

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ОБЪЕКТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н. В. Володченкова, О. В. Хиврич

«Национальный университет пищевых технологий», г. Киев, Украина

Современное экономическое состояние Украины позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на постепенное оздоровление различных отраслей промышленности, наблюдается ряд противоречий, которые обуславливают ухудшение показателей общественной безопасности в целом и в частности - производственной среды. Это, в свою очередь, обуславливает рост риска возникновения аварий и аварийных ситуаций на предприятиях агропромышленного комплекса, в том числе и на объектах пищевой промышленности.

Развитие науки и техники в целом повышает безопасность жизнедеятельности человека, но наряду с этим приводит к появлению целого комплекса новых опасностей, существенного увеличения степени риска, травматизма и гибели людей. Основными причинами травматизма или гибели среди производственного персонала и населения, проживающего рядом с промышленными предприятиями, могут быть взрывы и пожары, а их последствия - это разрушение и повреждение зданий и сооружений, техники и оборудования, выход из строя линий связи, энергетических и коммуникационных сооружений.

Особенности функционирования предприятий пищевой промышленности, которые специализируются на работе с зерновыми культурами и продуктами их переработки, свидетельствуют о том, что для них характерны аварийные ситуации и аварии с возникновением взрывов и пожаров. По данным литературных источников, из 1120 взрывов пылевоздушных смесей на производствах 540 произошли при работе с пылью зерна, муки, сахара.

Данные обстоятельства требуют нового подхода к организации и осуществлению мер предупреждения аварий и аварийных ситуаций, которые могут возникать во время функционирования объектов народного хозяйства, в том числе и в различных отраслях агропромышленного комплекса.

Одной из составляющих решения этого проблемного вопроса на предприятиях пищевой промышленности в настоящее время является строительство сооружений, инженерных и технологических сетей, коммуникаций с заданным уровнем безопасности и надежности. Одним из способов минимизации последствий аварий (аварийных ситуаций), повышения безопасности персонала при организации и осуществлении производственного процесса является оценка стойкости элементов предприятий пищевой промышленности к воздействию поражающих факторов воздушной взрывной волны.

Анализ условий и факторов, обуславливающих степень опасности на предприятиях пищевой промышленности, выявил, что наиболее подвержены авариям и аварийным ситуациям с возникновением взрывов и пожаров предприятия, на которых по технологическим регламентам могут образовываться повышенные уровни концентраций пыли (в помещениях или аппаратах, связанных с хранением и подготовкой муки, сахара и сырья), газовоздушных смесей (в пекарных залах, топочных отделениях, котельных), взрывоопасность вследствие использования газа в качестве топлива, аэрозолей, аммиачных компрессоров в холодильных установках, а также сосудов, работающих под давлением, в том числе котлов и теплообменников.

Экспертиза проектной документации по безопасности функционирования таких взрывоопасных объектов выявила типичные ошибки и сложности, связанные с расчетом взрывных процессов, т.е. определение массы выброса опасных веществ, массы веществ, участвующих во взрывах, обоснование критериев разрушения соответствующих объектов и другое.

В настоящее время в Украине не существует единого нормативного документа по определению возможных границ зон разрушений промышленных объектов в случае возникновения взрыва.

Результаты расчетов по методикам, что исследовались, показывают уменьшение различий значений избыточного давления во фронте ударной волны в зависимости от расстояния до центра взрыва. Результаты расчета зон разрушений промышленных объектов по разным методикам превышают значение избыточного давления по сравнению с экспериментальными данными более чем в 3 раза. Модель «тротилового эквивалента», предложенная в большинстве методик, не в полной мере отвечает реальным процессам, происходящим при авариях на объектах промышленного комплекса, связанных с взрывами опасных веществ, для которых характерен дефлаграционный, а не детонационный режим взрывообразования. Методический аппарат не учитывает ряд других важных условий и факторов, а именно: агрегатное состояние опасных веществ, характеристику окружающей среды, положение точки инициирования взрывоопасного облака.

Для исследования процесса воздействия воздушной ударной волны создана экспериментальная установка и соответствующая методика исследования, которые, на наш взгляд, являются надежными и простыми в применении. Установка выполнена в виде физического маятника, на конце коромысла которого закреплен исследуемый образец, сделанный из соответствующего материала и геометрической формы. С помощью установки в широких пределах можно изменять форму, вид исследуемого материала или образца. В зависимости от скорости движения образца и запаса его кинетической энергии можно определять такие показатели, как усилия и удельную работу.

Исследования на предложенной установке проводят в таком порядке: образец устанавливается в торцевой части коромысла физического маятника. На заданном расстоянии от защитного экрана фиксируется в горизонтальном положении генератор волн. После оказания воздействия воздушной ударной волны на опытный образец определяется угол отклонения коромысла физического маятника.

По величине угла отклонения коромысла физического маятника рассчитывается величина энергии, которую получит опытный образец. Энергия определяется выражением:

потенциальную энергию находят из выражения

$$W_p = m \cdot g \cdot L(1 - \cos \alpha) = 2 \cdot m \cdot g \cdot L \cdot \sin^2(\alpha/2); \quad (1)$$

кинетическую энергию находят из выражения

$$W_k = I/2 \cdot J \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)^2. \quad (2)$$

Соответственно, общая энергия равна

$$W_{\text{заг}} = W_p + W_k; \quad (3)$$

а период колебания физического маятника будет иметь вид

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{m}}gd. \quad (4)$$

При импульсной нагрузке для определения энергии удара взрывной воздушной волны и, соответственно, степени разрушения объекта важно определить скорость движения маятника.

Экспериментально найти величину и характер изменения потенциальной энергии не сложно. Для этого при различных условиях исследования надо точно определять максимальное значение угла отклонения маятника. Для определения кинетической энергии надо знать скорость изменения угла при различных условиях проведения экспериментальных исследований.

Разработан и предложен метод моделирования удельной энергии воздушной ударной волны, по результатам чего определяется стойкость элементов конструкций и оборудования предприятий пищевой промышленности и последствия возможных разрушений.

Определены и экспериментально подтверждены зависимости свойств конструкций различных геометрических форм и материалов к действию воздушной ударной волны по фактору поглощения энергии.

Анализ научных исследований процесса воздействия воздушной ударной волны показал, что в настоящее время не существует полноценной теории, которая бы отражала физическую сущность процесса, что значительно усложняет получение качественных математических моделей и дальнейшую оптимизацию рассматриваемого процесса. Результаты представлены в основном в виде эмпирических зависимостей, описывающих процесс для конкретных условий его проведения. Эмпирические зависимости не раскрывают в полном объеме механизм процесса. Нерешенным остается вопрос перемещения конкретного образца в горизонтальном и тангенциальном направлении при взаимодействии с воздушной взрывной волной. Не существует совершенных, простых в применении методик, с помощью которых можно исследовать указанный процесс и математически описать его закономерности. Необходимость таких исследований заключается не только в определении реальных последствий взрывоопасных ситуаций, но и определении конкретных мер по их минимизации. Поэтому были проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые позволили разработать математическую модель. Предложенная модель адекватно описывает процесс перемещения различных образцов материалов при взаимодействии с воздушной взрывной волной.

Для оценки устойчивости элементов объектов пищевой промышленности к воздействию воздушной ударной волны в качестве критерия (обобщенного показателя) были приняты регламентированные параметры технологических процессов соответствующих предприятий по степени пожаро-взрывобезопасности. Предложено проводить оценку пожаро-взрывобезопасности технологического процесса предприятия с помощью следующих вспомогательных показателей:

- величины избыточного давления, создаваемого при сгорании газо-, паро-, пыле-воздушной смеси в производственном помещении;
- размера зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени газа и пара;
- размера зоны распространения облака горючих газов и паров, которое образуется во время аварии;
- величины давления во фронте воздушной ударной волны, создаваемой при сгорании газо-, паро-, пыле-воздушной смеси в открытом пространстве;
- поражающих факторов, возникающих при разрушении технологического оборудования вследствие воздействия на него очага пожара;
- интенсивности испарения горючих веществ и сжиженных газов на открытом пространстве и в производственном помещении.

Выбор параметров для заданного технологического процесса предлагается определять исходя из возможных вариантов аварий и сценариев их развития, а также свойств опасных

веществ. При этом значения допустимых величин должны быть такими, чтобы была исключена возможность травматизма, гибели персонала и максимально минимизированы масштабы и последствия аварии соответствующего технологического процесса.

Корректность определения характеристик работоспособности и возможности использования разработанных алгоритмов в работе существенно влияют на обоснованность рекомендаций, которые будут разрабатываться в дальнейшем.

Исследование алгоритмов проводилось в два этапа:

- на модельных задачах для определения возможностей алгоритма вычисления и оценки эффективности;
- на реальных задачах по оценке устойчивости элементов различных предприятия пищевой промышленности к воздействию воздушной ударной волны.

Исследования на модельных задачах показали устойчивую работу алгоритмов, а также чувствительность выбранных показателей эффективности предложенной методики.

В результате проведенной работы предложены рекомендации по повышению устойчивости промышленных объектов, а именно: разработана и предложена модель по определению траектории движения легко-сбрасываемых конструкций или их частей после отделения от здания в случае взрыва; модель расчета времени срабатывания мембранного защитного устройства с возможностью определения инерционности конструкций и необходимой по размерам и форме мембраны.

Данные результаты могут быть использованы при совершенствовании документов (постановлений, методик, инструкций) по ликвидации аварий и аварийных ситуаций на предприятиях пищевой промышленности, а также предприятий других отраслей народного хозяйства.