

**Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого
Высшая школа техносферной безопасности**

На правах рукописи

Панчук Илья Константинович

**Новые технические решения для обеспечения защиты рабочих мест от
поражающих факторов чрезвычайных ситуаций**

Направление подготовки

20.06.01 Техносферная безопасность

Код и наименование

Направленность

20.06.01_02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»

Код и наименование

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах научно-квалификационной работы (диссертации)

Автор работы: Панчук И.К.

Научный руководитель: д.т.н., доц., зам.
проректора по НРИКТ, профессор кафедры
А9 БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
Чернышов М.В.

Научно-квалификационная работа выполнена в ВШ/на кафедре Высшей школы техносферной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Директор ВШ/зав. кафедрой: – *Фамилия, имя, отчество – при наличии,
ученая степень, ученое звание*

Научный руководитель: – *Чернышов М.В., ДТД*

Рецензент: – *Панчук И.К.
ЗАО «НПО СМ»
Заместитель начальника ЦСС*

С научным докладом можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и на сайте Электронной библиотеки СПбПУ по адресу: <http://elib.spbstu.ru>

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Внедрение энергоемких технологических процессов, расширение мегаполисов и многие другие факторы вызывают рост потребления электрической энергии. Одним из специфических видов энергетики, призванным решить данную проблему является атомная энергетика, развитие которой, как в Российской Федерации, так и в зарубежных странах происходит достаточно интенсивно, что приводит к строительству новых объектов атомной промышленности. Одной из острых проблем при эксплуатации таких объектов является обеспечение их безопасного использования.

Аварии на объектах атомной энергетики способны нанести вред не только жизни и здоровью граждан, но и окружающей среде. Самыми сложными авариями на таких объектах, влекущими за собой существенные угрозы техногенного характера, являются аварии, сопровождаемые пожарами и взрывами.

В связи с чем, проведение государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации и защищенности критически важных и потенциально опасных объектов от угроз различного характера является важной задачей по реализации целенаправленной деятельности органов государственной власти Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в сфере безопасности населения от угроз различного характера. При этом, особые требования предъявляются к системе сохранения жизни и здоровья работников атомной энергетики в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (охрана труда). Основным направлением государственной политики в области охраны труда в соответствии с нормами российского трудового законодательства является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников.

На объектах атомной энергетики сохранение жизни и здоровья работников, осуществляется с учетом требований законодательства к защите рабочих мест от различных поражающих факторов. Среди таких поражающих факторов можно выделить непосредственное воздействие огня, высокая температура и теплоизлучение, газовая среда, задымление, воздушная ударная волна.

Из многообразия средств поражения работников наиболее сильным спектром воздействия обладают воздушные ударные волны, возникающие при взрыве заряда конденсирующего вещества или при ядерном взрыве, распространяющиеся с колоссальной скоростью.

Поэтому на объектах атомной энергетики, для обеспечения безопасных условий труда особое значение отводится поиску новых технических решений для инженерно-технических средств физической защиты работников. К числу таких средств относятся двери, окна, люки, перекрытия и стены, а также специальные конструкции, обладающие определенной специальной функцией (бронезащита, огнестойкость, взломостойкость, пулестойкость, биологическая защита). Первостепенное значение при этом отводится установке ограждающих конструкций, обеспечивающих защиту от взрывных ударных волн, а также от пожаров. Очевиден тот факт, что эффективную защиту может обеспечить изделие, конструктивные элементы которого отвечают необходимым требованиям устойчивости к возникающему воздействию. Вышесказанное предопределяет необходимость выявления особенностей конструкции инженерно-технических средств физической защиты работников и поиск новых технических решений, обеспечивающих устойчивость таких средств к воздействиям воздушной ударной волны для обеспечения приоритета сохранения жизни и здоровья работников при осуществлении ими трудовой деятельности.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка методического аппарата и поиск новых технических решений для инженерно-технических средств физической защиты работников от

воздействия воздушной ударной волны и других факторов поражающего воздействия, предназначенных для установки на объектах использования атомной энергии.

Научная новизна Разработана методика проведения испытаний дверей защитных герметичных, а также отдельных элементов физической защиты работников на объекте атомной энергии на герметичность, основанная на проведении испытаний в условиях максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации дверей защитных герметичных, а также отдельных элементов физической защиты работников на объекте. Проведены контрольные испытания на герметичность с учетом разработанной методики, показавшие совпадение полученных результатов с расчетными результатами.

Доказана возможность создания дверей защитных герметичных, обеспечивающих комплексную защиту сразу от трех факторов проникающего воздействия: взлома, огня, сквозного пробития осколками, возникающими на месте взрывов, пулями и пр.

Разработана петля с повышенным количеством ступеней свободы для конструкций, устойчивых к воздействию воздушной ударной волны, позволяющая обеспечить эффективное функционирование механизма открывания-закрывания ворот, устойчивых к воздействию воздушной ударной волны и предотвратить возникающее воздействие воздушной ударной волны на производственных объектах, связанных с опасными условиями труда. Проведены контрольные с учетом разработанной модели петли, показавшие совпадение полученных результатов с расчетными результатами.

Теоретическая и практическая значимость Работа обладает высокой практической значимостью, поскольку связана с разработкой новых подходов к реализации барьерных методов физической защиты работников атомной энергетики. Предложенные в рамках исследования методики проведения испытаний элементов физической защиты работников на объекте атомной энергии, могут быть использованы на опасных промышленных

объектах при проведении испытаний различных элементов физической защиты работников, направленных на совершенствование условий труда в рамках общей государственной политики обеспечения приоритета сохранения жизни и здоровья работников.

Разработанная полезная модель петли с повышенным количеством ступеней свободы для конструкций, устойчивых к воздействию воздушной ударной волны, обеспечивающая предотвращение возникающего воздействия воздушной ударной волны на производственных объектах, связанных с опасными условиями труда может быть использована на конструкциях, устойчивых к воздействию воздушной ударной волны и используемых на опасных производственных объектах.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении научных подходов к изучению существующих механизмов и инструментов защиты работников на опасных производственных объектах, которые могут быть использованы как при организации охраны труда на опасных производственных объектах, так и при чтении лекций по соответствующими дисциплинам.

Апробация работы Предложения, материалы и основные положения диссертационного исследования докладывались, обсуждались и получили одобрения на различных научно-практических конференциях

Публикации

1. Основы безопасности при физической защите объектов использования атомной энергии. Панчук И.К. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 11-12 (101-102). С. 159-163.;
2. Дверные блоки специального назначения как составная часть системы обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии. Панчук И.К., Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 11-12 (89-90). С. 94-100.;
3. Воздухопроницаемость герметичных дверей и методики ее определения. Панчук И.К., Панков А.С. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 1-2 (103-104). С. 85-88.

4. Автономные испытания на воздухопроницаемость дверей защитных герметичных. Панчук И.К., Чернышов М.В., Панков А.С. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 7-8 (109-110). С. 148-153.
5. Использование кабин наружных для физической защиты объектов атомной энергии. Панчук И.К. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 9-10 (111–112). С. 114-117.

Представление научного доклада: основные положения

1. Методика проведения автономных испытаний на герметичность .
2. Математическая модель воздействия ВУВ на элементы защитных конструкций

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект, предмет, цели, задачи, раскрыта логика исследования и сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Также во введении автором были определены элементы научной новизны, представлена теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования.

В первой главе диссертации «Анализ предполагаемых угроз, технических требований и решений» основное внимание было уделено выявлению предполагаемых угроз объектам использования атомной энергии, детальному анализу имеющихся технических требований, предъявляемых к защитным конструктивным элементам, устанавливаемым на объектах атомной энергетики, в частности дверным блокам, рассмотрению основополагающих принципов, способов и средств предотвращения поражения людей и имущества от различных поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций.

Выявление предполагаемых угроз объектам использования атомной энергии имеет большое практическое значение, поскольку позволяет разработать схему охраны труда персонала на объектах атомной энергии, в которую входят, как мероприятий по обучению персонала действиям в

условиях возникновения аварий, так и разработка средств защиты от различных угроз, в том числе от воздействия воздушной ударной волны.

При строительстве, проектировании объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) должны учитываться каждый из видов, выявленных в рамках исследования угроз (техногенные угрозы, природные угрозы, технологические угрозы, специальные угрозы, диверсионная угроза, террористическая угроза, военная угроза), в соответствии с которыми должна проектироваться защита атомных станций и других ОИАЭ. Каждый из видов угроз может быть оценен в той или иной мере, так применение статистических вероятностных методов позволяет в некоторой степени оценить появление технологических и природных угроз. Анализ агентурных данных, который проводится специальными службами, призван оценить вероятность возникновения военной и террористической угроз, а также выработать меры по их предотвращению. Помимо данных методов, существуют и другие подходы, направленные на упреждение угроз, которые в большей степени можно отнести к барьерным методам.

С целью предотвращения возникновения такого рода угроза, создаются мероприятия по организации физической защиты ОИАЭ. Если говорить об инженерно-технических средствах физической защиты на ОИАЭ, то в обязательном порядке для них требуется разработка проектной, конструкторской и технологической документации. Эти средства можно разделить на две основные группы, включающие в отдельности инженерные и технические средства. Настоящая диссертация посвящена непосредственно инженерным средствам физической защиты.

Детальный анализ имеющихся технических требований, предъявляемых к защитным конструктивным элементам, устанавливаемым на объектах атомной энергетики, в частности дверным блокам позволил выявить основные требования к обеспечению безопасности с учетом угроз, возникающих на объектах ОИАЭ. В качестве основного объекта исследования, отвечающего за обеспечение персонала на ОИАЭ, в данной

работе рассматриваются такие конструктивные элементы, как двери герметичные для ОИАЭ.

Герметичные двери для ОИАЭ это не просто дверное полотно – это целая комплексная система, состоящая из блоков дверных с дверями и рамами, а также с элементами для их подвижного закрепления в рамах. В такие блоки входят ворота, ставни, люки, которые установлены вертикально.

В соответствии с выявленными в рамках настоящего исследования угрозами, можно выделить требования, предъявляемые к дверным блокам, которые используются для физической защиты ОИАЭ.

Среди таких требований пулестойкость, которая характеризует способность дверного блока противостоять сквозному пробитию осколками, возникающими на месте взрывов и прочим выстрелам из стрелкового оружия. Данная способность дверных блоков должна обеспечиваться, если отсутствуют вторичные поражающие элементы, которые опасны для человека.

Пулестойкость непосредственно связана со взломостойкостью, поскольку стальные элементы (бронелисты) обладают достаточно большой твердостью, достаточной для защиты от физического взлома.

Большая толщина листов не позволяет реализовать их вскрытие ручным электрическим инструментом по металлу. В качестве основных бронематериалов используются стали ННS (особо твердая сталь) с твердостью 480-540 НВ и РНА с твердостью 350-380 НВ. Для усиления брони применяется стальной лист с повышенной твердостью 600 НВ, который размещается перед основным элементов брони. Нельзя не отметить применение титановых сплавов, которые прекрасно обеспечивают пулестойкость при меньшей массе бронееlementов на 30-40%, однако, вопрос их высокой стоимости и труднодоступности таких сплавов для дверей, используемых на ОИАЭ, остается открытым.

Взломостойкость характеризует возможность противостоять частичному или полному проникновению (несанкционированному) доступу в

помещение. Взломостойкость требует установки дверного блока на стадии возведения зданий и сооружений, поскольку возведение заново или замена дверного блока представляется достаточно проблематичной с экономической и технической точек зрения. Взломостойкость должна задаваться на стадии проектирования изделия с определенным запасом прочности, поскольку длительное воздействие механических нагрузок повышает вероятность взлома.

Способность дверей обеспечивать непроницаемость для жидкостей и газов, включая обеспечение непроницаемости мест соединения деталей. Данный показатель обеспечивается за счет использования различного рода специальными покрытиями, которые непроницаемы для жидкостей и газов. Как правило, места соединения в дверных блоках покрываются соответствующими веществами, которое заполняет зазоры. Такие уплотнительные элементы также не позволяют проникать газам и парам при возникновении пожара.

В некоторых дверях, в которых необходимо обеспечить высокую герметичность, используют увеличенное число степеней свободы, для более плотного прилегания полотна двери с петлевой стороны. Герметичность определяется разностью давления между соседними помещениями и утечками, возникающими при этом, которые определяются, как объем газа, который протекает через дверной блок в единицу времени.

Еще одной важнейшей характеристикой Данный показатель характеризует способность дверных блоков к ограничению распространения огня, при возникновении пожара и также включает в себя способность сохранять определенные эксплуатационные свойства при воздействии высоких температур.

Основной характеристикой блоков дверных, которая оказывает существенное влияние на безопасность является огнестойкость. Для дверных блоков огнестойкость определяется по данным испытаний в соответствии с ГОСТ Р 55307-2009 и Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ

«Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».¹ Предел огнестойкости определяется как время (в часах или минутах) воздействия пожара, в течение которого высокие температуры действуют на конструкцию до достижения предельного состояния.

Достаточно сложную техническую задачу представляет создание взломостойких дверей, которые были бы также противопожарными. Данная проблема решается за счет установки дополнительных стекломagneзиевых плит (в противопожарную дверь) в совокупности с оснащением взломостойкими замками, в качестве защитных элементов.

Не менее важным показателем является устойчивость двери к воздушной ударной волне. Вышеназванный показатель характеризует способность дверного блока к противостоянию воздушной ударной волне во фронте, включая способность поддерживать и сохранять свою работоспособность после воздействия ударной волны (при отсутствии вторичных поражающих факторов, опасных для человека). Показатель подтверждается прочностными расчетами, либо с помощью натуральных испытаний с использованием взрывчатого вещества, взятого в определенном тротиловом эквиваленте. Основным критерием устойчивости дверей к воздействию ударной волны является избыточное давление во фронте ударной волны, при которой ограждающая конструкция сохраняется и может выполнять свои основные функции.

Кроме вышеназванных требований, предъявляемых к дверным блокам, которые используются для физической защиты ОИАЭ, можно также выделить требования в отношении биологической защиты, стойкости к воздействию химических веществ, сейсмостойкости.

Угрозы жизни и здоровью работников, осуществляющих трудовую деятельность на объектах ОИАЭ предопределяют необходимость разработки способов и средств предотвращения поражения людей и имущества от

¹ Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»// Собрание законодательства РФ, 28.07.2008, №30 (ч. 1), ст. 3579

различных поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций, с учетом основополагающих принципов. Так, например, большое значение в защите от радиационного воздействия имеют организационные меры. Так, все помещения в зданиях и сооружениях ОИАЭ можно разделить на три группы: помещения постоянного пребывания, необслуживаемые и периодически обслуживаемые помещения. На дверях помещений должны быть нанесены соответствующие знаки, которые свидетельствуют о радиационной опасности, включая информацию о порядке входа (доступа) в помещения. Должна обеспечиваться герметичность помещений, которые предназначены для локализации последствий радиационных аварий. Испытания герметичности должны проводиться периодически.

Поверхности доступа в помещения зоны контролируемого доступа должны быть покрыты материалами, которые слабо поглощают радиоактивные вещества и могут легко дезактивироваться.

В соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и НПБ 113-03 атомные станции должны быть оборудованы противопожарными преградами с соблюдением определенных, регламентированных пределов огнестойкости. Помещения ОИАЭ должны быть оснащены пожарной сигнализацией и автоматическими средствами пожаротушения (в зависимости от типа помещений и характера происходящих в нем процессов). В настоящее время, большую распространенность получили роботизированные пожарные комплексы для АЭС.

Таким образом, анализ предполагаемых угроз, технических требований и решений имеет важное практического значение для обеспечения приоритета сохранения жизни и здоровья работников при осуществлении ими трудовой деятельности на объектах атомной энергетики.

Вторая глава диссертационного исследования «Поиск новых технических решений при разработке дверей защитных герметичных, устанавливаемых на объектах использования атомной» посвящена

автономным испытаниям на воздухопроницаемость дверей защитных герметичных, поиску путей по возможной унификации технических решений при разработке блоков дверных, устанавливаемых на объектах использования атомной энергии.

Герметичность дверей характеризуется показателем воздухопроницаемости, которая определяет свойства дверного блока противостоять пропуску воздуха в закрытом состоянии при определенной разнице давлений между наружной и внутренней поверхностями дверей. Существующие на данный момент методики определения воздухопроницаемости предполагают испытания дверей, отдельных элементов физической защиты, не принимая во внимание особенность его установки на объекте, что предопределило необходимость разработки автором исследования методики проведения испытаний дверей защитных герметичных, а также отдельных элементов физической защиты работников на объекте атомной энергии на герметичность, основанной на проведении испытаний в условиях максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации дверей защитных герметичных, а также отдельных элементов физической защиты работников на объекте. Проведены контрольные испытания на герметичность с учетом разработанной методики, показавшие совпадение полученных результатов с расчетными результатами.

Автономное определение воздухопроницаемости состояло из двух основных этапов: первый заключался в том, что создается избыточное давление воздуха, равное 50 Па, в ресивере, который имеет определенное калиброванное сечение сопла (трубка Вентури), обеспечивающее нормативный расход воздуха (не ниже 36 л/ч); второй этап включал измерение разности давлений между объемом воздуха в ресивере (статический объем) и потоком воздуха, который проходит через трубку Вентури. Таким образом, Определение скорости (объемного расхода) воздуха позволило определить степень воздухопроницаемости (герметичности) дверей. Для проведения автономных испытаний дверей на

воздухопроницаемость, дверь была оборудована специальным резьбовым соединением, к которому подключалось испытательное оборудование. При эксплуатации дверей в это соединение устанавливается заглушка.

Контроль герметичности дверей производился устройством БДР 10/100 (рисунок 1), которое создает и поддерживает давление до 100 Па. Устройство состояло из нагнетателя с клапаном избыточного давления (1), который позволял поддерживать заданное давление с возможностью плавной регулировки. Устройство было снабжено электронным термометром и автономным источником питания. Нагнетатель (ресивер) (1) соединялся с камерой избыточного давления с дозвуковым соплом, обеспечивающим нормативный расход воздуха (0,6, 6 и 10 л/мин). Камера (2) была совмещена с воздухопроводом (2а), который играл роль горловины трубки Вентури и имел калиброванное сечение. Давление измерялось дифференциальным электронным манометром Testo 510 (3). Воздуховод (2а) был соединен с полотном двери через подводящую арматуру (4) через штуцер (5).

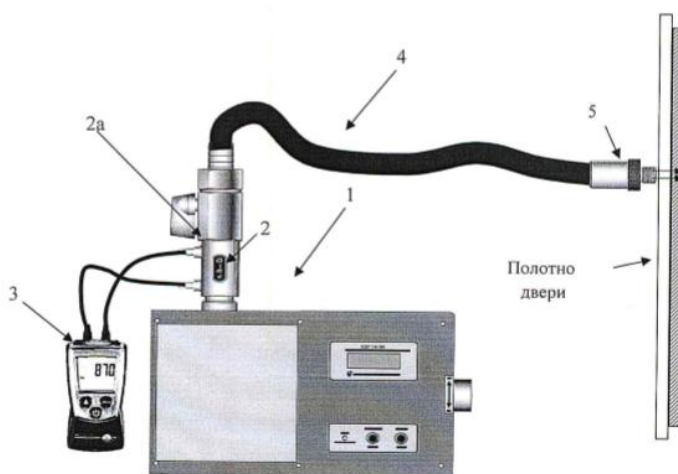


Рисунок 1 – Устройство контроля герметичности дверей БДР 10/100:

1 - ресивер; 2 – камера; 2а – воздухопровод; 3 – дифференциальный электронный манометр; 4 – подводящая арматура; 5 - штуцер

Измерительная часть схемы для измерения воздухопроницаемости состоит из:

-дифференциального манометра Testo 510 (разрешение не хуже 1 Па, погрешность $\pm 3\%$);

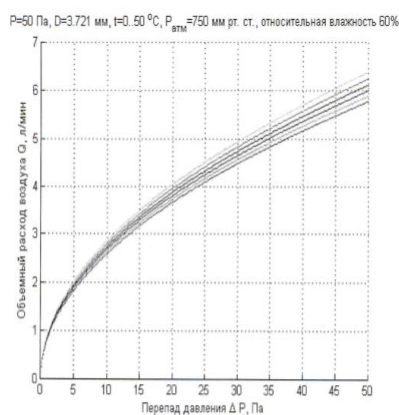
-электронного термометра, позволяющего определять температуру в диапазоне 0-50°C с погрешностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$;

-аспирационного психрометра МВ-4М с погрешность по относительной влажности $\pm 2\%$.

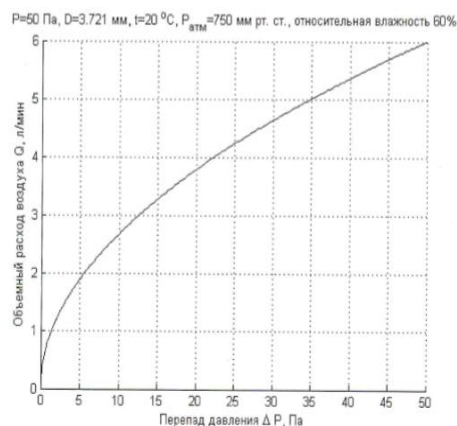
Определение температуры необходимо для определения поправочного коэффициента, учитывающего физические свойства воздуха (плотность, вязкость) в зависимости от температуры окружающей среды. На рисунке 2 приведены графики пересчета перепада давления в объемный расход при определенных параметра воздуха и различных диаметрах проходного сечения.

Объектом исследования были двери герметичные, выпускаемые Закрытым акционерным обществом «Научно-производственное объединение специальных материалов» (ЗАО «НПО СМ»). Испытания герметичности дверей производились в соответствии с программой и методикой приемочных испытаний, установленной предприятием НМРБ.305345.019ПМ. Были проведены испытания на герметичность двух дверей: Дверь защитная герметичная ДЗГНУ, размером 800*2000 мм (Л); Дверь защитная герметичная ДЗГНУ, размером 1500*2400 мм (Л).

а)



б)



в)

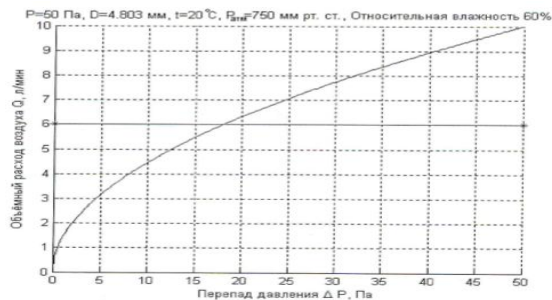


Рисунок 2 – Графики зависимости расхода воздуха Q от показаний электронного дифференциального манометра при различных условиях: а – температура 0-50°C и $Q=6$ л/мин; б - 20°C и $Q=6$ л/мин; в - 20°C и $Q=10$ л/мин.

По результатам испытаний было установлено, что протечки воздуха через двухконтурное уплотнение при перепаде давления 50 Па составили 7 л/ч (дверь размером 800·2000 мм) и 11 л/ч (дверь размером 1500·2400 мм). Как видно из значений этих двух показателей, воздухопроницаемость увеличивается с повышением размеров дверей, что является закономерным. По результатам испытаний, обе двери показывают значение воздухопроницаемость в 2-3 раза ниже нормативно допустимого (воздухопроницаемость не должна быть выше 30 л/ч при перепаде давления 50 Па), что подтверждает эффективность двухконтурного уплотнения дверей. В соответствии с этими данными оба типа двери могут быть использованы по назначению на ОИАЭ.

Чтобы проиллюстрировать эффективность двухконтурного уплотнения в обеспечении герметичность дверей в таблице 1 приведены результаты испытаний дверей защитных герметичных, выпущенных ЗАО «НПО СМ» в различное время с двумя размерами 800·2000 мм и 1500·2400 мм. Типичные протоколы испытаний дверей герметичных приведены в Приложениях к диссертации

Таблица 1

Результаты испытаний дверей защитных герметичных на показатель герметичности при заданном перепаде давления

| Номер изделия | Размеры, мм | Герметичность (протечки воздуха через двухконтурное уплотнение двери при | Нормативное значение герметичности (при перепаде давления 50 Па), л/ч (не выше) |
|---------------|-------------|--|---|
| | | | |

| | | перепаде давления 50 Па), л/ч | |
|-----|-----------|-------------------------------|----|
| 101 | 800·2000 | 11 | 30 |
| 105 | 800·2000 | 7 | |
| 106 | 800·2000 | 6 | |
| 107 | 800·2000 | 10 | |
| 108 | 800·2000 | 8 | |
| 109 | 800·2000 | 7,5 | |
| 113 | 800·2000 | 9,5 | |
| 125 | 1500·2400 | 7 | |
| 126 | 1500·2400 | 9 | |
| 127 | 1500·2400 | 6 | |

С целью повышения точности определения и контроля герметичности дверей была разработана конструкция устройства, которое имело маркировку БДР 10-100. Схема устройства представлена на рисунке 3

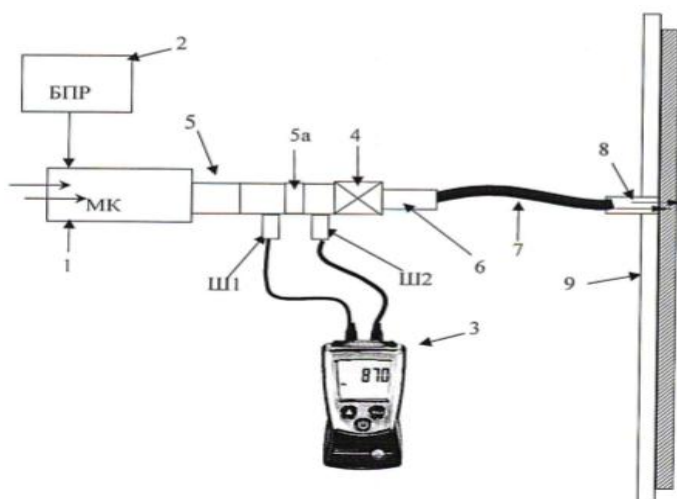


Рисунок 3 – Схема устройства для определения герметичности дверей защитных БДР 10-100:

1 – нагнетающее устройство с клапаном давления; 2 – блок управления и регулирования; 3 – электронный дифференциальный манометр со штуцерами Ш1 и Ш2 для подключения входа и выхода, соответственно; 4 – вентиль избыточного давления; 5 – ресивер; 5а – горловина трубки Вентруи с нормативным максимальным расходом воздуха (0,6, 6 или 10 л/мин); 6 –штуцер; 7 – шланг; 8 – присоединительный штуцер к дверному блоку; 9 – дверь герметичная

Данное устройство отличалось тем, что позволяло поддерживать постоянное давление 50 Па. При этом, поддержание нагнетающего давления реализовалось в автоматическом режиме непрерывно при подзарядке от

аккумуляторных батарей, что позволяет реализовывать измерение в непосредственной близости от объекта контроля. Таким образом, представленное устройство можно отнести к автономному типу. Испытания герметичности дверей можно проводить непрерывно в течение 8 часов и более без подзарядки аккумуляторов.

Применение дверных блоков на ОИАЭ определяется основными свойствами, то есть их способностью противостоять определенного рода воздействиям. К таким свойствам можно отнести: устойчивость по отношению к взлому, огнестойкость и пулестойкость. Для реализации каждого из этих специальных свойств, необходимо модифицировать технологию их производства, и на стадии проектирования закладывать использование материалов и конструкторских решений, которые бы обеспечили заданный уровень каждого из вышеприведенных показателей (специальных свойств). Автором исследования доказана возможность создания дверей защитных герметичных, обеспечивающих комплексную защиту сразу от трех факторов проникающего воздействия: взлома, огня, сквозного пробития осколками, возникающими на месте взрывов, пулями и пр. (пулестойкость). В рамках исследования на основании расчетных данных по огнестойкости, взломостойкости и пулестойкости дверей защитных составлена таблица унифицированного сочетания значения показателей дверей защитных (зависящих, в том числе от плотности стального листа, используемого для внешней и внутренней обшивки двери защитной, термоизоляция двери, предела огнестойкости двери (часов) и др.).

Третья глава исследования «Совершенствование отдельных конструктивных элементов для дверей защитных, устойчивых к воздействию воздушной ударной волны» посвящена разработке конструкции шарнирных механизмов (петель) двери защитной герметичной, устойчивой к воздействию воздушной ударной волны и обеспечивающей эффективную защиту работников от различных средств поражения.

Из многообразия средств поражения наиболее сильным спектром воздействия обладают воздушные ударные волны, возникающие при взрыве заряда конденсирующего вещества или при ядерном взрыве, распространяющиеся с колоссальной скоростью. Очевиден тот факт, что эффективную защиту может обеспечить изделие, конструктивные элементы которого отвечают необходимым требованиям устойчивости к возникающему воздействию. Одним из ключевых элементов конструкции дверей защитных герметичных являются шарнирные механизмы (петли) в связи, с чем возникает необходимость выявления особенностей конструкции таких механизмов устойчивых к воздействиям воздушной ударной волны.

Защитные двери представляют собой конструктивно сложное изделие, состоящее из различных элементов и механизмов (вентилей, задвижек, доводчиков, шарнирных механизмов (петель) и т.д.). Очевиден тот факт, что эффективную защиту может обеспечить изделие, конструктивные элементы которого отвечают необходимым требованиям устойчивости к возникающему воздействию. Одним из ключевых элементов конструкции дверей, которые подвержены разрушению в первую очередь, являются шарнирные механизмы (петли), которые должны отвечать всем необходимым требованиям в отношении воздействия воздушной ударной волны. Для расчета необходимых показателей устойчивости к воздействию возможной угрозы необходимо понимание особенностей такой угрозы.

Воздушные ударные волны возникают при взрыве заряда конденсированного взрывчатого вещества или при ядерном взрыве в атмосфере и характеризуются распространением с большой скоростью в виде области сжатия (разрежения со скачком на своем фронте давления, температуры, плотности и скорости частиц среды (массовой скорости)).

Ключевыми характеристиками ударной волны, которые определяют эффект ее воздействия на защитные ворота и его элементы и механизмы являются избыточное давление в волне и скоростной напор. По мере распространения воздушной ударной волны снижается ее интенсивность, при

этом, одновременно снижается скорость продвижения ее фронта. Таким образом, на существенных расстояниях от эпицентра возникновения воздушная ударная волна вырождается превращаясь в акустическую волну.

Кроме указанных факторов, необходимо также акцентировать внимание на показателях интенсивности воздушной ударной волны к которым относятся длительность фазы сжатия и избыточное давление на фронте, которые рассчитываются в зависимости от совокупности ряда параметров: энергии взрыва, высоты, его условий и расстояния от эпицентра.

При анализе устойчивости воздействия петель к действию воздушной ударной волны с учетом ее интенсивности и эффекта воздействия последовательно рассчитывается динамика их устойчивости к срыву от воздействия воздушной ударной волны.

Еще одним из определяющих факторов, при расчете показателей устойчивости шарнирных механизмов к воздействию возможной угрозы является определение характеристик защитных ворот.

В рамках настоящего исследования особенности конструкции шарнирных механизмов (петель), устойчивых к воздействию воздушной ударной волны рассмотрены для категории защитных дверей, имеющих следующие параметры: отнесение к оборудованию I категории сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01; усилие при открывании/закрывании ворот должно быть не более 350 Н (35 кгс); двери должны выдерживать следующие воздействия воздушной ударной волны: избыточное давление (в фазе сжатия) – 162 кПа, перепад давления (в фазе разряжения – 30 кПа, обеспечение заданных параметров герметичности.

Подходящим видом петель для указанной категории защитных ворот, а также с учетом заданных параметров воздушной ударной волны являются ступенчатые петли с зазором и прерывистым сварным швом (рисунок 4). В диссертации представлены результаты испытаний выбранной категории петель на их устойчивость к воздействию воздушной ударной волны на

основании прочностных расчетов, включающих в себя серию последовательных статических расчетов.

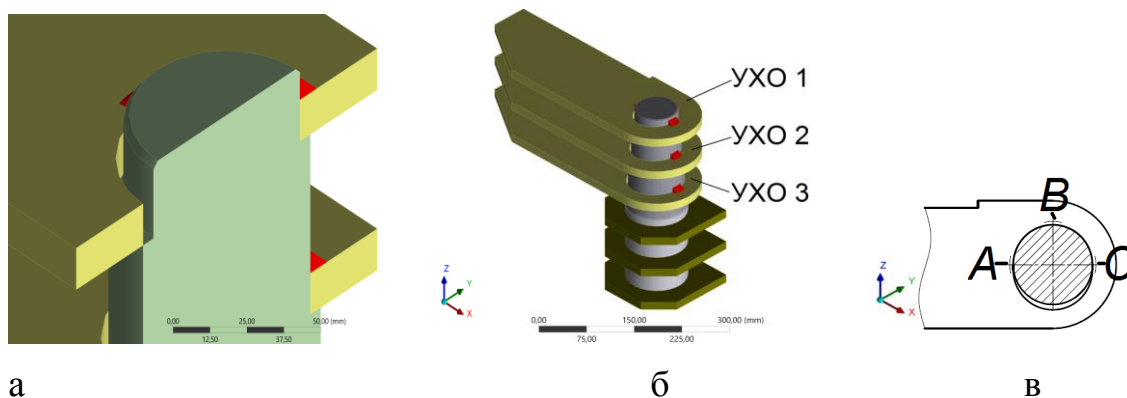


Рисунок 4 – Чертеж сборки петли – ступенчатые петли с зазором и прерывистым сварным швом ((в) – обозначение швов; (б) – обозначение петель, а - плавающая петля со швами в разрезе)

Петля содержит плавающий элемент – поворотную втулку (рисунок 5 (1)), в которую вставляется палец петли (рисунок 5 (2)). На верхнем конце пальца петли выполнена лунка (рисунок 5 (3)), в которой размещен шарик (рисунок 5 (4)). На верхнем конце пальца петли также располагается регулировочный винт (рисунок 5 (5)).

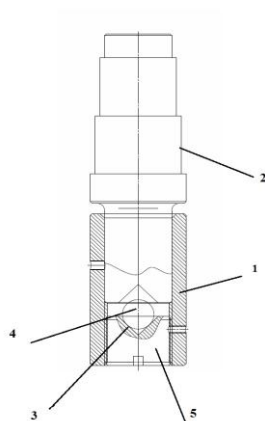


Рисунок 5 – Общий вид петли

Отличительные признаки заключаются в том, что плавающее звено петли выполнено в виде ступенчатой поворотной втулки (радиус поворота 90 градусов) с наличием зазоров на которые одеваются малый, средний и большой флажки петли (диаметр овального отверстия малого флажка петли

70 мм., диаметр овального отверстия среднего флажка петли 80 мм., диаметр овального отверстия большого флажка петли 90 мм.).

Контакт больших флажков петель с поворотными втулками задаётся через треугольные швы с длинами дуг ~19-19.5 мм и длиной катета 8 мм по 3 шва на одном флажке.

Овальная форма отверстий в больших флажках петли и ступенчатая форма поворотных втулок не позволяют полотну ворот сместиться в вертикальной плоскости при воздействии воздушной ударной волны за счет передачи нагрузки через лицевой лист на силовой каркас полотна и на коробку конструкций, устойчивых к воздействию воздушной ударной волны при заданных параметрах избыточного давления.

В совокупности указанные признаки обеспечивают высокую надежность и устойчивость петли к воздействию воздушной ударной волны для конструкций дверей с заданными условиями герметичности.

Петля работает следующим образом: при воздействии воздушной ударной волны швы петли «вылетают» последовательно, при этом не происходит разрушения или необратимых деформаций других элементов петель. Поворотные и опорные втулки, большие и малые флажки петель остаются целыми. Коробка и силовой каркас полотна защитных ворот нагружаются незначительно и также не подвергаются разрушению или необратимым деформациям. Полотно защитных ворот вместе с большими флажками петли физически смещается (плывёт по петлям) до полного контакта с коробкой.

Кроме того, выполнение петли такой конструкции позволяет получить дополнительный результат, заключающийся в уменьшении усилия закрывания-открывания защитных ворот.

В заключении делаются основные выводы по результатам исследования.

Объекты, (предмет) и методы исследования

Объектом исследования являются конструктивные элементы (двери защитные герметические) объектов атомно-энергетического комплекса,

1. Основы безопасности при физической защите объектов использования атомной энергии. Панчук И.К. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 11-12 (101-102). С. 159-163.;
2. Дверные блоки специального назначения как составная часть системы обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии. Панчук И.К., Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 11-12 (89-90). С. 94-100.;
3. Воздухопроницаемость герметичных дверей и методики ее определения. Панчук И.К., Панков А.С. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 1-2 (103-104). С. 85-88.
4. Автономные испытания на воздухопроницаемость дверей защитных герметичных. Панчук И.К., Чернышов М.В., Панков А.С. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 7-8 (109-110). С. 148-153.
5. Использование кабин наружных для физической защиты объектов атомной энергии. Панчук И.К. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 9-10 (111–112). С. 114-117.

Публикации в других изданиях

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

Аспирант _____ ФИО

_____ (подпись)