МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасности жизнедеятельности»

Рецензент,_____ _____
_____/_____/
«____»_____2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____/А.И. Сидоров/
«____»_____2018 г.

Оценка влияния пылевоздушной смеси муки и сахарной пудры на взрывопожарную опасность производства кондитерских изделий

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ
ЮУрГУ– 20.04.01.2018.582 ПЗ МД

Научный руководитель, доцент
_____/ С.И. Боровик/
«____»_____2018 г.

Автор диссертации
студент группы П–278
_____ / Э.Р. Шаталова /
«____»_____2018 г.

Нормоконтролер, доцент
_____ / Г.А. Полунин /
«____»_____2018 г.

Челябинск 2018

РЕФЕРАТ

Шаталова Э.Р. − Челябинск:
ЮУрГУ, П 267, 2018. − 64 с., 19 ил.,
21 табл., библиогр. список − 50 наим.

В работы проведена оценка взрывопожарной опасности помещения подготовки муки и сахарной пудры на кондитерском производстве.

Изучены свойства муки и сахарной пудры (удельная поверхность, влажность) и их влияние на взрывопожарную опасность материалов.

Исследовано влияние количественного содержания муки и сахарной пудры в воздухе на взрывопожарную опасность пылевоздушной смеси. Для исходных материалов и смесей на их основе определены нижний концентрационный предел распространения пламени и максимальное давление взрыва.

На основании проведенных фактических замеров помещения подготовки муки и сахарной пудры, концентрации пыли в рабочей зоне, объема пылевоздушного облака, образующегося при ведении технологического процесса, проведен расчет категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности.

По результатам исследований разработаны технические мероприятия для снижения взрывопожарной опасности помещения подготовки муки и сахарной пудры.

SYNOPSIS

Shatalova E.R. – Chelyabinsk.
SUSU, P–267, 2018. – 64 p,
19 il, 21 tabl, Bibliografy – 50.

The work carried out an assessment of the explosion hazard of the room of preparation of flour and powdered sugar in the confectionery industry.

The properties of flour and powdered sugar (specific surface area, humidity) and their impact on the explosion hazard of materials are studied.

The influence of the quantitative content of flour and powdered sugar in the air on the explosion hazard of dust-air mixture was investigated. For the initial materials and mixtures on their basis, the lower concentration limit of the flame propagation and the maximum explosion pressure are determined.

On the basis of the actual measurements of the room of preparation of flour and powdered sugar, dust concentration in the working area, the volume of dust cloud formed during the conduct of the process, the calculation of the category of the room for fire and explosion hazard.

According to the results of the research, technical measures have been developed to reduce the explosion hazard of the flour and powdered sugar preparation room.

ОГЛАВЛЕНИЕ

7:16

1 ОЦЕНКА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ 8
1.1 Характеристика взрывоопасных свойств пылей 9
1.2 Характеристика пожаровзрывоопасности кондитерского производства 13
1.2.1 Статистика и причины взрывов 13
1.2.2 Пожаровзрывоопасность кондитерских производств 15
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 22
2.1. Характеристика объекта исследования 22
2.2 Методы исследования мучной и сахарной пыли 23
2.2.1 Метод определения удельной поверхности порошков на приборе ПСХ−10А. 23
2.2.2 Метод определения влажности 25
2.2.3 Метод определения нижнего концентрационного предела распространения пламени и максимального давления взрыва 26
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВООПАСНЫХ СВОЙСТВ ПЫЛИ 32
3.1. Определение удельной поверхности пыли 32
3.2. Определение влажности пыли 32
3.3 Определение максимального давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени сухих чистых продуктов и их смесей 33
3.4 Определение максимального давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени сухих чистых продуктов и их смесей 36
4 КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ПОЖАРНОЙ И ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ 40
4.1 Методика расчета критериев взрывопожарной опасности помещений 41
4.1.1 Методика определения категории Б по пожарной и взрывопожарной опасности 42
4.1.2 Методика определения категории В по пожарной и взрывопожарной опасности 45
4.2 Характеристика помещения подготовки сырья 47
4.3 Расчет категории помещения подготовки муки и сахарной пудры по взрывопожарной и пожарной опасности 50
5 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 54
5.1 Расчет аварийной вентиляции 54
5.2 Преимущества установки датчика измерения концентрации пыли 55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 62

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы:

На промышленных предприятиях, использующих и перерабатывающих горючие вещества и материалы, существует опасность пожара и взрыва. К взрывопожароопасным объектам относятся цеха по приготовлению угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, мукомольные предприятия, кондитерские, лесопильные, деревообрабатывающие производства и др.

В кондитерской промышленности пожароопасным является технологический процесс подготовки сырья, который заключается в просеивании муки и сахарной пудры. При подготовке исходных пылевых материалов в производственных помещениях образуются пылевоздушные смеси муки и сахарной пудры.

На кондитерских предприятиях подготовка сахарной пудры и муки может осуществляться в одном помещении, что повышает взрывопожароопасность технологического процесса подготовки сырья.

В литературных источниках достаточно полно изучены взрывоопасные свойства чистых продуктов − муки и сахарной пудры. Однако для обеспечения взрывопожарной безопасности пищевых производств, в технологических процессах которых используются смеси взрывоопасных пылей, особый интерес представляет теоретическое и практическое изучение свойств пылевоздушных смесей, в частности, муки и сахарной пудры, а также разработка мероприятий по пожарной безопасности.

Цель работы: оценить влияние пылевоздушной смеси муки и сахарной пудры на взрывопожарную опасность производства кондитерских изделий.

Реализация цели требует постановки и решения следующих основных задач исследования:

− проанализировать научно-техническую литературу по вопросам взрывопожарной опасности муки и сахарной пудры;

− изучить технологию подготовки муки и сахарной пудры в кондитерском производстве;

− исследование взрывоопасных свойств чистых продуктов их смесей (ΔP_{max} и НКПР);

− рассчитать критерии пожарной опасности технологического процесса (избыточное давление взрыва) и определить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности участка подготовки сырья;

− разработать мероприятия по обеспечению взрывобезопасности технологического процесса подготовки сырья.

Объектом исследования: являются материалы кондитерского производства (пшеничная мука и сахарная пудра).

Предметом исследования: является влияние содержания мука и сахарной пудры в пылевоздушной смеси на показатели взрывопожароопасности (максимальное давление взрыва и нижний концентрационный предел распространения пламени).

Научная новизна: состоит в установлении влияния состава смеси «мука − сахарная пудра» на показатели взрывопожароопасности (максимальное давление взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени) и разработка мероприятий по снижению взрывопожарной и пожарной помещений подготовки муки и сахарной пудры.

Апробация результатов исследования: результаты работы представлены на IV-ой Всероссийской студенческой конференции (с международным участием), ЮУрГУ г. Челябинск (апрель 2017 г.), VII-ой Всероссийской научно-практическая конференция, ИРНИТУ г. Иркутск (ноябрь 2017 г.), LVII международная научно-практическая конференция, Южно-Уральский ГАУ г. Челябинск (февраль 2018).

Публикации: по материалам диссертации опубликованы три статьи в сборнике: «Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи» материалы IV-ой Всероссийской студенческой конференции (с международным участием), ЮУрГУ г. Челябинск (апрель 2017 г.), с. 198 −200; «Техносферная безопасность в XXI веке» материалы VII-ой Всероссийской научно-практическая конференция, ИРНИТУ г. Иркутск (ноябрь 2017 г.), с. 206−210; «Достижения науки − агропромышленному комплексу» материалы LVII международная научно-практическая конференция, Южно-Уральский ГАУ г. Челябинск (февраль 2018), с. 347−351.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографического списка.

Объем работы: содержит 64 страниц машинописного текста, 21 таблицу, 19 рисунков. Библиографический список включает 50 источника.

1 ОЦЕНКА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Взрывопожароопасное производство – производство, в процессе деятельности которого обращаются(производятся, утилизируются, хранятся и транспортируются) горючие, трудногорючие вещества и материалы, и вещества способные гореть при взаимодействии с кислородом воздуха, с водой и друг с другом, в количествах достаточных для их воспламенения и создания угрозы жизни и здоровью людей, а также несет угрозу экологической безопасности на территории [5].

Оценка взрывопожароопасности на объектах осуществляется по результатам анализа пожароопасных свойств, применяемых веществ и взрывопожароопасности технологических процессов, помещений, зданий. Это необходимо для выявления возможных причин возникновения аварийной ситуации.

Оценка взрывопожароопасности требует четкие критерии ее определения. Существует 2 подхода для оценки взрывопожарной опасности: вероятностный и детерминированный. Вероятностный основан на концепции допустимого риска, предусматривает недопущения воздействия на людей и материальные ценности опасных факторов пожара с вероятностью превышающей нормативную. Детерминированный основан на распределении объектов по степени взрывоопасности на категории и классы с обозначением их конкретных количественных пределов зависимости от параметра, характеризующего возможные последствия пожара и взрыва.

Объекты по взрывопожарной опасности классифицируются с учетом допустимого уровня их пожарной опасности, а расчет показателей и критериев оценки осуществляются с учетом массы горючего вещества или материала находящегося на объекте, взрывопожарный зоны образующиеся при нормальном режиме работы и при аварийной ситуации, а также возможного ущерба для людей и материальных ценностей.

Основой для установления норматива на производствах является определение категории зданий и помещений производственного, не

производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности.

Категории помещений по пожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и взрывоопасных свойств, а также с учетом особенностей технологических процессов.

В соответствии с техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности и правилами противопожарного режима все помещения по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на пять категорий (А, Б, В1-В4, Г, Д) [9,10].

Качественным критерием взрывопожарной опасности помещений (зданий) является наличие в них веществ с определенными показателями взрывопожарной опасности. Количественным критерием определения категории помещения является избыточное давление, которое может развиться при взрывном возгорании максимально возможного скопления (нагрузки) взрывоопасных веществ в помещении.

1.1 Характеристика взрывоопасных свойств пылей

В быту, а особенно при производственной деятельности человек сталкивается с разнообразными видами пыли, многие из которых представляют собой вредные или опасные факторы среды. В производственных условиях пыли образуются при процессе дробления, размоле, просеве, обточке, распиловке, пересыпке и т.д. [26].

Понятие «пыль» характеризует физическое состояние вещества, конкретно его раздробленность на мельчайшие частицы. Таким образом, пыль – это дисперсная система, в которой твердые частицы вещества представляют дисперсную фазу, а воздух – дисперсионную среду. Также пыль можно описать как аэрозоль двухфазной системы, размеры твердых частиц в которой могут иметь размеры до 300 мкм [11].

Согласно классификации, пыли подразделяют на органические, неорганические и смешанные. К органической пыли относят растительную (например, мучную, сахарную, хлопковую или древесную), животную (например, костяную или шерстяную) и искусственную органическую (например, пластмассовую) пыль. Неорганическая пыль подразделяется на минеральную (например, силикатная или кварцевая) и металлическую. Примером смешанной пыли может выступать пыль, которая образуется при шлифовке металла.

Пыли характеризуются формой и размером пылевых частиц, степенью измельчения и удельной поверхностью. Формы и размеры частиц пыли определяются природой вещества, способом его получения, а также переработки. Частицы промышленных пылей имеют различные формы: шарообразные, кубические, дискообразные, цилиндрические и др.

В зависимости от диаметра частиц (d_m), пыли бывают:

– очень крупнодисперсные (d_m > 150 мкм);

– крупнодисперсные (d_m = 40...150 мкм);

– среднедисперсные (d_m = 10...40 мкм);

– мелкодисперсные (d_m = 1...10 мкм);

– очень мелкодисперсные (d_m <1 мкм).

Удельная поверхность − усреднённая характеристика размеров внутренних пор пористого тела или частиц раздробленной фазы дисперсной системы [16,18].

Необходимо отметить, что частицы пыли, которые образуются при размельчении твердого вещества всегда приобретают электрический заряд той или иной величины. Особенно интенсивно накопление электрических зарядов происходит на частицах высокодисперсной пыли. В результате значительной запыленности воздуха может происходить суммация электрических зарядов отдельных пылевых частиц и при достижении определенного потенциала становятся возможными электрические разряды, способные стать причиной взрыва. Наиболее часто подобные взрывы пыли

происходят при наличии открытого огня или же сильно нагретого предмета в чрезмерно запыленной атмосфере, поскольку повышение температуры воздуха приводит к резкому увеличению заряженности пылевых частиц, а следовательно повышается вероятность и сила возможного электрического разряда [11].

Даже без учета возможности накопления электрического заряда важным свойством некоторых пылей является взрывопожароопасность, поскольку, сорбируя кислород воздуха, пылевые частицы, могут легко воспламеняться при наличии источников зажигания. Неоднократно имели место взрывы каменноугольной, мучной, сахарной пыли. Взрываться и воспламеняться при наличии источников зажигания также могут алюминиевая, цинковая, сажевая, крахмальная и некоторые другие виды пыли.

Почти все пыли склонные к возгоранию, могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Взрыв может произойти в случае сочетания следующих условий:

– концентрация пыли в воздухе находится между нижним и верхним концентрационными пределами;

– присутствие источника зажигания в запыленной зоне достаточной мощности и температуры;

– приток кислорода, достаточный для обеспечения процесса горения [23].

Таким образом, важнейшей характеристикой взрывоопасности пыли являются значения нижнего и верхнего концентрационного пределов.

Под нижним концентрационным пределом понимают минимальное содержание пыли в воздухе, достаточное для возникновения взрыва (при наличиии других условий). Под верхним концентрационным пределом понимают максимальное содержание пыли в воздухе, при котором происходит прекращение взрывообразования, даже при наличии всех других необходимых условий [25].

В зависимости от значения нижнего концентрационного предела выделяют четыре класса взрывопожароопасных пылей:

– I класс представлен пылями с нижним концентрационным порогом до 15 г/м^3;

– II класс представлен пылями с нижним концентрационным пределом 16−65 г/м^3;

– III класс представлен наиболее опасными в отношении пожара пылями с температурой воспламенения ниже 250 °С;

– IV класс представлен пылями с температурой самовоспламенения выше 250 °С.

Еще одним важным показателем пожаровзрывоопасности является максимальное давление взрыва. Оно характеризуется наибольшим избыточным давлением, возникающем при сгорании смесей в замкнутом сосуде при начальном давлении 101,3 кПа.

Другим важным показателем, характеризующим взрыв и его возможные последствия, является избыточное давление взрыва. Расчетное давление взрыва используют как один из показателей оценки риска. В частности, в соответствии с НПБ 105-03 «Категорирование производственных помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», превышение расчетного избыточного давления величины в 5 кПа является необходимым и достаточным условием отнесения помещения, где накапливается пыль, к категории взрывопожароопасных помещений.

Еще одним важным показателем пожаровзрывоопасности является максимальное давление взрыва. Оно характеризуется наибольшим избыточным давлением, возникающем при сгорании смесей в замкнутом сосуде при начальном давлении 101,3 кПа [15]. Максимальное давление взрыва – это максимальное значение давления продуктов горения взрывоопасной смеси при зажигании в герметичной камере. Величина максимального давления взрыва зависит от параметров начального состояния горючей смеси – начального давления и температуры. Если объем взрывной камеры превышает 16 л, то для пылей величина максимального давления взрыва слабо зависит от дальнейшего изменения объема помещения.

Типичные значения этого параметра для взвеси пыли в воздухе составляют 0,8–0,9 МПа, для пылей пищевых производств несколько ниже 0,5–0,6 МПа. От величины максимального давления взрыва зависит тяжесть его последствий, так как в случае относительно небольшого давления оно может нейтрализоваться с помощью окон, дверей и специальных легкосбрасываемых конструкций (взрыворазрядных устройств, применяемых для разгерметизации помещения). Однако в случае высоких значений давления взрыва подобной разгерметизации оказывается недостаточно, в результате чего происходит разрушение базовых несущих элементов помещения.

1.2 Характеристика пожаровзрывоопасности кондитерского производства

Во многих технологических процессах, осуществляемых в различных отраслях промышленности, существует опасность пожара и взрыва. К пожаровзрывоопасным объектам относятся цеха по приготовлению угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, мукомольные предприятия, кондитерские, лесопильные и деревообрабатывающие производства и т.д.

В кондитерской промышленности пожароопасным является технологический процесс подготовки сырья, который заключается в просеивании муки и сахарной пудры [1].

1.2.1 Статистика и причины взрывов

Взрывы промышленных пылей представляют большую опасность, так как часто влекут за собой не только большие материальные убытки, но и гибель людей.

Производства, для которых характерно образование больших объемов пыли, согласно общепринятой классификации, то есть цеха по приготовлению и транспортировке угольной пыли, сахарной пудры, древесной муки, мельницы занимают второе место по пожаро- и взрывоопасности (категория Б), уступая по данным показателям только

объектам химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Для данной категории объектов характерно наличие горючих пылей с нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПР) пределом взрываемости 65 г/м^3 и менее.

Согласно статистическим данным, среди пылевых производств наиболее высок риск взрыва на пищевых объектах. В течение года в мире происходит 400–500 взрывов, связанных с пылью, образующейся при переработке и хранении муки и сахарной пудры. В России за последние 20 лет произошло почти 200 подобных взрывов [20].

Так же по статистическим данным, можно сказать, что основными причинами взрывов представленные на рисунке 1 являются:

– нарушения правил эксплуатации или неисправность оборудования (34 %);

– проведение огневых работ с нарушением требований пожарной безопасности (26 %);

– самовозгорание сырья и взрывы продуктов его переработки (22 %);

– нарушение правил эксплуатации зерносушильных установок (12 %);

– нарушение правил пожарной безопасности (6 %), в том числе требований взрывобезопасности при тушении пожаров на опасных производственных объектах [24].

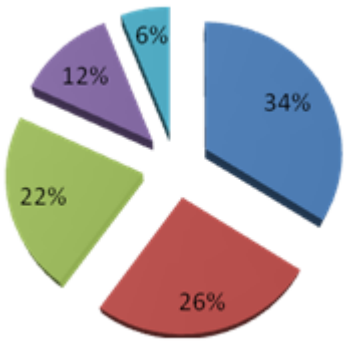

Рисунок 1 – Основные причины взрывов

1.2.2 Пожаровзрывоопасность кондитерских производств

Кондитерская промышленность − отрасль пищевой промышленности, которая производит кондитерские изделия на специализированных фабриках.

Все кондитерские изделия в зависимости от вида сырья и типа технологического процесса бывают: сахаристые и мучные. К сахаристым изделиям относятся какао-порошок, шоколад, конфеты, карамель, мармелад, пастила, ирис, драже, халва и др., к мучным – печенье, галеты, крекеры, вафли, рулеты, торты и пирожные [33].

В зависимости от видов кондитерских изделий, кондитерское производство имеет свои особенности технологических процессов. Все технологические схемы можно свести к 3 этапам: подготовительная, основная и заключительная [29, 43].

Целью подготовительного этапа является бесперебойное обеспечение производства сырьем и другими материалами. Этот этап заключается в приемке сырья, подготовке сырья (при необходимости) к хранению, хранение сырья, подготовка сырья к производству.

Основным этапом производства кондитерских изделий является получение кондитерских масс, формование изделий и обработка их поверхности (если это предусмотрено). Мучные изделия после формования выпекают. Целью этого этапа является получение готовой незавернутой продукции.

На заключительном этапе осуществляется завертывание, фасование, упаковывание, хранение или реализация.

При производстве кондитерских изделий самым пожаровзрывоопасным является подготовительный этап − подготовка сырья к производству. Она заключается в просеивании муки и сахарной пудры [42, 46].

Мука пшеничная − порошкообразный продукт, получаемый путем размола зёрен пшеницы.

При производстве кондитерских изделий используют муку высшего, 1 и 2 сорта.

Муку пшеничную высшего сорта применяют для приготовления пирожных, тортов, вафель и т.д.

Из муки пшеничной 1 сорта готовят пряники, печенье и изделия из дрожжевого теста. А из 2 сорта изготавливают недорогие пряники и печенья [44, 47].

Качество муки характеризуется ее цветом, влажностью, помолом, запахом, вкусом, кислотностью, содержанием белковых веществ, углеводов, жира, ферментов, минеральных веществ, вредных и металлических примесей [39].

Химический состав муки зависит от состава пшеницы, сорта муки и режима помола.

В случае хранения муки в мешках, их перед вскрыванием очищают от пыли снаружи, а потом специальным ножом вспаривают по шву. Муку высыпают в просеиватели. Остатки муки в мешках не используют для изготовления мучных изделий, так как в них в большом количестве содержится мешковина. в процессе просеивания удаляются посторонние примеси, она обогащается кислородом, что улучшает подъем теста [34−36].

Сахарная пудра − сахар, измельченный до порошкообразного состояния. Используется в приготовлении некоторых видов теста и используется для отделки кондитерских изделий [45].

Сахарная пудра характеризуется тремя видами помола, в зависимости от размера получаемых крупинок:

Крупный помол – это еще не пудра, но уже и не сахар. Таким порошком любят укомплектовывать одноразовые стики кофе.

Средний помол – используется для такого вида кондитерских изделий, как мармелад в качестве обсыпки.

Мелкий помол – это всем нам известная сахарная пудра, которая и имеет самый широкий спектр применения.

Просеивание осуществляют в специальных аппаратах, которые называются просеивателями [12, 48].

Для отделения сырья от примеси применяется оборудование, рабочим органом которого является система неподвижных или подвижных сит.

Подвижные сита совершают вибрационные, вращательные или возвратно-поступательные движения. Возвратно поступательные движения сит в наклонной или горизонтальной плоскости осуществляются самобалансным, эксцентриковым или кривошипно-шатунным механизмом.

Сырье во всех просеивателях движется по поверхности сита и мелкие частицы проходя через отверстия сит попадают в отдельную емкость, этот процесс называется проходом. Оставшиеся на поверхности сита крупные частицы попадают в другую емкость и этот процесс называют сходом.

Для просеивания сахарной пудры и муки применяют машины с барабанными и плоскими ситами. Аппараты с плоскими ситами (просеиватели «Тарар», А1-ХКМ) имеют вибрационное или возвратно-поступательное движение сит. Аппараты с барабанными ситами бывают с неподвижными (просеиватели типа «Пионер») или вращающимися (просеиватели типа «Бурат») ситами цилиндрической или призматической формы [17, 31].

У просеивателя типа «Тарар» представленного на рисунке 2 все механизмы смонтированы на станине 1, выполненной из металла или дерева. Корпус 2 установлен на опорах 9 (металлических или деревянных) и в него вставлена рамка 4, на которую натягивается плоская горизонтальная сетка 5. Корпус получает возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости от двух кривошипов 7 через два шатуна 6.

Исходный продукт загружают в отверстие 3 и просеянный продукт удаляют через канал 10.

Сырье просеивается при относительном движении его частиц по поверхности сита. Они скользят по поверхности сита из-за возникновения силы инерции. Производительность просеивателя типа «Тарар» 4 т/ч.

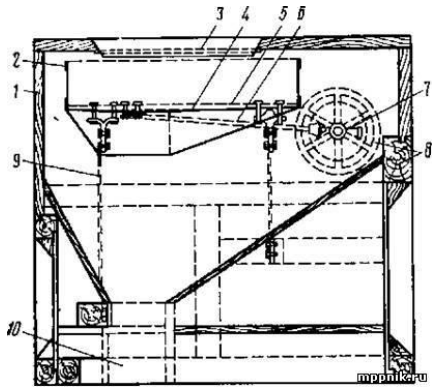

Рисунок 2 − просеиватель «Тарар» с возвратно- поступательным движением сита
1 - станина; 2- ситовой корпус; 3 - загрузочное отверстие; 4 -рамка; 5--сито; 5 -шатун; 7- кривошип; 8 - шкив; 9 - упругая-опора; 10 - канал для отвода просеянного продукта.

Просеиватель А1-ХКМ представленный на рисунке 3 состоит из ситового шкафа, который опирается на упругие опоры вибратора и привода. Ситовый шкаф 1 приводится в движение от электродвигателя 16 через клиноременную передачу. При вращении кривошипного вала 14 шкаф, опирающийся на упругие опоры 8, совершает круговые колебания в горизонтальной плоскости. Кривошипный вал установлен в корпусе 13 на подшипниках. Вал разъемный, состоит из двух частей, скрепленных балансиром 21 (служит для уравновешивания сил инерции ситового шкафа). На верхнем конце вала (кривошипе) на шпонке установлена втулка, на которой закреплен сферический роликовый подшипник. Корпус подшипника прикреплен болтами к днищу шкафа. Балансир закрыт ограждением 12, состоящим из двух половинок и сблокированным с приводом машины конечными выключателями.

В шкафу на направляющих уголках установлены три ситовые рамки 5 с поддонами 3. Ситовая рамка разделена перегородками на восемь секций, в каждой из которых имеется по два резиновых шарика 4 для очистки сит. К шкафу с торцов, с помощью шарнирных замков 6, прикреплены двери 2 и 7 с перепускными каналами и патрубками для выпуска просеянной муки и отходов.

Рама 18 служит опорным устройством машины. Внутри нее размещен электродвигатель 16 и ящик 17 для отходов.

Приемный патрубок 24 прикреплен к бункеру или самотеку и соединен со шкафом тканевым рукавом 22.

Просеянная мука из шкафа через рукав 20 поступает в магнитный аппарат 19 для очистки от ферромагнитных примесей. Аппарат представляет собой прямоугольный корпус, внутри которого на магнитодержателе закреплены два ряда постоянных магнитов. Магнитодержатель с магнитами можно вынимать из корпуса для периодической очистки от ферропримесей.

Патрубок 15, предназначенный для сбора отходов в ящик 17, соединен тканевым рукавом 11 с выпускным патрубком 10 шкафа. Все тканевые рукава крепятся к патрубкам резиновыми кольцами 9 и 23 или шнуром.

Мука из бункера или самотёка через приемный патрубок и рукав поступает в шкаф, где последовательно просеивается на трех ситовых рамках. Затем с поддонов через боковые каналы она попадает на днище шкафа, откуда с помощью гонков через патрубок двери и тканевый рукав подается в магнитный аппарат. Из магнитного аппарата очищенная мука транспортным механизмом (роторным питателем, шнеком) или самотеком направляется потребителю.

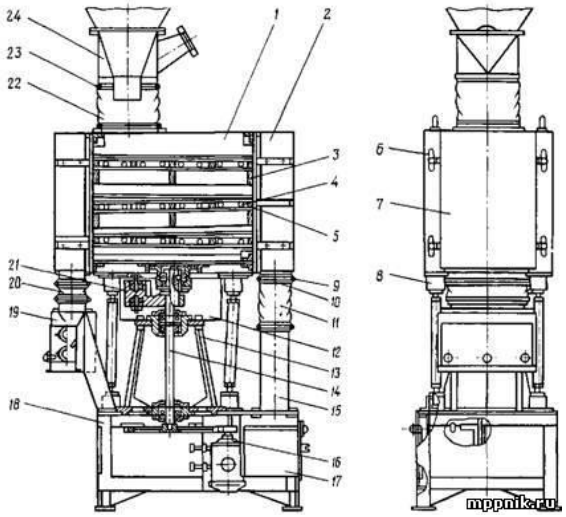

Рисунок 3 − Просеиватель А1-ХКМ с круговым движением сита
1- шкаф; 2, 7 - двери; 3 - поддон.; 4- резиновый шарик; 5 -ситовая рамка; 6 - замок; 8- упругая опора; 9, 23 - резиновые кольца; 10- выпускной патрубок; 11 - рукав для отходов; 12 - ограждение балансира; 13-корпус подшипников; 14 - кривошипный вал; 15 - патрубок для отходов; 16 - электродвигатель; 17 - сборник отходов; 18 - опорная рама; 19- магнитный аппарат; 20 - рукав для просеянной муки; 21 - балансир; 22 - рукав для поступающей муки; 24 - приемный патрубок.

Отходы с ситовых рамок через патрубок поступают в ящик, откуда периодически удаляются вручную.

Приемный патрубок имеет штуцер для подсоединения просеивателя к аспирационной сети предприятия.

Просеиватель А1-ХКМ поставляется с комплектом сит для сортовой муки (стальная сетка номер 1,4) и обойной (сетка номер 1,6). Преимущества машины по сравнению с другими просеивателями: высокая производительность, небольшие габаритные размеры и потребная мощность, удобство в обслуживании, низкий уровень шума и вибрации. Внешний вид машины отвечает современным требованиям промышленной эстетики. Производительность просеивателя А1-ХКМ равна 4 т/ч.

Пирамидальный бурат ПБ-1,5 применяется для просеивания муки, сахара. Бурат ПБ-1,5 представленный на рисунке 4 выполнен в виде ситового пятигранного пирамидального барабана, укрепленного спицами на горизонтальном валу 6, расположенном в подшипниках качения 3.

Грани барабана представляют собой съемные рамки, на которые натянуты плоские сита. Рамки установлены и укреплены на каркасе барабана с помощью болтов с барашками. Вал 6 и отводящий шнек 13 приводятся во вращение от электродвигателя через червячный редуктор, цепные передачи и звездочки 1 и 2.

Просеиваемый продукт поступает через отверстие 4 и коротким шнеком 5 перемещается внутрь барабана, который вращается с частотой 40−60 об/мин. Просеянный продукт, рассекаясь на два потока щитками 11, проходит мимо полюса магнитов 12, которые очищают его от ферропримесей, поступает в отводящий шнек 13 и через выпускное отверстие 14 направляется на производство. Сход (примеси), перемещаясь вдоль барабана, поступает через канал 7 в сборник.

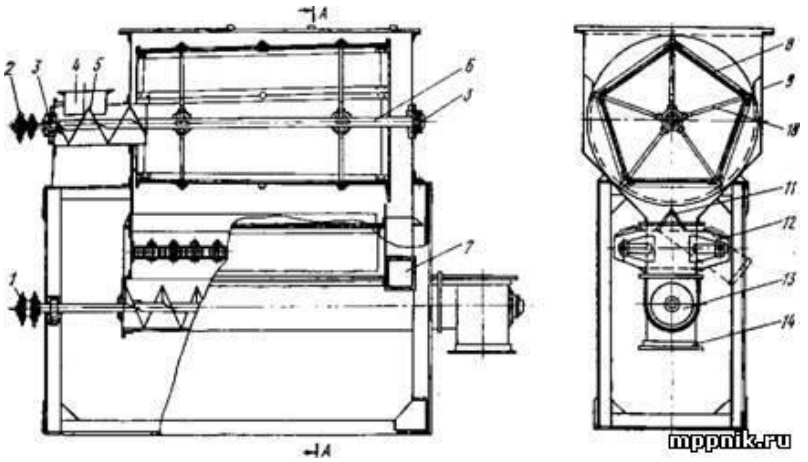

Рисунок 4 − Пирамидальный бурат ПБ-1,5
1,2 - звездочки; 3 - подшипник качения; 4 - входное отверстие; 5 - короткий шнек; 6 - вал; 7 - канал для схода; 8 - барабан; 9- корпус; 10 - спица; 11 - щиток; 12 - магнит; 13 - отводящий шнек; 14 - выпускное отверстие.

Магниты помещены в коробках, которые с помощью шарниров можно поворачивать на 90° для очистки. Магниты очищают не реже одного раза в смену. Барабан и все элементы бурата помещены в металлический корпус 9, производительность бурата 1,5−2,0 т/ч.

Вывод по первой главе

Рассмотрена характеристика пожаровзрывоопасности кондитерского производства, статистика и причины взрывов. Рассмотрены статистические данные по возникновению пылевых взрывов и их причины в кондитерском производстве. Проведен анализ технологического взрывоопасного оборудования, рассмотрена технология подготовки сырья в кондитерском производстве. Изучены взрывоопасные свойства пылей и дана их характеристика.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика объекта исследования

На технологических процессах просеивания, измельчения, истирания, дробления и др. образуются пыли. Это приводит к образование взрывоопасных пылевых смесей. Поэтому оценка взрывопожароопасности является важным в обеспечении пожарной безопасности на производстве, в особенности при категорировании помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

Важными показателями характеризующими взрывопожароопасность на производстве являются НКПР, максимальное давление взрыва.

Объектом исследования является пшеничная мука марки «Макфа» и сахарная пудра марки «Каждый день».

Пшеничная мука это порошок, получаемый из зерен пшеницы. В таблице 1 представлены основные характеристики мучной пыли [4].

Таблица 1 – Основные характеристики мучной пыли

Наименование	Показатель
Влажность, % (масс.).	15
Плотность, кг/м^3	650
Теплота сгорания, кДж/моль	13380
Температура воспламенения, °С	250
Температура самовоспламенение, °С	380
Температура тления, °С	310
НКПР, г/м^3	15–40
Скорость нарастания давления:	
Среднее, МПа/с	8
Максимальное, МПа/с	10,6
Максимальное давление взрыва, кПа	520
Минимальная энергия зажигания:	
при влажности образца 2 %, мДж	6,4
при влажности образца 11 %, мДж	29
ПДКр.з., мг/м^3	6
Дисперсность, мкм	менее 100

Сахарная пудра это измельченный сахар до размера не более 0,2 мм. В таблице 2 представлены основные характеристики мучной пыли [7].

Таблица 2 – Основные характеристики сахарной пыли

Наименование	Показатель
Влажность, % (масс.).	0,2
Плотность, кг/м^3	650
Теплота сгорания, кДж/моль	13,380
Температура воспламенения, °С	250
Температура самовоспламенение, °С	380
Температура тления, °С	310
НКПР, г/м^3	15–40
Скорость нарастания давления:	
Среднее, МПа/с	8
Максимальное, МПа/с	10,6
Максимальное давление взрыва, кПа	520
Минимальная энергия зажигания:	
при влажности образца 2 %, мДж	6,4
при влажности образца 11 %, мДж	29
ПДКр.з., мг/м^3	6
Дисперсность, мкм	менее 100

2.2 Методы исследования мучной и сахарной пыли

Для определения НКПР и максимального давления взрыва использовалась установка по определению взрывопожароопасных показателей муки и сахарной пудры. Удельную поверхность определяли по прибору ПСХ−10А. Влажность пыли определяли методом высушивания.

2.2.1 Метод определения удельной поверхности порошков на приборе ПСХ−10А.

Для определения удельной поверхности материала использовали прибор ПСХ−10А представленный на рисунке 5.

При помощи прибора ПСХ−10А осуществляется контроль качества строительных, металлургических и других порошкообразных материалов, например, минеральных и органических пигментов, гипса, извести,

известняка, а также электродов, лекарственных вспомогательных веществ, катализаторов и т.д.

Рисунок 5 – Измеритель удельной поверхности и среднемассового размера частиц порошков

В приборах дисперсионного анализа серии ПСХ использован общепринятый в мировой практике метод газопроницаемости Козени и Кармана. Газопроницаемость слоя порошка определяют по продолжительности фильтрации через него воздуха при фиксированном начальном и конечном разрежении в рабочем объёме прибора. Для расчета удельной поверхности и среднего размера частиц используют удельный вес – плотность (Ди = 850 г/м^3) материала порошка, массу порошка и высоту его слоя в кювете [30].

В приборе ПСХ−10А измерения и расчеты газопроницаемости, удельной поверхности и среднемассового размера частиц порошков выполняются под управлением процессора, работающего по специально созданной программе. Используются встроенный таймер и высокоточный безинерционный электронный датчик давления. Специальный термодатчик измеряет температуру фильтруемого воздуха, которая автоматически учитывается в расчете его вязкости и, соответственно, в измерениях газопроницаемости и удельной поверхности порошков. Эти устройства значительно сокращают длительность и повышают точность результатов анализа, уменьшают погрешности субъективного характера, обусловленные участием оператора в

выполнении измерений и расчетов. Технические характеристики прибора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики

Диапазон измеряемых величин: удельная поверхность среднемассовый размер частиц порошков	$см^2/г$ мкм	300–60000 0,2–200
Точность измерений	%	±1,5
Повышенная точность измерений в диапазоне:	$см^2/г$	300–1000
Продолжительность измерения, менее	мин	2
Потребляемая мощность (220 В/50 Гц), менее	Вт	0,3
Диапазон рабочих температур	°С	10–35
Относительная влажность, не более	%	80
Габариты по типоразмерам корпуса: 1типоразмер, 2 типоразмер	мм	 300*280*110 170*280*110
Масса прибора с кюветой и пробойником, не более	кг	3

Прибор ПСХ–10А включает:

– кювету с плунжером для размещения в ней исследуемого порошка;

– пробойник для вырезания фильтров-вкладышей.

– соединительный воздушный шланг;

– эталонный порошок для периодического оперативного контроля и поверки прибора.

Кювета оснащена специальной линейкой для измерения высоты слоя порошка. Кювета поставляется в одной из двух модификаций: с измерительной линейкой с нониусом, или с измерительной линейкой с круговой шкалой.

2.2.2 Метод определения влажности

Метод определения влаги основан на вычислении потери массы путем высушивания пыли в сушильном шкафу при 105 °С [6].

Оборудование необходимое для определения влаги: весы с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г и шкаф сушильный с температурой нагрева (110±5) °С.

Пробу пылью массой 5 г высушивают до постоянной массы. Навеску высушивают в сушильном шкафу в течении 1−2 часов, после чего охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Высушивают пробу до тех пор пока разность предыдущих испытаний будет не более 0,0004 г.

Массовую долю влаги, вычисляют по формуле:

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_0}, \qquad (1)$$

где m_1 – масса навески пробы с бюксой до сушки, г;

m_2 – масса навески с бюксой после сушки, г;

m_0 – масса навески пробы пыли, г.

2.2.3 Метод определения нижнего концентрационного предела распространения пламени и максимального давления взрыва

Экспериментальные исследования проводились на установке по определению основных показателей взрывопожароопасности веществ: максимального давления взрыва, нижнего концентрационного предела распространения пламени (ГОСТ 12.1.044-89 (2001)) [2].

С помощью данной установки проводились все заявленные экспериментальные исследования.

Рассмотрим установку в соответствии с новыми требованиями и техническими условиями представленной на рисунке 6.

Реакционный сосуд, имеет форму цилиндра высота которого (450±25) мм, внутренний диметр – (105 ±5) мм. Он сделан из нержавеющей стали и рассчитан на рабочее давление до 1 МПа. Сосуд снабжен штуцерами для подачи газовых компонентов и подсоединения датчика давления. Установка также оснащена реакционным сосудом из стеклянной трубы по ГОСТ 8894 высотой (450±25) мм, внутренним диаметром (10±2) мм и толщиной стенки (7±1) мм.

Рисунок 6 – Общий вид установки согласно ГОСТ 12.1.044-89 (2001)
1 – реакционный сосуд; 2 – датчик давления; 3 – вытяжной шкаф;
4 – электромагнитный клапан; 5 – компрессор; 6 – блок питания;
7 – регулятор мощности; 8 – ПЭВМ

Система газоприготовления и распыления исследуемого вещества, рассчитанная на рабочее давление до 1 МПа, состоит из:

– конусного распылителя с углом раствора (30±5)°, который является верхней крышкой реакционного сосуда и выполнен из нержавеющей стали;

– форкамеры, в которую помещают образец исследуемого вещества;

– обратного клапана и клапана с электроприводом, время открытия электропневмоклапана (0,3±0,1) с;

– ресивера с трубопроводами вместимостью (1,0±0,2) дм^3;

– манометра класса точности 0,25.

Условный диаметр прохода трубопроводов должен быть (10,0±0.5) мм, элементов системы газоприготовления и распыления не менее 10 мм, вентилей не менее 4 мм. Длина трубопроводов между ресивером и распылителем должна составлять (0,9±0,1) м.

Источник зажигания, представляющий собой нагреваемую электрическим током до температуры (1050±50) °С спираль из проволоки марки Х80Н20-Н

(ГОСТ 12766.1) диаметром 0,8 мм. Длина спирали (50±1) мм, внутренний диаметр спирали (8,0±0,5) мм; число витков 30; потребляемая мощность при токе (13,0±0,5) А составляет (475±25) Вт, время выхода на рабочую температуру (8±1) с. Спираль расположена горизонтально на оси цилиндра на расстоянии (150±5) мм от нижнего фланца [2].

На данной установке установлен амперметр и вольтметр представленные на рисунке 7 для контроля процесса нагрева спирали и технического состояния установки.

Рисунок 7 – Источник зажигания и регулятор мощности:
1 – вольтметр; 2 – амперметр; 3 – ЛАТР-1М

Также установка оснащена датчиком давления, электромагнитным и промежуточным реле. Подача пыли в форкамеру осуществляется за счет компрессора представленного на рисунке 8, оснащённого ресивером и контрольно-измерительной аппаратурой (манометрами). Установлен блок питания, ПЭВМ, ЛАТР-1М. На рисунке 9 представлена функциональная схема установки.

Рисунок 8 – Компрессор системы приготовления и распыления материала

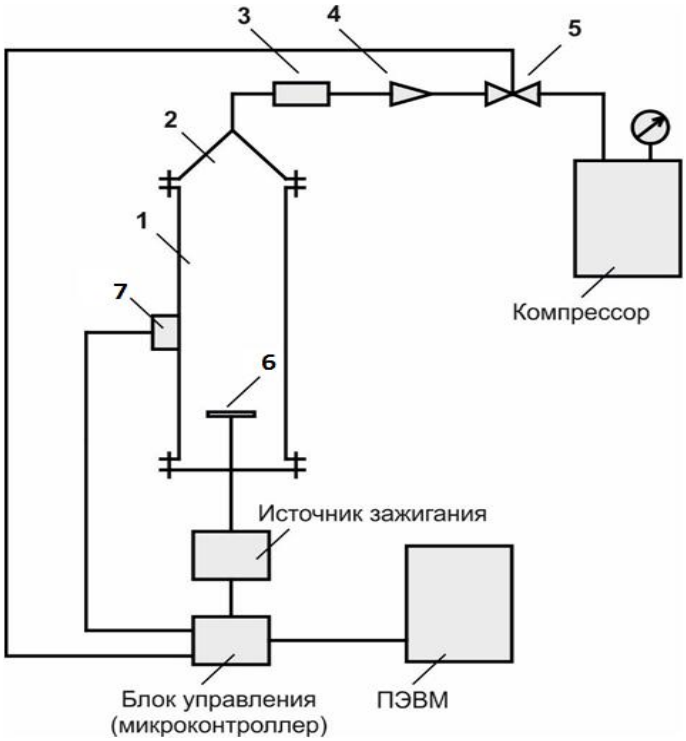

Рисунок 9 – Функциональная схема установки:
1 – реакционный сосуд; 2 – конус распылителя; 3 – форкамера;
4 – обратный клапан; 5 – клапан с электроприводом; 6 – источник зажигания;
7 – датчик давления

Первое испытание необходимо начать с массы, соответствующей двум НКПР (если он известен) или с 500 мг. Поместить навеску исследуемого вещества в форкамеру. Набрать давление в компрессоре до двух атмосфер (для этого отжать красную кнопку вверх и ждать показания на манометре 2–3

атмосферы, после зажать красную кнопку обратно). Выставить в ячейках «Нить накала» начальное значение 0, конечное значение 20, «Электромагнитный клапан» начальное время 20, конечное 20.3, «Запись показаний датчика» начальное время 19, конечное 23. Нажать кнопку «старт». Визуально наблюдать в смотровом отверстии реакционного сосуда за воспламенением. На ПЭВМ дублируется процесс эксперимента.

Для просмотра результатов необходимо нажать кнопку «Результаты последних измерений». На экране появится график кривой с показаниями максимального давления взрыва, и скорости его нарастания, далее нажать кнопку «назад» для возврата на исходную страницу. Наблюдайте по графикам за изменениями кривой, если максимальное давление кривой стало снижаться, то испытания прекращаются. Пример кривой зависимости нарастания максимального давления взрыва от времени представлена на рисунке 10.

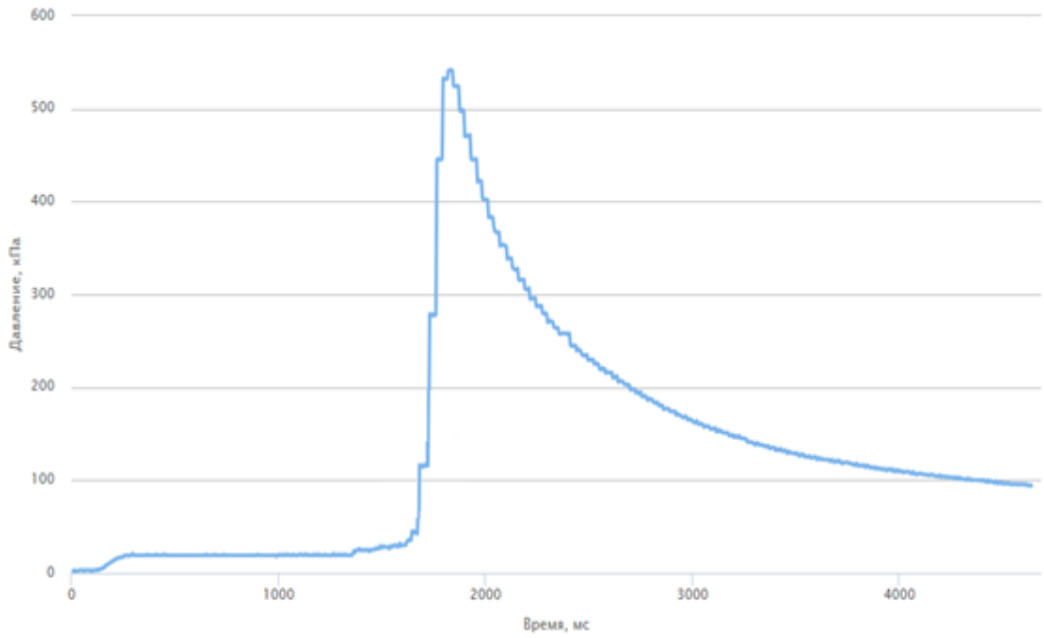

Рисунок 10 – Кривая зависимости нарастания максимального давления взрыва от времени

На установке есть функция запоминания результатов проведенных испытаний. Благодаря этому, мы можем импортировать экспериментальные [3, 13, 14, 19] данные представленные в таблице 5 для автоматического вычисления максимального давления взрыва.

Все расчеты производятся с помощью формул (2–5):

$$P_{макс} = \max\{Yn\}, \tag{2}$$

$$\Delta P_n = \left| \frac{Y_{n+1} - Y_n}{X_{n+1} - X_n} \right|, \tag{3}$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta t}(n) = \max\{\Delta P_n\}, \tag{4}$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \sum \Delta P_n, \tag{5}$$

где n – номер испытания,

X – время, с.

Y – давление, кПа.

Таблица 5 – Экспериментальные данные

n	X,с	Y,кПа
1	X_1	Y_1
…	…	…
10	X_{10}	Y_{10}

Серию испытаний проводят на десяти образцах оптимальной массы и по полученным данным определяют максимальное давление. После окончания испытаний проводят очистку реакционного сосуда.

Далее следует обработать результаты. За величину максимального давления взрыва принимают наибольшее из десяти значений давления взрыва, полученных в серии основных испытаний.

Вывод по второй главе

Рассмотрены основные характеристики муки и сахарной пудры. Рассмотрен принцип работы установок по определению взрывопожароопасных свойств горючих пылей и методики их определения.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВООПАСНЫХ СВОЙСТВ ПЫЛИ

3.1. Определение удельной поверхности пыли

С помощью прибора ПСХ–10А определили удельную поверхность муки и сахарной пудры, результаты представлены в таблице 6 [37].

Таблица 6 – Удельная поверхность муки и сахарной пудры

Материал	Удельная поверхность, $см^2/г$
Пшеничная мука	1800
Сахарная пудра	1300

Получим что удельная поверхность муки больше, чем у сахарной пудры в 4 раза.

3.2. Определение влажности пыли

Муку и сахарную пудру хранили в условиях с различной влажностью (при комнатных условиях и на открытом воздухе) в течение 24 ч. Влажность определяли по количеству потерянной влаги при высушивании пробы пыли до постоянной массы в сушильном шкафу [32]. Результаты подготовки проб материала представлены в таблице 7 [6].

Таблица 7 – Содержание влаги в муке и сахарной пудры

Условия хранения	Влажность, %	
	Пшеничная мука	Сахарная пудра
Требования ГОСТ	15	0,2
При комнатных условиях	11.2	1,2
На открытом воздухе	1	9,6

При оценке влажности было выявлено, что:

1) при хранении сахарной пудры на открытом воздухе в 8 раз превышает содержание влаги при хранении в комнатных условиях. В соответствии с ГОСТ Р 53396-2009 содержании влаги в сахарной пудре не должно превышать 0,2 %;

2) при хранении муки на открытом воздухе на 50 % превышает содержание влаги при хранении в комнатных условиях. В соответствии с ГОСТ 26574-85 содержании влаги в муке не должно превышать 15 %.

3.3 Определение максимального давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени сухих чистых продуктов и их смесей

Для определения максимального давления взрыва чистых продуктов (муки и сахарной мудры) и их смесей использовали установку по ГОСТ 12.1.044-2012, применяемую для оценки взрывопожароопасных свойств пылевых материалов.

Для определения взрывопожароопасных показателей пылевоздушных смесей, состоящих из муки и сахарной пудры, готовили пробы пылевых смесей «сахарная пудра – мука» в соотношениях: 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 и 0:100 и весом 1; 2; 3; 4 и 4,2 грамма. Пробы хранили при комнатной температуре и далее она будет называться сухая проба. Каждую подготовленную навеску помещали в форкамеру. При нагреве источника зажигания навеска под давлением распыляется в реакционном сосуде, и снимаются показатели давления взрыва на регистрирующий прибор. Экспериментальные данные зависимости давления взрыва от концентрации пылевоздушной смеси представлены в таблице 8, а также зависимости изменения давления взрыва пылевоздушной смеси, максимального давления взрыва пылевоздушных смесей и нижнего концентрационного предела распространения пламени представлены на рисунке 11, 12, 13.

Таблица 8 – Зависимость давления взрыва пылевоздушных смесей от соотношения сахарной пудры и муки в смеси

Концентрация, г/м^3	ΔP, кПа				
	Содержание (%) сахарной пудры и муки в пробе				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
250	186	199	203	229	330
500	353	381	396	401	477
750	453	457	507	504	608
1000	555	570	578	651	673
1050	527	555	558	626	623

Из таблицы 8 видно, что максимальное давление взрыва (ΔPmax) достигается при концентрации 1000 г/м^3.

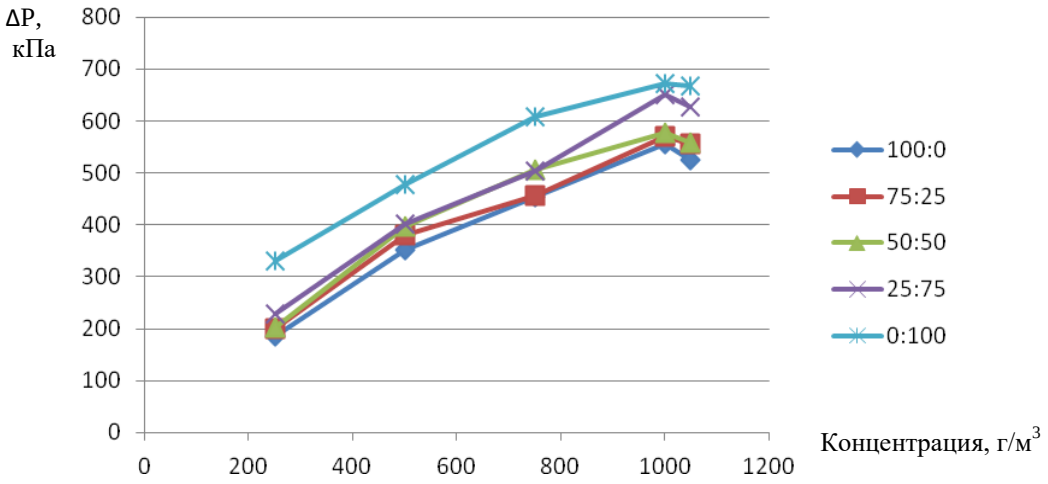

Рисунок 11 – Зависимости давления взрыва от концентрации муки и сахарной пудры в пылевоздушных смесях

Из рисунка 11 следует, что с увеличением концентрации пыли, независимо от соотношения сахарной пудры и муки в смеси давление взрыва увеличивается.

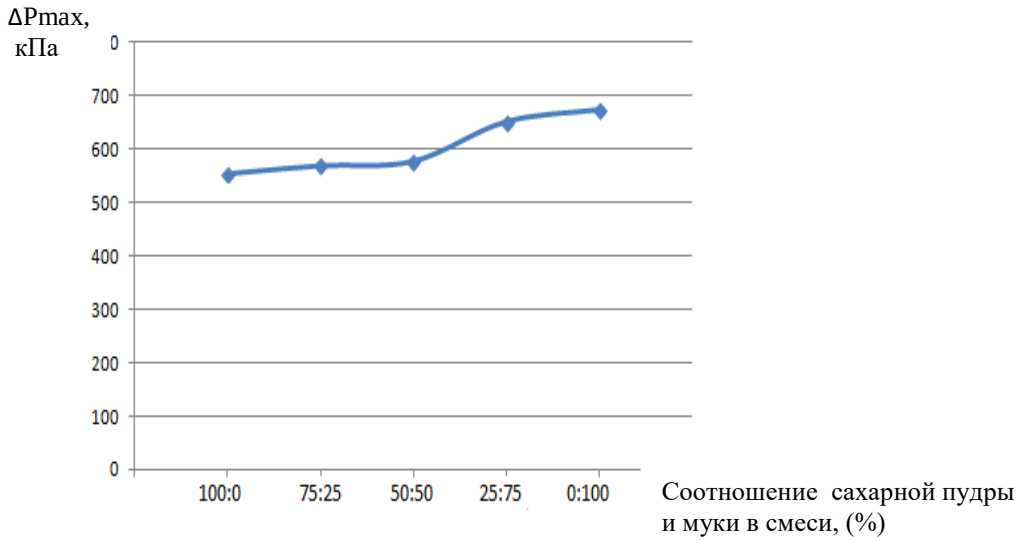

Рисунок 12 – Зависимость максимального давления взрыва от соотношения муки и сахарной пудры в смеси

При снижении содержания сахарной пудры в смеси до соотношения 50:50 динамика роста давления взрыва практически не меняется и максимальное давление взрыва для всех смесей составляет примерно 537–578 кПа. При содержании сахарной пудры в смеси 25:75 максимальное давление взрыва

резко увеличивается и составляет 646 кПа. Кривая зависимости максимального давления взрыва от соотношения муки и сахарной пудры в смеси представлена на рисунке 12.

Экспериментальные данные определения НКПР в зависимости от соотношения сахарной пудры и муки в смеси представлены в таблице 9 и на рисунке 13.

Таблица 9 – Зависимость НКПР от соотношения сахарной пудры и муки в смеси

Показатель	Содержание (%) сахарной пудры и муки в пробе				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
НКПР смеси, г/м^3	44	40	35	28	25

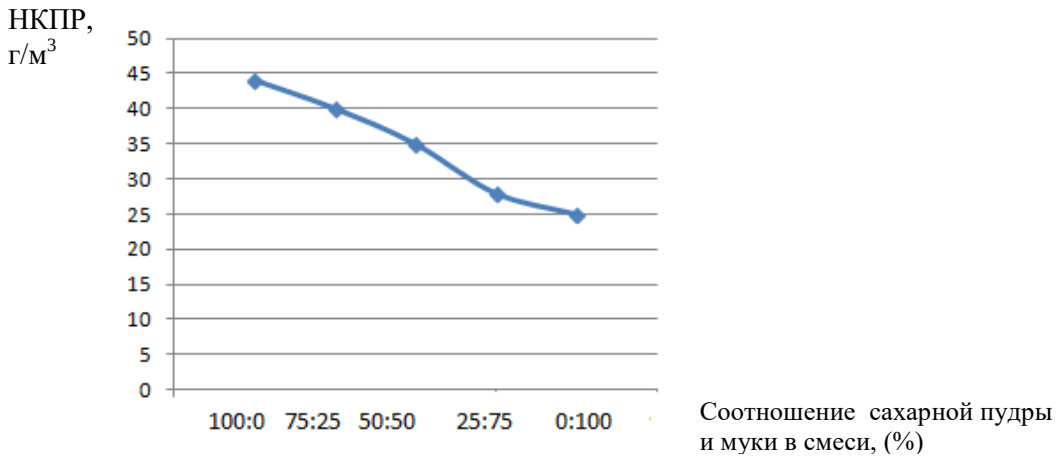

Рисунок 13 – Зависимость НКПР от соотношения сахарной пудры и муки в смеси

Нижний концентрационный предел распространения пламени с увеличением содержания муки в смеси уменьшается. Причем зависимость НКПР от состава смеси практически линейная смотри рисунок 13.

Справочные показатели пожаровзрывоопасности муки и сахарной пудры представлены в таблице 10 [7].

Таблица 10 – Справочные показатели взрывоопасности муки и сахарной пудры

Показатель	Мука	Сахарная пудра
ΔPmax, кПа	520	636
НКПР, г/м^3	42,5	28,8

Так как, в процессе просеивания муки и сахарной пудры в одном помещении, могут образовываться пылевоздушные взрывоопасные смеси разного состава, взрывопожарная опасность которых определяется содержанием компонентов смеси.

Изучение взрывопожароопасных свойств смеси муки и сахарной пудры показало, что максимальное давление взрыва пылевоздушной смеси, содержащей сахарную пудру в смеси в соотношении 100:0; 75:25 и 50:50 практически не изменяется, а при соотношении 25:75 – максимальное давление взрыва увеличивается на 100 кПа. Отмечена линейная зависимость увеличения НКПР с увеличением содержания сахарной пудры в смеси. Следовательно, при содержании муки в смеси с сахарной пылью в соотношении 25:75 повышается взрывопожарная опасность технологического процесса просеивания.

3.4 Определение максимального давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени сухих чистых продуктов и их смесей

Для определения взрывопожароопасных показателей влажных пылевоздушных смесей с влажностью муки (14 %) и сахарной пудры (9,6 %), готовили пробы пылевых смесей «сахарная пудра – мука» в соотношениях: 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 и 0:100 и весом 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 и 4,2 грамма. Пробы хранили на открытом воздухе и далее она будет называться влажная проба. Экспериментальные данные зависимости давления взрыва от концентрации влажной пылевоздушной смеси представлены в таблице 11, а также зависимости изменения давления взрыва пылевоздушной смеси, максимального давления взрыва пылевоздушных смесей и нижнего концентрационного предела распространения пламени представлены на рисунке 14, 15, 16.

Из таблицы 11 видно, что максимальное давление взрыва (ΔPmax) достигается при концентрации 1000 г/м^3.

Таблица 11 – Зависимость давления взрыва влажных пылевоздушных смесей от соотношения сахарной пудры и муки в смеси

Концентрация, г/м^3	ΔP, кПа				
	Содержание (%) сахарной пудры и муки в пробе				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
125	–	–	–	–	–
250	–	–	–	–	–
375	–	–	105	118	125
500	–	109	120	130	142
625	125	139	153	165	178
750	147	170	165	193	207
875	168	185	201	215	231
1000	216	229	245	259	271
1050	197	212	232	212	267

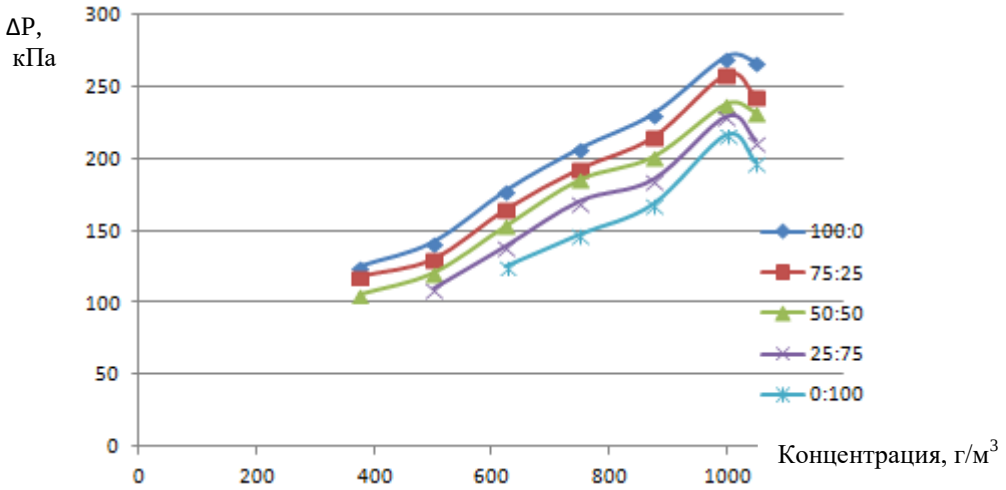

Рисунок 14 – Зависимости давления взрыва от концентрации муки и сахарной пудры в пылевоздушных смесях

Из рисунка 14 следует, что с увеличением концентрации влажной пыли, независимо от соотношения муки и сахарной пудры в смеси давление взрыва увеличивается.

Максимальное давление взрыва влажной пылевоздушной смеси плавно увеличивается с уменьшением содержания муки в смеси, смотри рисунок 15.

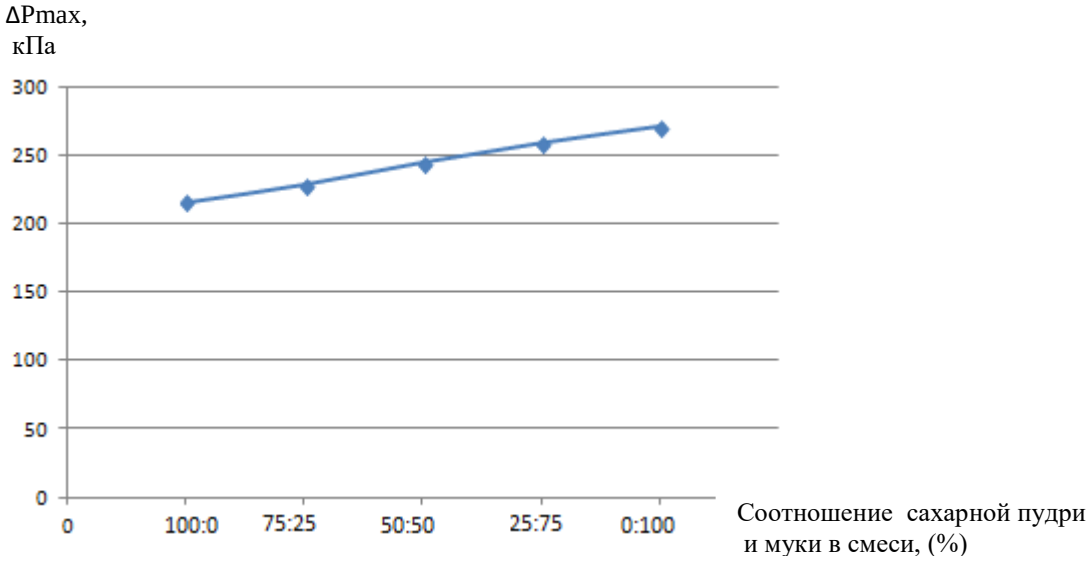

Рисунок 15 – Зависимость максимального давления взрыва от соотношения влажной сахарной пудры и муки в смеси

Экспериментальные данные определения НКПР в зависимости от соотношения муки и сахарной пудры в смеси представлены в таблице 22 и на рисунке 16.

Таблица 12 – Зависимость НКПР от соотношения сахарной пудры и муки в смеси

Показатель	Содержание (%) сахарной пудры и муки в пробе				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
НКПР смеси, г/м^3	33	30	25	18	15

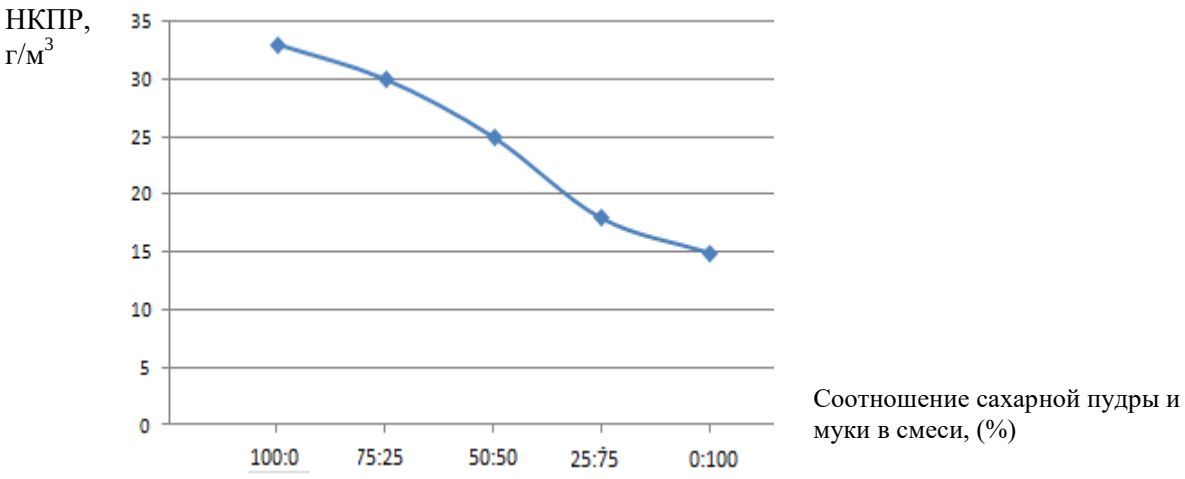

Рисунок 16 – Зависимость НКПР от соотношения сахарной пудры и муки в смеси

Нижний концентрационный предел распространения пламени с увеличением содержания муки в смеси уменьшается, смотри рисунок 16.

Изучение взрывопожароопасных свойств смеси сахарной пудры и муки показало, что максимальное давление взрыва пылевоздушной смеси, содержащей муку в смеси в различных соотношениях изменяется равномерно. Отмечено резкое снижение НКПР с 35 до 18 г/м^3 в соотношениях 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, а затем плавное в соотношении 0:100.

Вывод по третьей главе

В данной главе определены основные взрывопожароопасные показатели муки и сахарной пудры: НКПР, максимальное давление взрыва, удельная поверхность пыли и влажности пыли.

Установлено, что максимальное количество мелкой пыли содержится в муке. При хранении в комнатных условиях влажность сахарной пудры и муки составит 1,2 % и 11,2 %. При условии хранения на открытом воздухе влажность составит 9,6 % и 17 %.

С увеличением концентрации пыли, независимо от влажности и соотношения муки и сахарной пудры в смеси давление взрыва увеличивается до определенного момента, далее – максимальное давление взрыва начинает снижаться. Причем максимальное давление взрыва для сухой пылевоздушной смеси в 2 раза больше влажной. Объясняется это тем, что в процессе нагрева пыли большое количество тепла тратится на испарение влаги.

Нижний концентрационный предел распространения пламени с увеличением содержания сахарной пудры в смеси увеличивается. НКПР влажной пыли на 30 % меньше сухой пыли.

4 КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ПОЖАРНОЙ И ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности представлены в таблице 13 и определяются по методике [8].

Таблица 13 – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывопожаро-опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро-опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1−В4 пожароопасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1, от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

4.1 Методика расчета критериев взрывопожарной опасности помещений

При категорировании помещений по пожарной и взрывопожарной опасности в качестве расчетного варианта следует выбирать самый неблагоприятный вариант аварии или при нормальной работе оборудования, в котором участвует наибольшее количество взрывоопасного вещества.

Если использование расчетных методов невозможно, то допускается определение критериев взрывопожарной опасности на основании результатов соответствующих научно-исследовательских работ, согласованных и утвержденных в установленном порядке.

Количество поступившего в помещение горючего вещества, определяется из следующих предпосылок:

1) происходит расчетная авария одного из аппаратов;

2) все содержимое аппарата поступает в помещение;

3) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потоку в течении времени, необходимого для отключения трубопровода.

Время отключения аппарата определяется в каждом случае исходя из реальной обстановки и должно быть минимальной с учетом паспортных данных, характеристики технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения аппарата представлено в таблице 14.

Таблица 14 – Расчетное время отключения аппарата

Время отключения аппарата	Вероятность отказа системы автоматики
время срабатывания системы автоматики	$<10^{-6}$
120 с	$>10^{-6}$
300 с	ручное отключение

Время отключения аппарата это промежуток времени от начала поступления горючего вещества из аппарата до полного прекращения поступления вещества в помещение.

Количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, определяется из следующих предпосылок:

1) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы;

2) в момент расчетной аварии произошла плановая или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находящейся в аппарате пыли.

Свободный объем помещения это разность между объемом помещения и технологическим оборудованием. Так как свободный объем помещения определить очень трудно, то за свободный объем принимают 80 % объема помещения.

4.1.1 Методика определения категории Б по пожарной и взрывопожарной опасности

Избыточное давление взрыва (ΔP), кПа. определяется по формуле 6.

$$\Delta P = \frac{M \cdot H_T \cdot P_0 \cdot z}{V_{св} \cdot \rho_в \cdot c_р \cdot T_0} \cdot \frac{1}{\kappa_н}, \qquad (6)$$

где M – масса пыли, кг;

H_T – теплота сгорания, Дж/кг;

P_0 – атмосферное давление воздуха, кПа;

z – коэффициент участия пыли во взрыве;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, м^3;

$\rho_в$ – плотность воздуха до взрыва, кг/м^3;

$c_р$ – теплоемкость воздуха, Дж/кг·К;

T_0 – начальная температура воздуха, К;

$к_н$ – коэффициент учитывающий не герметичность помещения.

Коэффициент участия пыли во взрыве рассчитывается по формуле 7.

$$z = 0{,}5 \cdot F\,, \qquad (7)$$

где F – массовая доля частиц пыли меньше критического.

Масса пыли определяется по системе уравнений представленной в формуле 8. Разделим формулу 8 на 2 части, верхнее уравнение будет формулой 8.1, а нижнее 8.2.

$$m = \min\left\{ \begin{matrix} m_{вз} + m_{ав} \\ \dfrac{\rho_{ст} \cdot V_{ав}}{z} \end{matrix} \right\}, \qquad (8)$$

где $m_{вз}$ – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$m_{ав}$ – расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг;

$\rho_{ст}$ – стехиометрическая концентрация, кг/м^3;

$V_{ав}$ – объем пылевоздушного облака, который образуется в результате аварийной ситуации, м^3;

z – коэффициент участия пыли во взрыве.

Масса взвихрившейся пыли рассчитывается по формуле 9.

$$m_{вз} = \kappa_{вз} \cdot m_п\,, \qquad (9)$$

где $\kappa_{вз}$ – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации (при отсутствии данных брать 0,9);

$m_п$ – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии рассчитывается по формуле 10.

$$m_п = \frac{\kappa_Г}{\kappa_у} \cdot (m_1 + m_2)\,, \qquad (10)$$

где $\kappa_г$ – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли (при отсутствии данных брать 0,9);

$\kappa_у$ – коэффициент эффективности пылеуборки;

m_1 – масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

m_2 – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;

Коэффициент эффективности пылеуборки принимается:

- при ручной пылеуборке:
  - сухой – 0,6;
  - влажной – 0,7;
- при механизированной уборке:
  - пол ровный – 0,9;
  - пол выбоинами – 0,7.

Труднодоступные места это поверхности в помещениях, где очистка осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступные места это поверхности, где пыль убирается при текущих пылеуборках.

Масса пыли, поступившая в помещение в результате аварийной ситуации рассчитывается по формуле 11.

$$m_{ав} = \left(m_{ап} + q \cdot T\right) \cdot k_п , \qquad (11)$$

где $m_{ап}$ – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;

q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг·с;

Т – время отключения аппарата, с;

$к_п$ – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение.

Коэффициент пыления принимается:

- для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм – 0,5;
- для пылей с дисперсностью менее 350 мкм – 1.

При использовании вытяжной вентиляции кратность воздухообмена рассчитывается по формуле 12.

$$A = \frac{k-1}{T}, \qquad (12)$$

где T – продолжительность поступления горючего в помещение,·с;

k – безразмерный коэффициент.

Масса пыли при работе вытяжной вентиляции рассчитывается по формуле 13.

$$m_i = \frac{m}{k}, \qquad (13)$$

где m – масса пыли в помещении, кг;

k – безразмерный коэффициент.

4.1.2 Методика определения категории В по пожарной и взрывопожарной опасности

Помещения категории В1–В4 определяются путем сравнения максимального значения удельной пожарной нагрузки на любом участке с удельной пожарной нагрузкой представленной в таблице 15.

Таблица 15 – Удельная пожарная нагрузка для категорий В1−В4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж·м$^{-2}$
В1	Более 2200
В2	1401–2200
В3	181–1400
В4	1–180

Если пожарная нагрузка включает в себя твердые трудногорючие и горючие вещества и легковоспламеняющиеся, трудногорючие и горючие жидкости на пожароопасном участке, тогда пожарная нагрузка Q, МДж, определяется по формуле 14.

$$Q = \sum_{i=1}^{n} G_i Q_{ni}^{p}, \qquad (14)$$

Где G_i – количество i-того материала пожарной нагрузки, кг;

$Q_{нi}^{р}$ – низшая теплота сгорания i-того материала пожарной нагрузки, МДж·кг$^{-1}$.

Удельная пожарная нагрузка g, МДж·м$^{-2}$, определяется по формуле 15.

$$g = \frac{Q}{S}, , \qquad (15)$$

Где S – площадь размещения пожарной нагрузки, м^2 (но не менее 10 м^2).

В помещениях с категорией В1-В4допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в таблице 15. В помещениях категории В4 расстояния между этими участками должны быть более предельных. В таблице 16 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт·м$^{-2}$, для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов. Значения $l_{пр}$, приведенные в таблице 11, рекомендуются при условии, если Н >11 м; если Н < 11 м, то предельное расстояние определяется по формуле 16.

$$l = l_{пр} + (11 - H), \qquad (16)$$

Где $l_{пр}$ – предельное расстояние между пожарными нагрузками, м;

Н – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Таблица 16 – Значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$

$q_{кр}$, кВт·м$^{-2}$	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{пр}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки

Материал	$q_{кр}$, кВт·м$^{-2}$
Древесина (сосна влажностью 12 %)	13,9
Древесно-стружечные плиты (плотностью 417 кг·м$^{-3}$)	8,3
Слоистый пластик	15,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Сено, солома (при минимальной влажности до 8 %)	7,0

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ предельные расстояния принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, расстояние $l_{пр}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки допускается рассчитывать по формулам 17,18:

$$l_{пр} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11 \text{ м} \quad (17)$$

$$l_{пр} \geq 15 \text{ м } H < 11 \text{ м} \quad (18)$$

При определении категории В2 и В3 пожарная нагрузка Q определенная по формуле 11, отвечает неравенству представленной в формуле 19, то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

$$Q \geq 0{,}64 \cdot g_T \cdot H^2, \quad (19)$$

4.2 Характеристика помещения подготовки сырья

В работе проведены расчеты для определения категории помещения подготовки сырья (муки и сахарной пудры) кондитерского производства на ООО «Мирель». Помещение по подготовки сырья имеет следующие размеры:

- длина – 6 м;
- ширина – 6 м;
- высота – 4,5 м;
- свободный объем – 152,35 м^3.

В нем находятся взрывоопасные вещества: мука и сахарная пудра. В помещении подготовки сырья используется 2 просеивателя типа «Бурат ПБ – 1,5» представленные на рисунках 17, 18 периодического действия с единовременной загрузкой материала по 50 кг, технические характеристики представлены в таблице 17. Просеиватели предназначены для отделения сырья от примесей.

При работе просеивателя типа «Бурат», сырье поступает в питательный шнек и далее во вращающийся ситовый барабан, представляющий из себя шестигранную призму, состоящую из съемных рамок с закрепленными на них ситами. Просеянное сырье попадает на рассекатель, ссыпаясь с него, проходит через магнитные пластины магнитного уловителя, на которых задерживаются ферромагнитные примеси. Далее сырье выводится распределительным шнеком из просеивателя. Крупные примеси по течке сбрасываются в сборник отходов [50].

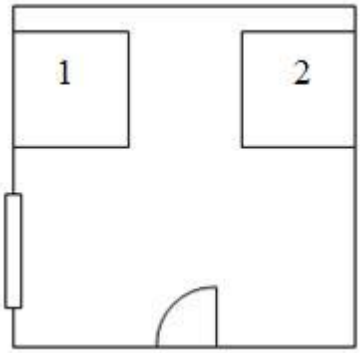

Рисунок 17 – Схема помещения подготовки сырья
1, 2 – просеиватель типа «Бурат».

Рисунок 18 – Просеиватель типа «Бурат»

Таблица 17 – Технические характеристики просеивателя типа «Бурат ПБ – 1,5»

Техническая характеристика	
Производительность, кг/с	0,5
Площадь ситовой поверхности, $м^2$	1,5
Установленная мощность, кВт	1,1
Время отключения аппарата, с	300
Размер просеиваемых частиц материала, мкм	40–80
Габаритные размеры, мм Длина Ширина Высота	 2850 915 1850
Масса нетто, кг	495

Экспериментально установленные данные представлены в таблице 18. На момент проведения замеров помещение было категорировано на категорию В.

Таблица 18 – Экспериментально установленные данные

Измеряемый показатель	Результат
Массы пыли отложившаяся в труднодоступных и доступных местах, кг	1,5
Стехиометрическая концентрация муки, $г/м^3$	0,233
Стехиометрическая концентрация сахарной пудры, $г/м^3$	0,379
Объем пылевоздушного облака, $м^3$	129,6
Температура воздуха в помещении, К	300

По справочным данным установлено, что теплота сгорания муки составляет $1,8 \cdot 10^7$ Дж/кг, а сахарная пудра $1,65 \cdot 10^7$ Дж/кг. Плотность воздуха до взрыва – 1,2 $кг/м^3$. Теплоемкость воздуха – 1010 Дж/кг·К. Стехиометрическая концентрация муки 6 $г/м^3$. Стехиометрическая концентрация сахарной пудры 1,69 $г/м^3$. Коэффициент участия муки и сахарной пудры во взрыве составляет 0,5.

4.3 Расчет категории помещения подготовки муки и сахарной пудры по взрывопожарной и пожарной опасности

На ООО «Мирель» в помещение подготовки сырья происходит рассев муки и сахарной пудры, которые относятся к взрывоопасным веществам. В соответствии с технической документации это помещение относиться к категории В3 по взрывопожарной и пожарной опасности.

Проведем расчет категории В по взрывопожарной и пожарной опасности по формулам 14, 15 и результаты занесем в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет категории В по взрывопожарной и пожарной опасности

№	Наименование материалов	S, $м^2$	m, кг	Q_{Hi}^{p}, МДж/кг	Q, МДж	g, МДж/$м^2$	Категория
1	Полипропилен	6	13	45,67	593,71	186,35	В3
2	ПВХ	6	14	27,6	386,4		
3	Древесина	1	10	13.8	138		

Проведем проверку по формуле 19:

$$1127{,}1 \geq 0{,}64 \cdot 186{,}35 \cdot 4{,}5^2$$

Т.к. 1127,1< 2415,1 неравенство неверно, поэтому помещение относиться к категории В3.

В соответствие с методикой расчета категории помещения Б по взрывопожарной и пожарной опасности масса пыли рассчитывается по системе формул (8): первая формула (8.1) учитывает всю массу пыли вышедшей из аппарата, а вторая (8.2) зависит от концентрации пылевоздушной смеси и объема пылевоздушного облака.

Нами проведены замеры концентрации пылевоздушной смеси и объема пылевоздушного облака при нормальном режиме работы аппарата и проведен расчет категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности.

Рассчитаем массу по формуле 8.2 для:

- муки

$$m = \frac{0{,}233 \cdot 152{,}35}{0{,}5} = 0{,}076_{\text{кг}}$$

- сахарной пудры

$$m = \frac{0{,}379 \cdot 152{,}35 \cdot}{0{,}5} = 0{,}115_{\text{кг}}$$

Избыточное давление взрыва (ΔР), кПа. определяется по формуле 6 для:

- для муки

$$\Delta P = \frac{0{,}076 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{7} \cdot 101 \cdot 0{,}5}{152{,}35 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300} \cdot \frac{1}{3} = 0{,}4 \text{ кПа}$$

- для сахарной пудры

$$\Delta P = \frac{0{,}115 \cdot 1{,}65 \cdot 10^{7} \cdot 101 \cdot 0{,}5}{152{,}35 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300} \cdot \frac{1}{3} = 0{,}57 \text{ кПа}$$

Данный расчет показал, что при расчете категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности учитывая замеры, сделанные при нормальных условиях работы, что помещение не относиться к категории Б.

Но в соответствии с методикой расчета категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности в качестве расчетного варианта необходимо выбирать самый неблагоприятный вариант аварии.

Поэтому, за расчетный вариант аварии принимаем наиболее взрывоопасную ситуацию, сопровождающуюся наибольшим выбросом горючего материала в объем помещения в результате разгерметизации просеивателя. В качестве источника зажигания пылевоздушной смеси может служить разряд статического электричества.

Рассчитаем массу муки и сахарной пудры по формуле 8.1. Для этого найдем массу взвихрившейся пыли ($m_{вз}$) по формулам 9, 10 и массу пыли поступившей в помещение в результате составит 50 кг.

$$m_{п} = \frac{0{,}9}{0{,}7} \cdot 1{,}5 = 1{,}93,$$

$$m_{вз} = 0{,}9 \cdot 1{,}93 = 1{,}737$$

Получим, что масса пыли в помещении составит:

$$m = 50 + 1{,}737 = 51{,}737$$

Определим избыточное давление взрыва (ΔР), кПа по формуле 6 для:

- муки

$$\Delta P = \frac{51{,}737 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{7} \cdot 101 \cdot 0{,}5}{152{,}35 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300} \cdot \frac{1}{3} = 28{,}4 \text{ кПа}$$

- для сахарной пудры

$$\Delta P = \frac{51{,}737 \cdot 1{,}65 \cdot 10^{7} \cdot 101 \cdot 0{,}5}{152{,}35 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300} \cdot \frac{1}{3} = 26{,}05 \text{ кПа}$$

Рассчитаем массу по формуле 8.2 для:

- муки

$$m = \frac{6 \cdot 152{,}35}{0{,}5} = 1824 \text{кг}$$

- сахарной пудры

$$m = \frac{1{,}69 \cdot 152{,}35 \cdot}{0{,}5} = 515{,}7 \text{ кг}$$

Но, т.к. в помещении находиться не более 50 кг, то массу пыли в помещении принимаем равной 50 кг.

Избыточное давление взрыва (ΔР), кПа. определяется по формуле 6 для:

- для муки

$$\Delta P = \frac{50 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{7} \cdot 101 \cdot 0{,}5}{152{,}35 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300} \cdot \frac{1}{3} = 27{,}35 \text{ кПа}$$

- для сахарной пудры

$$\Delta P = \frac{50 \cdot 1{,}65 \cdot 10^{7} \cdot 101 \cdot 0{,}5}{152{,}35 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300} \cdot \frac{1}{3} = 25{,}07 \text{ кПа}$$

Получим, что категория помещения подготовки сырья на ООО «Мирель» сильно занижена, и относиться она к категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности.

Вывод по четвертой главе

На ООО «Мирель» в соответствии с технологической документацией помещение подготовки сырья относиться к категории В3. На основании фактических замеров (концентрации муки и сахарной пуды, объема

пылевоздушного облака) при нормальных условиях работы проведен расчет категории помещения подготовки сырья по взрывопожарной и пожарной опасности. Установлено, что при использовании фактических замеров при нормальном режиме работы помещение относиться к категории В3. В соответствии с методикой расчета категории по взрывопожарной и пожарной опасности при аварийном режиме работы оборудования получено, что помещение относиться к категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности. Следовательно, категория помещения подготовки сырья на ООО «Мирель» занижена и ее необходимо отнести к категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности.

5 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении оценки по пожарной безопасности на кондитерском предприятии ООО «Мирель» в помещении подготовки сырья было рекомендовано помещение оборудовать аварийной вентиляцией и датчиком измерения концентрации пыле в воздухе.

5.1 Расчет аварийной вентиляции

Аварийная вентиляция – регулируемый воздухообмен в помещении, обеспечивающий предотвращение увеличения до опасных значений концентраций горючих веществ при их поступлении в помещение [40].

Помещение подготовки сырья относиться к категории Б, поэтому необходимо предусмотреть аварийную вентиляцию с механическим побуждением, также с вентиляторами во взрывозащитном исполнении.

Аварийная вентиляция рассчитывается на полную смену воздуха в помещении в течении определенного времени. Воздух, удаляемый аварийной системой вентиляции, возмещается за счет наружного воздуха, который проникает через окна и двери [21, 27].

Аварийная вытяжная вентиляция характеризуется кратностью воздухообмена. Кратностью воздухообмена является интенсивность обмена воздуха, которая определяется числом обмена воздуха единицу времени. При необходимой кратности воздухообмена избыточное давление взрыва должно быть меньше 5 кПа по формулам 6, 12, 13 [41].

Рассчитаем массу пыли для:

- муки:

$$M_1 = \frac{5 \cdot 162 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300 \cdot 3}{1{,}8 \cdot 10^7 \cdot 101 \cdot 0{,}5} = 9{,}72 \text{ кг}$$

- сахарной пудры:

$$M_1 = \frac{5 \cdot 162 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot 300 \cdot 3}{1{,}65 \cdot 10^7 \cdot 101 \cdot 0{,}5} = 10{,}7 \text{ кг}$$

Найдем безразмерный коэффициент для расчета кратности воздухообмена для:

- муки:

$$k = \frac{51,7}{9,72} = 5,32 \approx 6$$

- сахарной пудры:

$$k = \frac{51,7}{10,7} = 4,83 \approx 5$$

Рассчитаем кратность воздухообмена по формуле 12 для:

- муки:

$$A = \frac{(6-1)\cdot 3600}{3600} = 5\ \text{с}^{-1}$$

- сахарной пудры:

$$A = \frac{(5-1)\cdot 3600}{3600} = 4\ \text{с}^{-1}$$

Так как в помещении подготовки сырья кондитерского предприятия ООО «Мирель» используется 2 вещества (мука и сахарная пудра), то кратность воздухообмена составит 5 $с^{-1}$.

5.2 Преимущества установки датчика измерения концентрации пыли

В различных технологических процессах требуется мониторинг концентрации пыли в помещении. Датчики применяются для контроля концентрации пыли в воздуховодах, системах вентиляции, рабочих помещениях [22].

Датчики измерения концентрации пыли выбираются по двум параметрам: нижний концентрационный предел распространения пламени и размер частиц пыли. В таблице 19 представлена характеристика муки и сахарной пудры для выбора датчика измерения концентрации.

Таблица 19 – Характеристика муки и сахарной пудры

Характеристики	Пшеничная мука	Сахарная пудра
НКПР, г/$м^3$	42,5	28,8
Размер частиц, мкм	80	50

По представленным данным таблицы 19 был выбран следующий датчик измерения концентрации пыли «ДАСТ» [32].

Датчик измерения концентрации пыли «ДАСТ» предназначен для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц (пыли) различного происхождения и химического состава при контроле превышения предельно-допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и воздухе санитарно-защитной зоны.

Область применения датчика пыли – контроль загрязнения воздушной среды.

Типичными объектами контроля для датчика измерения концентрации пыли «ДАСТ» являются:

- предприятия по производству цемента, ЖБИ, кирпичные заводы;
- предприятия пищевой промышленности;
- предприятия кондитерской промышленности;
- ткацкие производства;
- металлургические и металлообрабатывающие предприятия;
- целлюлозно-бумажные комбинаты;
- нефтехимические производства;
- тепловые электростанции;

Датчик пыли «ДАСТ» измеряет массовую концентрацию фиброгенно-опасной фракции пыли с использованием циклона (размер частиц менее 10 мкм) или общую массовую концентрацию пыли с размером частиц не более 100 мкм.

Принцип действия датчика – радиоизотопный, основан на поглощении пылевым осадком бета-частиц, испускаемых закрытым источником мягкого бета-излучения. Пыль осаждается на фильтр аналитический марки АФА-ДП-3 при однократных измерениях, либо на фильтровальную ленту типа НЭЛ-3-25 при циклических измерениях путем прокачки пробы.

Конструктивно прибор представленный на рисунке 19 состоит из стационарного аналитического блока стоечного или настольного исполнения,

устанавливаемого внутри станции (поста), и блока пробоподготовки, включающего нагреваемый воздуховод, циклон и выносной (за пределы станции) пробоотборный зонд.

Рисунок 19 – Датчик измерения концентрации пыли «ДАСТ»

Преимущества:

- соответствие всем санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к приборам с радиоизотопным принципом измерений;
- непродолжительное время прогрева и выхода на рабочий режим измерений, составляющее не более 10 мин;
- не менее 1000 циклов измерений без смены фильтрующей ленты в режиме многократных измерений;
- внутренняя энергонезависимая память, рассчитанная на запись и хранение 999 результатов измерений;
- собственная система обогрева пробы, исключающая конденсацию влаги в воздухозаборном тракте;
- встроенная система автоматического контроля работоспособности. Информация об отказах выводится на дисплей и записывается в память анализатора;
- передача результатов измерений на персональный компьютер в аналоговой форме или по стандартному цифровому интерфейсу типа RS-232 или RS-485.

Базовая комплектация включает в себя: блок аналитический, зонд пробоотборный, циклон, воздуховод нагреваемый, комплект ЗИП, комплект монтажных частей, руководство по эксплуатации и методика поверки.

Метрологические и технические характеристики представлены в таблицах 20, 21.

Таблица 20 – Метрологические характеристики

Режим	Время отбора пробы, мин	Диапазон измерений, мг/м^3	Пределы допускаемой основной погрешности, %	
			приведенной	относительной
1	50	0–0,01	±20	–
		0,01–0,20	–	±20
2	30	0–0,05	±20	–
		0,05–2,00	–	±20
3	3	0–0,05	±20	–
		0,05–30,00	–	±20

Таблица 21 – Технические характеристики

Технические характеристики:	
Способ отбора проб	встроенный насос
Объемный расход отбираемой пробы воздуха	от 15 до 20 дм^3/мин
Время прогрева анализатора	не более 10 мин
Память результатов измерений	999 записей
Габаритные размеры, (ДхШхВ)	не более 500х360х160 мм
Масса аналитического блока	не более 11 кг
Электропитание	220 В, 50 Гц
Параметры анализируемой пробы:	
– температура	от -35 до +35 °С
– относительная влажность	от 15 до 98 % при +25 °С
Условия эксплуатации:	
– температура окружающей среды	от +5 до +35 °С
– относительная влажность	от 20 до 80 % при +25 °С
– атмосферное давление	от 84,0 до 106,7 кПа

Вывод по пятой главе

При проведении оценки по пожарной безопасности на кондитерском предприятии ООО «Мирель» в помещении подготовки сырья были предложено: установить аварийную вентиляцию с кратностью воздухообмена 5 с$^{-1}$ и датчик измерения концентрации пыли. Датчики

измерения концентрации пыли выбирался по двум параметрам: нижний концентрационный предел распространения пламени и размер частиц пыли. По этим параметрам был выбран датчики измерения концентрации пыли «ДАСТ».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статистика показывает, что в течение года в мире происходит 400–500 взрывов, связанных с пылью, образующейся при переработке и хранении муки и сахарной пудры. Наиболее опасным является процесс подготовки сырья, который заключается в просеивании муки и сахарной пудры на аппаратах просеивателях. На кондитерских предприятиях подготовка муки и сахарной пудры может осуществляться в одном помещении, что повышает взрывопожароопасность технологического процесса подготовки сырья.

При подготовке сырья в производственных помещениях образуются пылевоздушные смеси муки и сахарной пудры, которые характеризуются взрывопожароопасными показателями: максимальное давление взрыва, НКПР и определяются влажностью и удельной поверхностью.

В работе определена удельная поверхность муки (1800 см^2/г) и сахарной пудры (1300 см^2/г). Установлено, что при хранении в комнатных условиях влажность сахарной пудры и муки составляет 1,2 % и 11,2 %, а при хранении на открытом воздухе − 9,6 % и 17 %.

Находясь в дисперсном состоянии, мука и сахарная пудра между собой образуют смеси с различным составом, которые также являются взрывопожароопасными. Установлено, что максимальное давление взрыва чистых продуктов и их смесей для сухой пылевоздушной смеси составляет 527–623 кПа, что в 2 раза больше влажной − 197–267 кПа. Объясняется это тем, что в процессе нагрева пыли, большое количество тепла тратится на испарение влаги.

Нижний концентрационный предел распространения пламени влажных (44–25 г/м^3) чистых продуктов и их смесей на 30 % меньше сухих (33–15 г/м^3).

На основании фактических замеров концентрации пылевоздушной смеси и объема пылевоздушного облака в помещении подготовки сырья ООО «Мирель», произведен расчет категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности при нормальных условиях работы оборудования и при

аварийной ситуации. Установлено, что при нормальных условиях работы оборудования помещение относиться к категории В3, а при аварийной работе оборудования помещения относится к категории Б.

На основании проведенной оценки пожарной безопасности в помещении подготовки сырья ООО «Мирель», предложено установить аварийную вентиляцию. С целью снижения категории помещения с Б на В3 проведен расчет кратности воздухообмена. Установлено, что для обеспечения пожарной безопасности кратность воздухообмена аварийной вентиляции должна составлять 5 $с^{-1}$.

Для осуществления контроля за состоянием пылевоздушной смеси в воздухе рабочей зоны предложено установить датчик измерения концентрации пыли «ДАСТ», который позволяет делать 1000 циклов измерений без смены фильтрующей ленты в режиме многократных измерений, внутренняя энергонезависимая память, рассчитана на запись и хранение 999 результатов измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.041-83. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования. − М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г. − 15с.

2. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. − М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г. − 144 с.

3. ГОСТ 12766.1-90. Проволока из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия. − М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 − 30 с.

4. ГОСТ 26574-85. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. − М.: ИПК Издательство стандартов, 1998 − 12 с.

5. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. − М.: Стандартинформ, 2014 − 125 с.

6. ГОСТ Р 51063-97. Пыль инертная. Методы испытаний. − М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 −46 с.

7. ГОСТ Р 53396-2009. Сахар белый. Технические условия. − М.: Стандартинформ, 2012 г – 26 с.

8. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. − М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. − 44 с.

9. Правило противопожарного режима №390. О противопожарном режиме. − М.: Собрание законодательства РФ, №19, 2012. − 113 с.

10. ФЗ №123. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. − М.: Российская газета, № 163, 2008. − 145 с.

11. Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2005. – 210 с.

12. Григорьев, Ф. Б. Кондитерская промышленность / Ф.Б. Григорьев, Д.И. Фришман. − М.: Справочник кондитера, 2 изд., ч. 1, 1967. − 70 с.

13. Гусаров, В.М. Статистика: учебное пособие / В.М. Гусаров – М.: Юнити, 2003. – 463с.

14. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: учебник / И.И. Елисеева, М.М Юзбашев – М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.

15. Каледина, Н.О. Безопасность жизнедеятельности / Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирин, К.З. Ушаков. – М., Издательство государственного горного университета, 2005. – 429 с.

16. Каузов, П.А. Методы определения физико-химических свойств пылей / П.А. Каузов, А.Д. Мальгин, Г.М. Скрябин. - Л., Издательство Химия, 1982. – 256 с.

17. Кисимов, Б.М. Механическое оборудование предприятий общественного питания/ Б.М. Кисимов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ.2003. - 60 с.

18. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли / А.Я. Корольченко. – М.; Изд-во Химия, 1986 – 216 с.

19. Кремлев, А.Г. Математика. Раздел «статистика»: учебное пособие / А.Г. Кремлев. – Екатиринбург: Изд-во УрГЮА, 2001. – 140 с.

20. Кузнецова, Л.С. Технология и организация производства кондитерских изделий / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. − М.: Изд-во Академия, 2006. − 480 с.

21. Левадный, В.С. Вентиляция и кондиционирование / В.С. Левадный, В.С. Самойлова. – М.: Аделант, 2009. – 240 с.

22. Мамаева, Н.Ю. Оценка запыленности воздуха / Н.Ю. Мамаева. − СПб.: РНБ, 2007. – 13 с.

23. Новгородский, Е.Е. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. / Е.Е. Новгородский, Т.А. Скорик, В.А. Шилов. – М.: АСВ, 2007. – 632 с.

24. Самойлов, Д.Б. Справочник инженера пожарной охраны / Д.Б. Самойлов. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. − 864 с.

25. Семенов, Н.Н. Тепловая теория горения и взрывов / Н.Н. Семенов. – М.: Наука, 1981. – 33 с.

26. Сечин, А.И. Безопасность систем перерабатывающих пылеобразующие материалы / А.И. Сечин. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 143 с.

27. Штокман, Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман. – М.:ASB, 2001 г – 564 с.

28. Econbooks. Оценка пожаровзрывоопасности промышленных объектов. - http://econbooks.ru/books/view/78

29. Fumigaciya. Статистика пылевых взрывов. - http://www.fumigaciya.ru/

30. Laborkomplekt. Прибор ПСХ-10. - http://www.laborkomplekt.ru/

31. Mppnik. Оборудование для просеивания муки и сахарной пудры. - http://mppnik.ru/publ/539-oborudovanie-dlya-proseivaniya-syrya-muki-sahara-i-tp-ot-primesey.html

32. Nfrost. Лабораторный сушильный шкаф. - https://Nfrost.ru/sushilnye-mashiny/vybor-sushilnyx-mashin

33. Sinref. Мучные кондитерские изделия. - http://sinref.ru/000_uchebniki

34. Studbooks. Характеристика процесса подготовки сырья. - http://studbooks.net/1925509

35. Studopedia. Подготовка сырья к производству. - https://studopedia.ru/1521

36. Studwood. Подготовка сахарной пудры. - https://studwood.ru/1757052/

37. Susu. Определение удельной поверхности. - https://www.susu.ru/ru/niu/pnr_2

38 Technicalsystems. Стационарный датчик измерения концентрации пыли Даст. - http://www.technicalsystems.ru/Analizator-pyli/

39. Trablin. Зерно и мука. - https://trablin.livejournal.com/357125.html

40. Vent. Аварийная вентиляция. - http://vent.ru/avariinaia-ventiliatsiia.html

41. Ventinginfo. Кратность воздухообмена. - https://ventinginfo.ru/ kratnost-vozduhoobmena

42. Wikipedia. Кондитерские изделия. - https://ru.wikipedia.org/wiki

43. Wikipedia. Мучные изделия. - https://ru.wikipedia.org/wiki

44. Wikipedia. Пшеничная мука. - https://ru.wikipedia.org/wiki

45. Wikipedia. Сахарная пудра. - https://ru.wikipedia.org/wiki

46. Xcook. Кондитерские изделия. - http://xcook.info/konditerskie-izdelija-sladosti

47. Xcook. Мука пшеничная. - http://xcook.info/product/muka-pshenichnaja.html

48. Xcook. Сахарная пудра. - http://xcook.info/product/saharnaya-pudra.html

49. Zernokorm. Просеиватели. - https://zernokorm.biz/proseivateli-muki-dlya-predpriyatij

50. Zernokorm. Просеиватель «Бурат». - https://zernokorm.biz/proseivatel burat