

*МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ  
ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ  
УСТРОЙСТВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕВАТОРНО-СКЛАДСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА*

**Е.В. ГОРБУНОВ, Л.В. ПАНОВА, С.Г. АТАМАНОВ**

*ООО «Альянс Экспертов»,  
394000, Российская Федерация, г. Воронеж, Ленинский пр-т, д.139, к.16;  
электронная почта: aexpertvrn@gmail.com*

Хлебопродуктовый комплекс является одной из важнейших отраслей народного хозяйства и как следствие состояние и стабильная работа входящих в него промышленных предприятий имеют стратегическое значение в обеспечении продовольственной безопасности страны. Для решения этих задач создана и функционирует система промышленной безопасности, включающая институт экспертизы промышленной безопасности. При всей сложности и многогранности различных этапов оценки соответствия объектов установленным нормам и требованиям, отдельного внимания заслуживает неразрушающий контроль как объективный элемент доказательной базы, которой руководствуются эксперты при подготовке соответствующих заключений. До настоящего времени конкретике в специфике применения данного вида контроля на предприятиях элеваторно-складского хозяйства уделялось недостаточно внимания.

В статье на основе опыта практической экспертной деятельности рассмотрены виды неразрушающего контроля технических устройств, применяемые при проведении экспертизы промышленной безопасности. Описаны методики выполнения измерений и используемые приборы.

**Ключевые слова:** элеваторно-складское хозяйство, промышленная безопасность, экспертиза, неразрушающий контроль.

К предприятиям элеваторно-складского хозяйства относятся разнообразные виды зернохранилищ: элеваторов, хлебоприемных предприятий, механизированных складов бестарного напольного хранения зерна и механизированных токов. Эти предприятия осуществляют послеуборочную обработку (очистка, сортировка, сушка) и хранение принятого зерна.

Зерновая масса – сложная биологическая система, которая представляет собой биоценоз, то есть совокупность живых организмов (зерно, семена, микроорганизмы, насекомые, клещи) [1]. Физиологические свойства зерновой массы проявляются в виде дыхания, послеуборочного дозревания, прорастания. В хранящихся зернах и семенах происходит диссимиляция органических веществ, и главным образом сахаров. Диссимиляция может происходить

аэробно с участием кислорода воздуха или анаэробно – без его участия. В обоих случаях наряду с выделяющимися химическими веществами происходит высвобождение энергии. Образующееся в зерновой массе тепло в связи с ее плохой теплопроводностью задерживается в межзерновых промежутках, что приводит к образованию очагов тления в толще зерна. Образующиеся в зерновой массе очаги тления приводят к самовозгоранию продукта. Это является первым фактором риска.

Вторым фактором риска при обращении зерновой массы на предприятиях по хранению зерна является образование органической пыли. Это неизбежно при перемещении зерна транспортными механизмами, из-за движения потока продукта по самотечным трубопроводам под действием силы тяжести. Трение зерна о стенки продуктопроводов, воздействие рабочих органов машин и взаимное трение зерен приводят к истиранию оболочек зерна и образованию органической пыли [3].

Именно эти факторы риска дают основания отнести производственные объекты элеваторно-складского хозяйства к опасным производственным объектам хранения и переработки растительного сырья (согласно приложению 1 к Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [4]). Данный факт устанавливает обязательные требования к подобным объектам. В частности, к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте, которые подлежат экспертизе промышленной безопасности согласно действующему законодательству (Статья 13 116-ФЗ).

Экспертиза промышленной безопасности – определение соответствия объектов экспертизы, предъявляемым к ним требованиям промышленной безопасности [4]. Основные требования к взрывопожароопасным производственным объектам хранения и переработки растительного сырья приведены в Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных

объектов хранения и переработки растительного сырья», утвержденных приказом Ростехнадзора от 21.11.2013 № 560 [6].

Технологические операции по приему, подработке, хранению и отгрузке зерновой массы на предприятиях элеваторно-складского хозяйства механизированы и осуществляются при помощи технических устройств. Основным транспортным оборудованием на предприятиях по хранению и переработке зерна в элеваторно-складском комплексе хозяйств являются нории, ленточные и цепные конвейеры. Для очистки зерна от сорных примесей, щуплого и битого зерна используют различные сепараторы. С целью снижения влажности зерна предприятия по приему и хранению зерна оснащают зерносушильными установками. Для предотвращения запыления помещений создают разветвленную аспирационную систему.

Нория представляет собой универсальное транспортное средство непрерывного действия для вертикального транспортирования сыпучих продуктов. Нория состоит из головки, с размещенным в ней приводным барабаном, башмака с установленным внутри натяжным барабаном и норийных труб, внутри которых движется гибкий тяговый орган – бесконечная прорезиненная лента, к которой с помощью специальных штампованных болтов прикрепляются ковши, транспортирующие груз. Для обеспечения стабильной работы нории без проскальзывания норийной ленты на барабанах предусмотрено натяжное устройство (грузовое или винтовое), монтируемое на натяжном барабане в башмаке нории. Норийные трубы являются защитными кожухами для ленты с ковшами и выполнены в виде труб прямоугольного поперечного сечения из листовой стали со сплошными сварными швами и с фланцами для крепления их между собой, с головкой и башмаком. Норийные трубы состоят из секций различного назначения: натяжные (со смотровыми люками для сборки и стяжки ленты), с гладкими участками, с аспирационными и взрыворазрядными отверстиями. Корпуса норий полностью герметизируются при сборке. Для этого на всех соединениях корпусных деталей, а также на соединениях загрузочных и выпускных патрубков норий и на

присоединительных фланцах применяются уплотняющие прокладки или герметик, входящие в комплект поставки.

Стационарные ленточные конвейеры представляют собой транспортные устройства непрерывного действия и предназначены для горизонтального или наклонного перемещения сыпучих продуктов растительного происхождения на взрывопожароопасных производственных объектах хранения и переработки растительного сырья. Каждый конвейер состоит из приводной, натяжной станций и промежуточных секций, выполненных в виде сварных рам с установленными на них роlikоопорами, поддерживающими рабочую и холостую ветви конвейера. Рабочим тяговым органом конвейеров является транспортерная резинотканевая лента с послойным каркасом из комбинированных и синтетических тканей, а также резиновыми обкладками. Роlikоопоры, поддерживающие рабочую ветвь конвейера, расположены под углом  $45^\circ$ . Таким образом, резинотканевая лента образует желоб, в котором размещается транспортируемый продукт. Приводная станция представляет собой раму сварной конструкции из сортового металлопроката. В закрытых подшипниковых опорах закреплен вал приводного барабана, передача крутящего момента на который осуществляется от электрического двигателя при помощи клиноременной передачи или мотор-редуктора. Натяжная станция, выполненная в виде сварной рамы с закрепленным на ней в подшипниковых опорах валом натяжного барабана, предназначена для создания предварительного натяжения транспортирующей ленты с целью обеспечения достаточной силы трения между транспортирующей лентой и наружной поверхностью барабанов конвейера, что позволяет избежать ее проскальзывания. Подшипниковые опоры вала натяжного барабана конвейера могут перемещаться по специальным направляющим с помощью винтового механизма и фиксироваться в выбранном положении.

Сепараторы зерноочистительные предназначены для отделения от зерна примесей, отличающихся от него шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами на предприятиях по хранению и переработке растительного сырья.

В сепараторах Р1-БИС-200, А1-БИС-100 зерновая смесь поступает на сортировочное решето, на котором распределяется равномерно с помощью клапана по всей ширине. Крупные примеси выводятся из сепаратора лотком, а смесь зерна с мелкими примесями проходит через сортировочное решето поступает на подсевное решето. Мелкие примеси проходят через подсевное сито и по днищу кузова направляются в лоток и выводятся из сепаратора. Очищенное на решетках от крупных и мелких примесей зерно поступает в питающую коробку пневмосепарирующего канала и далее на вибрлоток. При проходе воздуха через поток зерна легкие примеси выделяются из зерновой массы и выносятся воздухом через канал в осадочное устройство (горизонтальный циклон). Очищенное зерно из пневмосепарирующего канала через отверстие в полу помещения по самотекам поступает на дальнейшую обработку.

В состав аспирационных сетей, как правило, входят центробежные вентиляторы, циклоны-пылеуловители или рукавные фильтры. Эти устройства соединяют воздуховодами, обеспечивая забор запыленного воздуха с помощью переходных коллекторов или вытяжных зонтов в местах загрузки ленточных конвейеров.

Зерносушильные агрегаты представляют собой комплектные технические устройства, в состав которых помимо надсушильного бункера, сушильной шахты, топочного отделения, входят все те же нории, конвейеры, вентиляторы.

Порядок проведения экспертизы регламентируют федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденные приказом Ростехнадзора от 14.11.2013 № 538 [5]. В них указано:

«При проведении экспертизы устанавливается полнота и достоверность относящихся к объекту экспертизы документов, предоставленных заказчиком, оценивается фактическое состояние технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах.

Для оценки фактического состояния зданий и сооружений проводится их обследование.

Техническое диагностирование, неразрушающий контроль или разрушающий контроль технических устройств проводится для оценки фактического состояния технических устройств в следующих случаях:

- при проведении экспертизы по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем, либо при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет;

- при проведении экспертизы после проведения восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство;

- при обнаружении экспертами в процессе осмотра технического устройства дефектов, вызывающих сомнение в прочности конструкции, или дефектов, причину которых установить затруднительно;

- в иных случаях, определяемых руководителем организации, проводящей экспертизу.».

Для определения текущего технического состояния объекта экспертизы и прогнозирования дальнейшего технического состояния применяется техническое диагностирование, которое производится при помощи визуального и измерительного контроля (далее – ВИК) и неразрушающими методами контроля. ВИК проводится в соответствии с нормативным документом [7].

Выбор методов и объемов неразрушающего контроля осуществляет эксперт в области промышленной безопасности (определение см. ст. 1 [1]), так как на текущий момент отсутствует утвержденная Ростехнадзором методика по выполнению неразрушающего контроля технических устройств при проведении экспертизы промышленной безопасности на взрывопожароопасных объектах хранения и переработки растительного сырья. При определении узлов и агрегатов технических устройств, подлежащих неразрушающему контролю,

эксперт опирается на существующую статистику расследования аварий на объектах хранения и переработки растительного сырья и проводит анализ возможных причин возникновения аварий на каждом конкретном объекте, с которым приходится столкнуться в своей работе.

Для возникновения взрыва внутри технологического оборудования или непосредственно в его рабочей зоне должны сложиться определенные условия. Прежде всего, должна возникнуть необходимая и достаточная для взрыва концентрация органической пыли в воздухе при наличии достаточного количества окислителя, в качестве которого выступает кислород. Дополнительно необходим источник энергии для инициирования первичного взрыва. Природа образования этого источника разнообразна: механическая, электрическая, химическая, тепловая.

Фрикционные искры (механическая энергия) опасны и могут стать причиной взрыва пылевоздушной смеси, так как способны зажечь отложения пыли, а затем и пылевоздушную смесь. Причиной возникновения фрикционных искр могут послужить соударения металлических норийных ковшей со стенками труб, особенно при неисправности тормозного устройства в случае обрыва норийной ленты или трение балансира сепаратора о его корпус при неисправности оборудования. Неисправность подшипников быстровращающихся валов, например, центробежных вентиляторов аспирационных сетей или зерносушилок, может привести к их нагреву, что в условиях наличия отложений органической пыли на корпусах подшипников может привести к ее тлению и последующему воспламенению. Федеральные нормы и правила [6] строго регламентируют предельную температуру нагрева корпусов подшипников во время работы оборудования, которая не должна превышать 60 градусов по шкале Цельсия (см. п. 183 [6]). Для контроля этого критического параметра используются тепловые методы и средства неразрушающего контроля. При контроле применяют термоэлектрический термометр, принцип действия которого основан на использовании термоэлектрического эффекта, возникающего в термопаре. Термопарой или

термоэлементом называют цепь из двух разнородных электрических проводников (термоэлектродов), концы которых соединяют сваркой или пайкой. При наличии разности температур в местах соединения термоэлектродов в цепи генерируется термо-ЭДС. Для регистрации ЭДС применяют стандартные пирометрические вольтметры, показывающие или самопишущие (ГОСТ 9736-91) [8]. Специалисты, выполняющие такие работы, должны быть аттестованы на право выполнения теплового контроля согласно требованиям [9].

Для определения степени износа подшипников технических устройств элеваторно-складского хозяйства применяют вибродиагностический метод неразрушающего контроля. Вибрационный контроль проводится в соответствии с ГОСТ ИСО 10816-1-97 [10]. Измерения проводят в различных точках в двух или трех взаимно перпендикулярных направлениях, что позволяет получить набор значений параметров вибрации. Под уровнем вибрации машины понимают максимальное значение вибрации, измеренной в одной определенной точке или группе точек в выбранных направлениях, при определенных условиях и установившемся режиме работы. Измерения следует проводить на подшипниках, корпусах подшипников или других элементах конструкции, которые в максимальной степени реагируют на динамические силы и характеризуют общее вибрационное состояние машины.

Перечень приборов для вибродиагностики довольно широк. Например, можно использовать анализатор вибрации «ТОПАЗ-В», представляющий собой современный переносной микропроцессорный прибор, который может работать совместно с программным обеспечением «ДИАМАНТ-2» в системе мониторинга технического состояния оборудования и как автономный анализатор вибрации. Использование в комплекте с анализатором вибрации «ТОПАЗ-В» расширительного блока на восемь каналов обеспечивает возможность получения синхронных временных или частотных характеристик разгонов и выбегов агрегатов, а также каскадов спектров одновременно по восьми каналам, а с использованием четырех или шестнадцати канальных



мультиплексоров количество измерительных каналов может быть увеличено до 16. Для диагностики подшипников качения и зубчатых передач в виброанализаторе «ТОПАЗ-В» реализуются такие специальные функции, как спектр огибающей, эксцесс и пик-фактор. Прибор выполнен во взрывозащищенном исполнении с уровнем взрывозащиты «Повышенная надежность». Маркировка взрывозащиты – 2ExnLIICT4X.

При контроле сварных швов станин ленточных и скребковых конвейеров, сепараторов, автомобилеразгрузчиков, металлических шахт зерносушилок используются методы ВИК. Контроль осуществляют аттестованные в соответствии с ПБ 03-440-02 [9] специалисты, руководствующиеся в своей работе РД 03-606-03 [7]. При проведении ВИК используются: лупа, линейка измерительная металлическая, универсальный шаблон сварщика типа УШС, рулетка металлическая, штангенциркуль.

Наряду с ВИК в контроле сварных швов технических устройств применяют ультразвуковой контроль. Контроль выполняет аттестованный в соответствии с ПБ 03-440-02 [9] специалист при помощи ультразвукового дефектоскопа А1214 ЭКСПЕРТ. Работы выполняются по ГОСТ 14782-86 [11]. Результаты контроля специалист неразрушающего контроля оформляет в виде протоколов, которые в дальнейшем используются экспертом в области промышленной безопасности при составлении заключения экспертизы.

Несмотря на многообразие существующих методов неразрушающего контроля далеко не все из существующих методов можно использовать в целях технического диагностирования технологического и транспортного оборудования, применяемого на взрывопожароопасных производственных объектах элеваторно-складского хозяйства при проведении экспертизы промышленной безопасности. Здесь наблюдается определенный нормативно-технический вакуум. Очень не хватает специализированного документа (положения или инструкции), регламентирующего проведение неразрушающего контроля на опасных производственных объектах элеваторно-складского хозяйства. Экспертному сообществу России остается надеяться, что

Федеральной службой по экологическому технологическому и атомному надзору будет подготовлен соответствующий нормативно-технический документ в рамках нормотворческой деятельности на 2016 год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пунков С.П., Стародубцева А.И. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.

2. Вобликов Е.М. Зернохранилища и технологии элеваторной промышленности: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2005. – 208 с.

3. Семенов, Л.И., Теслер Л.А. Взрывобезопасность элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.

4. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» // «Российская газета», № 145, 30.07.1997.

5. Приказ Ростехнадзора от 14.11.2013 № 538 (ред. от 03.07.2015) «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (Зарегистрировано в Минюсте России 26.12.2013 № 30855) // «Российская газета», № 296, 31.12.2013.

6. Приказ Ростехнадзора от 21.11.2013 № 560 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья» (Зарегистрировано в Минюсте России 16.12.2013 № 30606) // «Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», № 2, 13.01.2014.

7. Постановление Госгортехнадзора Российской Федерации от 11.06.2003 № 92 «Об утверждении «Инструкции по визуальному и измерительному контролю» (Зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 20.06.2003 № 4782) // «Российская газета» (специальный выпуск), № 120/1, 21.06.2003.

8. ГОСТ 9736-91. Приборы электрические прямого преобразования для измерения неэлектрических величин. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2007. – 14 с.

9. Постановление Госгортехнадзора Российской Федерации от 23.01.2002 № 3 «Об утверждении Правил аттестации персонала в области неразрушающего контроля» (Зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 17.04.2002 № 3378) // «Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», № 17, 29.04.2002.

10. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2007. – 13 с.

11. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – М.: Стандартинформ, 2005. – 25 с.

#### REFERENCES

1. Punkov S.P., Starodubtsev A.I. Grain warehousing and drying. – 2nd ed. ext. and rev. – М.: Agropromizdat, 1990. – 367 p.

2. Voblikov E.M. Granaries and grain warehousing industry technology: the manual. – SPb.: Publisher «Lan», 2005. – 208 p.

3. Semenov L.I., Tesler L.A. Explosion of elevators, flour mills and feed mills. – М.: Agropromizdat, 1991. – 367 p.

4. Federal Law of 21.07.1997 № 116-FZ (ed. by 07.13.2015) «On industrial safety of hazardous production facilities» // «Russian Newspapers», № 145, 30.07.1997.

5. Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision order of 14.11.2013 № 538 (ed. by 03.07.2015) «Approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety «Rules of examination of industrial safety» (Registered in the Ministry of Justice of Russia 26.12.2013 № 30855) «Russian Newspapers», № 296, 31.12.2013.

6. Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision order of 21.11.2013 № 560 «On approval of Federal norms and rules in the field of

industrial safety «Safety Rules explosive hazardous production facilities of storage and processing of vegetative raw materials» (Registered in the Ministry of Justice of Russia 16.12.2013 № 30606) // «Bulletin of normative acts of federal executive authorities», № 2, 01.13.2014.

7. Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision resolution of 11.06.2003 № 92 «On approval of the «Instructions for visual and measuring control» (Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation of 20.06.2003 № 4782) «Russian Newspapers», № 120/1, 21.06.2003.

8. All-Union State Standard 9736-91. Electrical direct transformation for measuring non-electrical quantities. General technical requirements and test methods. – M.: Standartinform, 2007. – 14 p.

9. Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision resolution of 23.01.2002 № 3 «On approval of Rules of certification of personnel in the field of non-destructive testing» (Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation of 17.04.2002 № 3378) // «Bulletin of normative acts of federal executive bodies», № 17, 29.04.2002.

10. All-Union State Standard ISO 10816-1-97. Vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 1: General requirements. – M.: Standartinform, 2007. – 13 p.

11. All-Union State Standard 14782-86. Non-destructive testing. Welded joints. Ultrasonic methods. – M.: Standartinform, 2005. – 25 p.

*NON-DESTRUCTIVE INSPECTION DURING THE EXAMINATION OF  
INDUSTRIAL SAFETY OF TECHNICAL DEVICES ON WAREHOUSING  
ENTERPRISES*

**E.V. GORBUNOV, L.V. PANOVA, S.G. ATAMANOV**

*LLC «Alliance of Experts»,  
16 office, 139, Leninskiy avenue, Voronezh, Russian Federation, 394000;  
e-mail: aexpertvrn@gmail.com*

Grain industrial complex is one of the most important sectors of the economy. As a consequence its working conditions and stable work are ones of the industries of strategic importance in ensuring food security of the country. There was made a system of industrial safety, including the institute of industrial safety expertise. For all the complexity and diversity of the various phases of conformity assessment of production facilities including

established norms and requirements of special attention there should be non-destructive inspection. It should be as an objective element of evidence, which is guided by experts in preparing the appropriate results. So far, the specific application's details of this type of control in enterprises' warehousing facilities have been inspected in a bad way.

This article is based on the experience of experts' activities. There are considered types of non-destructive inspection of technical devices used in the examination of industrial safety. There are also described the measuring techniques and appliances.

**Key words:** warehousing, industrial safety, expert report, non-destructive inspection.