

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,
доцент кафедры СПТС, к.т.н.
_____ Н.В. Кочарин
_____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
Г.А. Пикус
_____ 6. 2018 г.

Технология устройства конструкций, легкоубрасываемых при взрыве в
помещениях зданий

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР**

Руководитель работы,
проф. кафедры СПТС, д.т.н.
А.Х. Байбурина
_____ 2018 г.

Автор работы
студент группы АС-279
В.Д. Новикова
_____ 2018 г.

Нормоконтролер,
проф. кафедры СПТС, д.т.н.
А.Х. Байбурина
_____ 2018 г.

Антиплагиат, 78%
проф. кафедры СПТС, д.т.н.
А.Х. Байбурина
_____ 26 2018 г.

РЕФЕРАТ

Новикова В.Д. Технология устройства конструкций, легкоубрасываемых при взрыве в помещениях зданий – Челябинск: ЮУрГУ, АС-279, 2018. – 120 с., 27 ил., 21 табл., библиогр. Список – 29 наим.

Легкоубрасываемые конструкции, быстроубрасываемые конструкции, несанкционированный взрыв, легкоубрасываемая стеновая панель, конструкция для опускания стеновой панели.

Объектом исследования являются конструкции, легкоубрасываемые при взрыве в помещениях зданий.

Цель работы – изобретение новой легкоубрасываемой конструкции, описание методики ее расчета и технологии ее устройства.

Для достижения цели НИР решены следующие задачи:

- исследованы понятие легкоубрасываемых конструкций, необходимость их применения, нормативная литература, объемно-планировочные и конструктивные решения для взрывоопасных помещений, виды легкоубрасываемых конструкций;
- проведен патентный поиск;
- выполнен морфологический анализ, составлен морфологический ящик;
- разрешены технические противоречия с помощью 40 основных приемов воздействия на техническую систему;
- составлена заявка на патент на новую легкоубрасываемую конструкцию;
- приведены методики расчета площади легкоубрасываемых конструкций: зарубежные и отечественная;
- составлена технология устройства новой легкоубрасываемой конструкции;
- посчитан годовой экономический эффект.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР 5

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	9
1. Обзор состояния вопроса	11
1.1. Понятие легкосбрасываемых конструкций.....	11
1.2. Необходимость применения легкосбрасываемых конструкций.....	13
1.3. Нормативные документы для расчета легкосбрасываемых конструкций.....	15
1.4. Объемно-планировочные и конструктивные решения взрывоопасных помещений	16
1.5. Виды легкосбрасываемых конструкций	19
1.5.1. Особенности использования стёкол в качестве легкосбрасываемых конструкций.....	19
1.5.2. Использование элементов стен в качестве легкосбрасываемых конструкций.....	22
1.5.3. Использование легкосбрасываемых покрытий в качестве легкосбрасываемых конструкций.....	23
1.5.4. Использование элементов светоаэрационных и аэрационных фонарей в качестве легкосбрасываемых конструкций	26
1.6. Патентный поиск	28
1.6.1. Патент 2611651 Панель противовзрывная Кочетова	28
1.6.2. Патент 2622268 Противовзрывная панель Кочетова с индикатором безопасности	30
1.6.3. Патент 119780 Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений	32
1.6.4. Патент 164517 Легкосбрасываемая конструкция на базе блока оконного из алюминиевого сплава	36
1.6.5. Патент 2459912 Предохранительная разрушающаяся конструкция ограждения зданий	38
1.6.6. Патент 2609486 Предохранительная конструкция Кочетова для ограждения зданий на случай возникновения чрезвычайной ситуации .	40

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					7

1.6.7. Патент 2625139 Взрывозащитная панель.....	43
1.6.8. Патент 2597648 Противовзрывная панель Кочетова.....	45
1.6.9. Патент 2520662 Способ взрывозащиты производственных зданий.....	49
2. Проведение исследования.....	51
2.1. Морфологический анализ	51
2.2. Разрешение технических противоречий при помощи 40 типовых приемов Г.С. Альтшуллера.....	55
2.2.1. Технические противоречия	55
2.2.2. Применение приемов устранения технических противоречий.....	56
3. Заявка на патент Легкосбрасываемая конструкция стеновой панели для взрывозащиты производственных зданий	63
4. Методика расчета площади легкосбрасываемых конструкций	75
4.1. Зарубежные методики	75
4.2. Отечественные методики	78
5. Технология производства работ	87
5.1. Монтаж конструкции для опускания стеновых панелей	87
5.2. Монтаж стеновой панели	100
6. Экономическая эффективность	110
6.1. Краткая техническая характеристика сравниваемых вариантов	110
6.2. Исходные данные для расчета	110
6.3. Расчет годового экономического эффекта	111
Заключение	113
Библиографический список	114
Приложение А Пример расчета параметров легкосбрасываемой конструкции	116

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВВЕДЕНИЕ

Легкосбрасываемые конструкции — это любые ограждения здания, способные полностью разрушаться или легко отделяться от здания.

Они нужны, чтобы снять избыточное давление в случае несанкционированного взрыва.

Необходимость оборудования легкосбрасываемыми конструкциями промышленных взрывоопасных зданий и сооружений появилась, когда проектировщики нашли спасительный способ быстро снять давление ударной волны при случайном взрыве внутри замкнутого объема.

Если все ограждающие конструкции, включая окна, способны выдерживать большие давления, то последствия взрыва могут быть ужасными — с разрушением несущих стен и сносом кровли. С другой стороны, если какие-либо ограждающие конструкции здания специально созданы в легкосбрасываемом варианте, то при взрыве они будут вынесены ударной волной в самом начале повышения давления. При этом будут вышиблены, например, только окна, а стены здания и кровля не пострадают. Размеры ущерба, равно как и объем травматизма людей, будут минимальными.

Чаще всего легкосбрасываемыми конструкциями делают светопрозрачные ограждения — окна, витражи и другие системы. Но в качестве легкосбрасываемых конструкций могут применяться ограждения из любых материалов. Это могут быть, например, сэндвич-панели, листы пластика, гипсокартона, алюминия, стали или асбоцемента.

Превалирующим условием при их выборе должно быть соответствие давления сброса заданным расчетным параметрам. Иными словами, легкосбрасываемая конструкция при взрыве должна моментально разрушиться, выпустить продукты взрыва и несгоревшую смесь наружу из здания.

При создании легкосбрасываемой конструкции крайне важно провести точный расчет, чтобы задать момент разрушения частей конструкции. Необходимость

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	9

1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1. ПОНЯТИЕ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Легкосбрасываемые конструкции - наружные ограждающие конструкции (или их элементы) зданий, сооружений и помещений с взрывоопасными производствами. При взрыве легкосбрасываемые конструкции должны разрушаться, образуя открытые проёмы для сброса избыточного давления. Оборудование взрывоопасных производственных зданий легкосбрасываемыми конструкциями является обязательным требованием СП [1]. К легкосбрасываемым ограждающим конструкциям относят окна с оконными переплетами и обычным оконным стеклом, двери, распашные ворота, фонарные переплеты, конструкции из асбестоцементных, алюминиевых и стальных листов с легким утеплением. Легкосбрасываемые конструкции покрытий рекомендуется проектировать сборными массой не более 120 кг/м. При недостаточной площади остекления в качестве легкосбрасываемых конструкций допускается использовать конструкции покрытий из стальных, алюминиевых и асбоцементных листов и эффективного утеплителя. Площадь следует определять расчётом. При этом должны учитываться фактор турбулизации горючей смеси в процессе её истечения после срабатывания легкосбрасываемых конструкций, а также инерционность самой легкосбрасываемой конструкции. Согласно нормативным требованиям площадь легкосбрасываемых конструкций должна составлять не менее $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 объёма помещения категории А и не менее $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 помещения категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности. Расчётная нагрузка от массы легкосбрасываемой конструкции покрытия должна составлять не более 0,7 кПа.

Согласно СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 [1] в помещениях категорий А и Б следует предусматривать наружные легкосбрасываемые ограждающие конструкции. В качестве легкосбрасываемых конструкций следует, как правило, использовать

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	11

1.3. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Помещения категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии со сводом правил СП 4.13130.2013 [2] следует оснащать наружными легкосбрасываемыми конструкциями. При этом в данном документе указывается, что необходимую площадь легкосбрасываемых конструкций следует определять расчетом. Однако в области противопожарного нормирования рекомендации по расчету параметров легкосбрасываемых конструкций в настоящее время отсутствуют.

Существует метод определения требуемой безопасной площади разгерметизации технологических аппаратов и помещений для снижения внутри них давления взрыва газопаропылевоздушных смесей (ГОСТ Р 12.3.047–2012, прил. Н [3]). Имеется также методика расчета взрывоустойчивости зданий при внутреннем дефлаграционном взрыве газопаровоздушных смесей. В 2006 г. разработан Технический кодекс установившейся практики Республики Беларусь ТКП 45-2.02-38-2006 (02250) [5], существуют зарубежные стандарты в данной области, например, стандарт США NFPA 68 [6], стандарт Великобритании BSEN 14491:2012 [7], имеется также ряд монографий, публикаций, диссертаций и др., в которых рассмотрены вопросы взрывозащиты помещений взрывоопасных производств с применением предохранительных конструкций.

Таким образом, существуют только рекомендации для расчета легкосбрасываемых конструкций.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	15

1.4. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Форма взрывоопасных помещений должна быть по возможности простой. Элементы несущих, ограждающих и выгораживающих конструкций, а также оборудование не должны приводить к значительной интенсификации взрывного горения ГС вследствие заужения сечений помещений на пути распространения пламени. При сравнении вариантов объёмно-планировочных решений предпочтение следует отдавать такому из них, для которого при прочих равных условиях показатель интенсификации взрывного горения ГС будет меньшим.

При разработке объёмно-планировочных решений взрывоопасных помещений необходимо стремиться к тому, чтобы линейные размеры их по длине, ширине и высоте не более чем в пять раз отличались один от другого.

Предохранительные конструкции следует размещать как можно ближе к ожидаемым местам воспламенения горючей смеси, образующейся в аварийных ситуациях во взрывоопасном помещении.

При отсутствии данных о местах возможного воспламенения горючей смеси в помещениях, линейные размеры которых по длине, ширине и высоте не более чем в три раза отличаются один от другого, легкосбрасываемые конструкции следует размещать равномерно по площади стен помещения, а при необходимости и в его покрытии.

В сильно вытянутых в длину помещениях легкосбрасываемые конструкции располагают, как правило, в боковых стенах по длине помещения, а также в его покрытии. В помещениях, имеющих большую высоту (более 6 м), легкосбрасываемые конструкции размещают преимущественно в их стенах.

Непосредственное примыкание к взрывоопасным помещениям непроизводственных площадей с постоянным пребыванием в них более 5 человек или эпизодическим (не более 2-х часов) одновременным пребыванием более 15 человек (бытовки, комнаты приёма пищи и т.д.) не допускается, если

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	16

выгораживающие конструкции не рассчитаны на избыточное давление, возникающее при аварийном взрыве.

В проёмах, отделяющих взрывоопасные помещения от других производственных помещений, следует устанавливать двери, люки, ворота и т.д., которые не должны разрушаться или открываться под действием избыточного давления.

При наличии открытого проёма в стене между двумя помещениями оба помещения должны считаться взрывоопасными даже в том случае, если образование или воспламенение ГС возможны только в одном помещении.

Поверхность стен и потолков в помещениях, в которых могут образовываться взрывоопасные горючие смеси, должна быть гладкой, без борозд, раковин, неровностей и других дефектов внутренней отделки помещений, а также, как правило, без выступающих элементов и ниш.

Элементы строительных конструкций и внутреннего оборудования должны быть удобными для удаления оседающей на них пыли.

Полы в помещениях, в которых могут образоваться взрывоопасные пылевоздушные смеси, не должны иметь борозд, стыков, швов и других неровностей за исключением тех случаев, когда это обусловлено соответствующими технологическими процессами. Углы и пазы между полами и стенами должны быть сглажены и закруглены.

В помещениях с влажной уборкой пыли разрешается устройство направляющих пазов в полах.

В одноэтажных производственных зданиях взрывоопасных производств следует принимать наименьшую сетку колонн, удовлетворяющую технологическим требованиям.

Многоэтажные производственные здания в обоих направлениях координационных осей проектируются преимущественно в виде рамных или рамно-связевых систем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	17

1.5. ВИДЫ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.5.1. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЁКОЛ В КАЧЕСТВЕ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В качестве остекления окон со стальными или деревянными переплётами используется, как правило, оконное или витринное неполированное стекло толщиной 3-5 мм по ГОСТ 111-90 [27].

Стёкла крепятся в стальных переплётах съёмными штапиками, представляющими собой гнутые элементы из стальной оцинкованной ленты, или с помощью резиновых профилей. В деревянных переплётах стёкла крепятся деревянными штапиками.

Стеклопакеты и армированное стекло в качестве легкосбрасываемых конструкций применять не рекомендуется.

Следует учитывать характерные особенности стекла при его использовании в качестве легкосбрасываемой конструкции:

- большой разброс значений прочности стекла (из-за наличия дефектов и др. причин); снижение прочности с увеличением размеров и уменьшением толщины стекла;
- при длительном действии нагрузки прочность стекла снижается примерно в 3 раза по сравнению с прочностью при кратковременном действии нагрузки;
- разрушающая нагрузка зависит от типа крепления стёкол (наименьшая разрушающая нагрузка - при креплении на металлических кляммерах, расположенных со стороны стекла, не подвергающейся воздействию нагрузки);
- разрушающие нагрузки меньше в том случае, если сторона стекла, по которой производится его резка, подвергается действию нагрузки;
- температура продуктов горения ГС практически не оказывает влияния на величину разрушающей нагрузки;
- стёкла остекления помещений могут работать достаточно эффективно в качестве легкосбрасываемой конструкции только в том случае, если время

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	19

образования проёмов в оконных переплётах при разрушении стёкол будет намного меньше длительности горения горючей смеси;

- при дефлаграционном горении горючей смеси нагрузка, действующая на стёкла, может быть принята равной избыточному давлению, возникающему в помещении, умноженному на коэффициент, равный 1,2.

Толщину стекла, устанавливаемого вертикально в светопрозрачных конструкциях, рекомендуется определять расчётом на нагрузку от ветра.

Стёкла остекления помещений взрывоопасных производств должны воспринимать действие ветровой нагрузки на пределе прочности (с очень небольшим запасом).

Одним из приёмов, обеспечивающим вскрытие стёкол, в том числе разных размеров, является их надрезка. Установлено, что надрезка приводит к снижению несущей способности стёкол от 1,5 до 4,2 раза. При этом снижение разрушающего давления зависит от качества стекла, усилия на стеклорез (3-4 кг) и качества стеклореза. На рисунке 1 приведены рекомендуемые схемы надрезки стёкол. Высоту оставшегося после реза сечения рекомендуется принимать с коэффициентом надёжности 1,5, но не менее 2 мм.

Рядом авторов предлагались ослабленные крепления стекла или легкосбрасываемого оконного заполнителя для реализации их работы как смещающихся легкосбрасываемых конструкций.

Ослабленное крепление стекла может отличаться от типового тем, что вместо деревянного штапика устанавливается резиновый уплотнитель и кляммеры, прибитые алюминиевым гвоздём диаметром 1,5 мм.

При необходимости применения стёкол толщиной более 4 мм следует предусматривать их ослабленное крепление с применением кляммеров, работающих на изгиб, или алюминиевых гвоздей, работающих на срез.

Вскрытие легкосбрасываемого одинарного или двойного оконного заполнения может быть обеспечено, например, разрывом крепёжных болтов с ослабленной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	20

1.5.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕН В КАЧЕСТВЕ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В зданиях взрывоопасных производств следует применять, как правило, деревянные окна, открывающиеся наружу, искронедающие противопожарные двери и ворота с использованием латуни, а также двери и ворота других типов, например, двери противопожарные огнестойкие, ворота распашные или подъёмноскладчатые.

Возможно применение окон из стальных профилей, например, прямоугольных труб.

Наиболее важными факторами, определяющими закономерности вскрытия вращающихся легкосбрасываемых конструкций, является их масса, размеры, место расположения и условия закрепления в раме окна или в наружном ограждении помещения.

Фрамуги и створки окон вскрываются в результате разрушения запорных или крепёжных устройств, а также преодоления силы тяжести, инерции массы и сопротивления движению в шарнире. Для того, чтобы фрамуги и створки окон не открывались от действия ветра на заветренной стороне здания запорные устройства должны рассчитываться на усилия, которые возникают в результате понижения давления в зоне разряжения. Нагрузка, вызывающая эти усилия, принимается равномерно распределённой по наружной поверхности легкосбрасываемой конструкции.

С целью использования фрамуг и створок окон, дверей и ворот в качестве легкосбрасываемой конструкции необходимо выполнить расчёты запорных устройств и, в случае необходимости, обеспечить их вскрытие за счёт уменьшения рабочих сечений защёлок, язычков и шпингалетов, натяжения или сжатия тарированных пружин, а также замены традиционных решений магнитами или электромагнитами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	22

Для некоторых случаев рекомендуется применение обоих типов швов на одной легкосбрасываемой кровле. При этом продольные швы (поперёк уклона кровли) могут выполняться с применением компенсаторов из пол-изобутилена или кровлены, а поперечные (вдоль уклона кровли) - по типу детали ТДА с бортиками. Такое комбинированное решение позволяет избежать ненадёжных узлов сопряжения соседних карт. Оно целесообразно там, где поперечные швы с бортиками имеют преимущество перед швами других типов.

1.5.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕТОАЭРАЦИОННЫХ И АЭРАЦИОННЫХ ФОНАРЕЙ В КАЧЕСТВЕ ЛЕГКОСБРАСВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В качестве разрушающихся легкосбрасываемых конструкций в светоаэрационных и аэрационных фонарях используются стёкла глухого остекления и открывающихся внутрь створок и фрамуг оконных переплётов, а в качестве вращающихся легкосбрасываемых конструкций - открывающиеся наружу створки и фрамуги оконных переплётов.

Заполнение световых проёмов светоаэрационных фонарей состоит, как правило, из окон с переплётами из гнутосварных стальных профилей. Навеска фрамуг в открывающихся окнах осуществляется путём установки горизонтальных шарниров, что препятствует попаданию атмосферной влаги внутрь помещения (наружная фрамуга открывается снизу-вверх, а внутренняя - сверху вниз). В связи с этим фрамуги в открывающихся окнах в качестве вращающихся легкосбрасываемых конструкций можно использовать лишь при одинарных переплётах.

Светоаэрационные фонари разрешается устанавливать с легкосбрасываемыми кровлями. При ширине фонаря 6 м и максимальной площади карты 180 м² длина фонаря составит 30 м, что позволяет использовать на кровле фонари размером 30'6 м. При таком решении поперечные швы не устраиваются, что значительно повышает эксплуатационные качества легкосбрасываемых покрытий. Устройство

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	26

и стеновые панели, жестко связанные с каркасом здания, отличающаяся тем, что стеновая панель, соединенная с каркасом здания временной связью, представляет собой легкосбрасываемую сэндвич панель, которая связана с каркасом здания с помощью монтажных швов с пароизолирующим и теплоизолирующими материалами и гидроизолирующими лентами и опорных кронштейнов и оснащена, по меньшей мере, двумя, связанными с опорными кронштейнами, разрушаемыми узлами крепления, каждый из которых состоит из оснащенной разрушаемым элементом базовой втулки, которая закреплена на легкосбрасываемой сэндвич панели и связана с упомянутым разрушаемым элементом посредством шпильки и дистанционной втулки, установленной на упомянутой шпильке, причем каждый кронштейн выполнен с пазом в местах установки деталей разрушаемого узла крепления, а дистанционная втулка выполнена с кольцевым выступом и установлена с возможностью исключения возникновения контакта шпильки и кронштейна.

2. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.1, отличающаяся тем, что в качестве теплоизолирующего материала используется минеральная вата.

3. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.1, отличающаяся тем, что в качестве опорных кронштейнов используется уголковый металлопрофиль.

4. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.3, отличающаяся тем, что уголковый металлопрофиль выполнен с горизонтально расположенным пазом в местах установки деталей разрушаемого узла крепления.

5. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.1, отличающаяся тем, что дистанционные втулки разрушаемого узла крепления выполнены из капролона.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	34

6. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.1, отличающаяся тем, что в качестве разрушаемых элементов используют фторопластовые диски с калиброванной толщиной, закрепленные на шпильках.

7. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.6, отличающаяся тем, что фторопластовые диски с калиброванной толщиной закрепляются на шпильках посредством резьбового соединения.

8. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.1, отличающаяся тем, что монтажные швы с внутренней и внешней стороны здания защищены нащельниками.

9. Легкосбрасываемая ограждающая конструкция взрывоопасных помещений по п.1, отличающаяся тем, что верхние монтажные швы с наружной стороны здания защищены козырьками

3) Результат изменения. Какое противоречие разрешено решением?

Повышение эффективности конструкции в целом при различных колебаниях давления внутри помещения и надежности работы конструкции при нормальном давлении, повышении эксплуатационных качеств.

4) Какой прием был использован для решения?

Принцип отброса и регенерации частей.

5) Какой закон развития технических систем проявился в решении?

Закон "энергетической проводимости" системы.

6) Уровень технического решения.

Второй уровень.

7) Расположение в морфологическом ящике.

1x 2y 6z

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Морфологический анализ – метод систематизации перебора вариантов всех теоретически возможных решений, основанный на анализе структуры объекта.

Метод создан в 30-е гг. XX в. швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки. Получил известность с 1942 г. (США).

Применяется при поиске решений в различных областях человеческой деятельности. Применяется при исследовании проблемных ситуаций и выборе направлений решений.

Морфологический анализ может быть использован для создания условий, облегчающих поиск новых идей и решений при формировании портфеля ценных бумаг. С помощью комбинаторики можно получить все теоретически возможные варианты исполнения.

Цель - создать условия, расширяющие область поиска новых идей и решений проблемы, исходя из особенности строения (морфологии) совершенствуемого объекта.

Суть метода - с помощью комбинаторики путем построения морфологической матрицы постараться получить все теоретически возможные варианты реализации объекта с требуемой главной функцией.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	51

4.2. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДИКИ

К числу основных параметров легкосбрасываемых конструкций относятся площадь легкосбрасываемой конструкции, перекрывающей проемы в наружном ограждении взрывоопасного помещения, и коэффициент вскрытия легкосбрасываемой конструкции при взрыве.

В качестве основного положения расчетной схемы принято, что эффективность снижения легкосбрасываемыми конструкциями избыточного давления, возникающего во взрывоопасных помещениях при внутренних аварийных взрывах горючих газопаропылевоздушных смесей, зависит от ряда факторов. Наиболее важными из них являются:

- объем и форма взрывоопасного помещения;
- вид горючей смеси, образующейся во взрывоопасном помещении в аварийных ситуациях, степень загазованности помещения (концентрация) горючей смеси к моменту ее воспламенения, место воспламенения горючей смеси;
- загроможденность взрывоопасного помещения строительными конструкциями (колонны, стропильные фермы, этажерки и т. п.) и оборудованием;
- общая площадь и места расположения в наружном ограждении взрывоопасного помещения проемов, перекрываемых легкосбрасываемыми конструкциями;
- эффективность вскрытия легкосбрасываемых конструкций, зависящая от их вида, геометрических и физических параметров, а также допускаемого избыточного давления и условий взрывного горения горючей смеси во взрывоопасном помещении.

Площадь проемов, образующихся при вскрытии легкосбрасываемых конструкций, через которые происходит истечение газа (продуктов горения и непрореагировавшей части горючей смеси) в наружную атмосферу из взрывоопасного помещения, должна быть не меньше площади открытых проемов,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	78

обеспечивающих при тех же условиях взрывного горения горючей смеси снижение избыточного давления в помещении до допустимого значения:

$$\sum S_{ЛСК_i} K_{вскр}^{ЛСК} \geq S_{откр.тр}, \quad (2)$$

где $S_{ЛСК_i}$ – площадь проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, перекрываемых легкосбрасываемых конструкций i -го типа, m^2 ;

$K_{вскр}^{ЛСК}$ – коэффициент вскрытия легкосбрасываемых конструкций i -го типа при взрыве;

$S_{откр.тр}$ – требуемая площадь открытых проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, при которой избыточное давление в нем при взрывном горении горючей смеси не превысит допустимое значение, m^2 .

Коэффициент $K_{вскр}^{ЛСК}$ показывает, какая доля площади проема, перекрываемого легкосбрасываемой конструкцией, используется при вскрытии конструкции для истечения газа (продуктов горения и непрореагировавшей части горючей смеси) в наружную атмосферу из взрывоопасного помещения.

Площадь $S_{откр.тр}$ определяется по формуле

$$S_{откр.тр} = \frac{0,105U_{н.р} \alpha(\varepsilon_c - 1)\beta_\mu K_\phi \sqrt[3]{V_{св}^2 \sqrt{\rho_0}}}{\sqrt{\Delta P_{доп}}}, \quad (3)$$

где $U_{н.р}$ – расчетная нормальная скорость распространения пламени, m/c ;
 α – показатель интенсификации взрывного горения; ε_c – расчетная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме; β_μ – коэффициент, учитывающий степень заполнения объема помещения взрывоопасной смесью;
 K_ϕ – коэффициент, учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной смеси; $V_{св}$ – свободный объем помещения, m^3 ;
 ρ_0 – расчетная плотность газа в помещении перед воспламенением, kg/m^3 ;
 $\Delta P_{доп}$ – допустимое избыточное давление в помещении при горении взрывоопасной смеси, кПа.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

В общем случае допустимое избыточное давление в помещении при горении взрывоопасной смеси $\Delta P_{\text{доп}}$ принимается равным 5 кПа. Для медленно горящих сред $\Delta P_{\text{доп}}$ принимается равным 3 кПа.

Если расчетная видимая скорость распространения пламени U_p превышает 65 м/с, то следует проводить расчет конструкции здания на устойчивость к воздействию взрывных волн, возникающих при распространении пламени, по методикам, утвержденным в установленном порядке. При этом конструкции здания не должны разрушаться (выходить из строя) при повышении избыточного давления взрыва в помещении до значения $\Delta P_{\text{доп}}$, определяемого из выражения

$$\Delta P_{\text{доп}} = 0,003 U_p^2, \quad (4)$$

Значение $\Delta P_{\text{доп}}$ следует уменьшать либо увеличивать на основании результатов расчета конструкций здания на прочность с учетом динамических нагрузок от взрыва по методикам, утвержденным в установленном порядке.

Расчетная видимая скорость распространения пламени U_p определяется по формуле

$$U_p = 0,5\alpha U_{n,p} (\varepsilon_{pHCP} + \varepsilon_{pmax}), \quad (5)$$

где ε_{pHCP} – степень теплового расширения продуктов горения горючей смеси с концентрацией горючего, соответствующей НКПР (нижнему концентрационному пределу распространения пламени); ε_{pmax} – степень теплового расширения продуктов горения горючей смеси с концентрацией горючего, соответствующей U_{nmax} .

При отсутствии данных о степени теплового расширения продуктов горения допускается расчетную видимую скорость распространения пламени определять по формуле

$$U_p = 6,53 \alpha U_{n,p}. \quad (6)$$

Расчетная нормальная скорость распространения пламени $U_{n,p}$ определяется по формуле

$$U_{n,p} = 0,55 U_{nmax}. \quad (7)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	80

Если рассчитываемое по формуле значение $\mu_v > 1$, то следует принимать $\mu_v = 1$.

Коэффициент β_μ , учитывающий степень заполнения объема помещения взрывоопасной смесью, рассчитывается в зависимости от величины коэффициента μ_v по формулам:

$$\beta_\mu = 0, \text{ если } \mu_v \leq \mu_1 = 0,01 \Delta P_{\text{доп}} / (\varepsilon_c - 1);$$

$$\beta_\mu = 1, \text{ если } \mu_v \geq \mu_2 = 1,3 / \varepsilon_c; \quad (13)$$

$$\beta_\mu = (\mu_v - \mu_1) / (\mu_2 - \mu_1), \text{ если } \mu_1 < \mu_v < \mu_2.$$

Коэффициент K_ϕ , учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной смеси, при $\mu_v \geq \mu_2$, определяется по формулам:

$$K_\phi = \frac{0,5(b_n^2 + h_n^2)}{\sqrt[3]{V_{\text{пом}}^2}}, \text{ если } h_n \leq a_n;$$
$$K_\phi = \frac{0,5(b_n^2 + a_n^2)}{\sqrt[3]{V_{\text{пом}}^2}}, \text{ если } h_n > a_n, \quad (14)$$

где a_n , b_n и h_n – соответственно длина, ширина и высота помещения, м.

Если $\mu_v < 0,01$, следует принимать $K_\phi = 1$. Для $0,01 < \mu_v < \mu_2$ значение K_ϕ определяется линейной интерполяцией.

Если расчетное значение K_ϕ более 1 или менее 0,35, то следует принимать K_ϕ равным соответственно 1 или 0,35.

Свободный объем взрывоопасного помещения $V_{\text{св}}$ определяется по формуле

$$V_{\text{св}} = V_{\text{пом}}(1 - 0,01 \theta_3), \quad (15)$$

где $V_{\text{пом}}$ – геометрический объем помещения, м³; θ_3 – степень загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием, %:

$$\theta_3 = 100 \frac{V_{\text{обор}}}{V_{\text{пом}}}, \quad (16)$$

где $V_{\text{обор}}$ – объем оборудования в помещении, м³.

Расчетная плотность газа в помещении перед воспламенением ρ_0 вычисляется по формуле

Изн.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ЮУрГУ-08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР 83

$$\rho_0 = \frac{0,5367 \mu_v^* (\rho_{\text{НКПР}} + \rho_{\max})}{1 + 0,00367 t_0} + (1 - \mu_v^*) \frac{1,294}{1 + 0,00367 t_0}, \quad (17)$$

где μ_v^* – коэффициент степени заполнения объема помещения взрывоопасной смесью; $\rho_{\text{НКПР}}$ – плотность горючей среды при концентрации горючего, соответствующей НКПР, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_{\max} – плотность горючей среды при концентрации горючего, соответствующей U_{\max} , $\text{кг}/\text{м}^3$; t_0 – максимальная температура воздуха в помещении перед воспламенением, $^{\circ}\text{C}$;

$$\mu_v^* = \frac{\mu_v}{Z}. \quad (18)$$

Если определяемое по формуле значение $\mu_v^* > 1$, следует принимать $\mu_v^* = 1$.

При отсутствии справочных данных расчетную плотность газа в помещении перед воспламенением ρ_0 допускается определять по формуле

$$\rho_0 = \frac{0,036 \mu_v^* + 1,294}{1 + 0,00367 t_0}. \quad (19)$$

Коэффициент $K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}}$ вскрытия вращаемых и смещаемых легкосбрасываемых конструкций определяется по формуле

$$K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}} = \frac{S_{\text{откр.тр}} (a_{\text{ЛСК}} + b_{\text{ЛСК}}) \Delta p_{\text{вскр}} K_{\text{с.м}} K_{\text{з.п}}}{K_{\text{п.в}} \alpha^3 U_{\text{п.р}}^3 \sqrt{\rho_0} M_{\text{ЛСК}}}, \quad (20)$$

где $S_{\text{откр.тр}}$ – требуемая площадь открытых проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, при которой избыточное давление в нем при взрывном горении горючей смеси не превысит $\Delta P_{\text{доп}}$, м^2 ; $a_{\text{ЛСК}}$, $b_{\text{ЛСК}}$ – размеры соответственно горизонтальной и вертикальной сторон легкосбрасываемой конструкции, м; $\Delta p_{\text{вскр}}$ – избыточное давление в помещении, при котором начинается вскрытие легкосбрасываемой конструкции, кПа; $K_{\text{с.м}}$ – коэффициент, учитывающий влияние собственной массы легкосбрасываемой конструкции в зависимости от ее конструктивных особенностей и условий расположения в наружном ограждении; $K_{\text{з.п}}$ – коэффициент, учитывающий заужение проема при вскрытии вращаемых легкосбрасываемых конструкций; $K_{\text{п.в}}$ – коэффициент

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР 84

Коэффициент $K_{c.m}$, учитывающий влияние собственной массы легкосбрасываемой конструкции, вычисляется с использованием критерия Y :

$$Y = \frac{\Delta p_{вскр} S_{ЛСКi}}{M_{ЛСК} g}, \quad (23)$$

где $\Delta p_{вскр}$ – избыточное давление в помещении, при котором начинается вскрытие легкосбрасываемой конструкции, Па; $S_{ЛСКi}$ – площадь одного элемента легкосбрасываемой конструкции i -го типа, m^2 ; $M_{ЛСК}$ – масса подвижной части элемента легкосбрасываемой конструкции, кг; g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

$K_{c.m} = 1$ – для смещаемых легкосбрасываемых конструкций, размещаемых в стенах, при этом должно выполняться условие $Y \geq 0,3$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	86

5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

5.1. МОНТАЖ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОПУСКАНИЯ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

Детали конструкции для опускания стеновых панелей должны быть изготовлены по рабочей документации, утвержденной разработчиком и принятой к производству предприятием-изготовителем.

Работы по укрупнению стальных конструкций и подготовке их к монтажу произвести на специально оборудованной площадке для складирования и укрупнительной сборки, с использованием стрелового автомобильного крана типа КС-3577-3 «Ивановец». Работы по подготовке конструкций к монтажу осуществляют звено в составе трех монтажников, электросварщика и подсобного рабочего.

Монтаж стального каркаса ведется звеном из пяти рабочих в составе: три монтажника, электросварщик и подсобный рабочий. При этом используется монтажный кран типа КС-55729 с телескопической стрелой длиной до 30,1 м.

Монтируемые конструкции для опускания стеновых панелей должны быть размещены заранее в зоне действия крана.

Горизонтальная привязка монтажного крана к строящемуся зданию показана на схеме, фрагмент которой приведен на рисунке 5.1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

В процессе монтажа необходимо проводить операционный контроль качества работ. Это позволит своевременно выявить дефекты и принять меры по их устраниению и предупреждению. Контроль проводится под руководством мастера, прораба в соответствии со Схемой операционного контроля качества. Не допускается применение не предусмотренных проектом подкладок для выравнивания монтируемых элементов по отметкам без согласования с проектной организацией.

При операционном (технологическом) контроле надлежит проверять соответствие выполнения основных производственных операций по монтажу требованиям, установленным строительными нормами и правилами, рабочим проектом и нормативными документами.

Укрупнительную сборку стен из легких панелей в карты необходимо выполнять на стендах в зоне действия основного монтажного крана. Предельные отклонения размеров “карт” при укрупнительной сборке указывают в ППР. При отсутствии специальных указаний предельные отклонения размеров “карт” не должны превышать по длине и ширине ± 6 мм, разность размеров диагоналей - 15 мм.

Результаты операционного контроля должны быть зарегистрированы в Журнале работ по монтажу строительных конструкций.

По окончанию монтажа панелей производится приемочный контроль выполненных работ, при котором проверяющим представляется следующая документация:

- журнал работ по монтажу строительных конструкций;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- акты промежуточной приемки смонтированных панелей;
- исполнительные схемы инструментальной проверки смонтированных панелей;
- документы о контроле качества сварных соединений;
- паспорта на панели.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	108

Приведенные затраты представляют собой стоимость сумму себестоимости и нормативных отчислений от капитальных вложений в производственные фонды:

$$Z_i = C_i + E_n K_i, \quad (29)$$

где Z_i – приведенные затраты по i -му варианту техники на единицу строительно-монтажных работ (продукции);

C_i – себестоимость единицы строительно-монтажных работ (продукции) по i -му варианту техники, руб;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K_i – удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу строительно-монтажных работ (продукции) по i -му варианту техники, руб.

$$Z_{i1} = 63 + 0,15 \cdot 9 = 64,35;$$

$$Z_{i2} = 124 + 0,15 \cdot 9 = 125,35;$$

Экономия в сфере эксплуатации конструкций за срок их службы определяется по формуле

$$\Theta = (I_1 - I_2) / P_2, \quad (30)$$

где I_1 и I_2 – годовые издержки в сфере эксплуатации на единицу конструктивного элемента здания, сооружения или объект в целом по сравниваемым вариантам, руб.

$$\Theta = (686 - 428) / 0,1054 = 2448 \text{ тыс. руб.}$$

$$\Theta = [(622 + 64,35) \cdot 1 + 2448 - (463 + 125,35)] \cdot 11,57 = 29457 \text{ тыс. руб.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Легкосбрасываемые конструкции, которыми в соответствии со сводом правил СП 4.13130.2013 [2] необходимо оснащать помещения категории А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности, предназначены для снижения давления при взрыве и обеспечения безопасности людей, сохранности конструкций и оборудования.

По ходу написания научно-исследовательской работы я сделала вывод, что нормативные документы очень скучны в плане требований к разработке и выполнению легкосбрасываемых конструкций. В большем объеме информация по данному вопросу - это рекомендации, методички и реклама. Нет разнообразия видов легкосбрасываемых конструкций, в основном выполняют светопрозрачные конструкции.

В своей работе я предложила новую легкосбрасываемую конструкцию - стеновую панель для взрывозащиты производственных зданий, описала методику расчета ее необходимой площади, разработала технологию устройства конструкции для опускания стеновой панели и описала технологию устройства стеновой панели, посчитала экономический эффект.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 113
					ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001.
2. СП 4. 13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок. М.: АО «ЦНИИПромзданий», 2000. 87 с.
5. ТКП 45-2.02-38-2006 (02250). Конструкции легкосбрасываемые. Правила расчета. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. 27 с.
6. NFPA 68. Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting. 2013Edition.
7. BS EN 14491:2012. Dust Explosion Venting Protective Systems.
8. Пилюгин Л.П. Конструкции сооружений взрывоопасных производств. М.: Стройиздат, 1988. 315 с.
9. Орлов Г.Г. Легкосбрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1987. 198 с.
10. Пилюгин Л.П. Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2000. 224 с.
11. Пилюгин Л.П. Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. М.: Пожнаука, 2010. 380 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР	114

12. Казеннов В.В. Динамические процессы дефлаграционного горения во взрывоопасных зданиях и сооружениях: дис. д-ра техн. наук. М.: МГСУ, 1997. 426 с.
13. Комаров А.А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения: дис. д-ра техн. наук. М.: МГСУ, 2001. 476 с.
14. Мольков В.В. Вентилирование газовой дефлаграции: дис. д-ра техн. наук. М.: ВНИИПО, 1996. 686 с.
15. Мольков В.В. Теоретическое обобщение международных экспериментов по динамике вентилируемых взрывов // Пожаровзрывоопасность веществ и взрывозащита объектов: тезисы докл. первого международ. семинара. М.: ВНИИПО МВД России, 1995. С. 31–33.
16. Шлег А.М. Определение параметров легкосбрасываемых конструкций, обеспечивающих допустимые взрывные давления во взрывоопасных помещениях: дис. канд. техн. наук. М.: МГСУ, 2002. 187 с.
17. Громов Н.В. Совершенствование технической системы обеспечения взрывоустойчивости зданий при взрывах газопаровоздушных смесей: дис. канд. техн. наук. М.: МГСУ, 2007. 158 с.
18. Годжелло М.Г. Расчет площади легкосбрасываемых конструкций для зданий и сооружений взрывоопасных производств. М.: Стройиздат, 1981. 49 с.
19. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15 дек. 2002 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 дек. 2002 г. (в ред. Федер. закона от 23.06.2014 № 160-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
20. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ЮУрГУ–08.04.01.2018.165.ПЗ ВКР 115