в стране. Большинство продуктов на полуостров завозят из других регионов России, что существенно влияет на их стоимость. В некоторых районах наблюдаются перебои с доставкой свежего яйца.

tass.ru/ekonomika/12119351