

РАЗРАБОТКА МНОГОРАЗОВОГО ВЗРЫВОЗАЩИТНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

И. Н. Гордеев, М. А. Липатников, Р. С. Мухаметшин, А. С. Степанов, К. Н. Пермьяков

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», г. Снежинск Челябинской обл.

Введение

Для проведения экспериментальных исследований особенностей динамики сферического схождения стальных оболочек с использованием лазерно-интерферометрической (ЛИМ), фотоэлектрической (ФЭМ), манганиновой и электроконтактной методик (МЭК) в РФЯЦ-ВНИИТФ разработана взрывозащитная камера ВЗК-5.

Задачи, поставленные при разработке конструкции камеры, заключались в обеспечении возможности многократно локализовать в своей внутренней полости продукты взрыва, повышении ее несущей способности и надежности при максимальном снижении массы камеры. Конструкция камеры должна обеспечить ее прочность при взрыве зарядов до 5 кг ТЭ с запасом более 1,5.

При разработке ВЗК-5 были учтены недостатки конструкции ранее разработанных взрывозащитных камер, силовые и демпфирующие элементы адаптированы под требуемые габариты и нагрузки. При этом использование методик (ЛИМ, ФЭМ) потребо-

вало подойти к разработке ВЗК-5 с принципиально новых позиций. Важным элементом данных методик являются волоконно-оптические линии (жгуты, гермопроходники), которые требуют для получения качественных результатов измерений особого подхода при обращении во время проведения монтажных работ. Кроме того, важным было не только обеспечить удобство работы с волоконно-оптическими линиями в ВЗК, но и, учитывая хрупкость материала, из которого они изготовлены, обеспечить их защиту от воздействия осколочного поля и герметичность камеры в целом после проведения взрывного эксперимента.

Чтобы обеспечить безопасность проведения взрывных экспериментов и экологическую защиту окружающей среды, потребовалась разработка и модификация устройств систем стравливания продуктов взрыва и закачки во внутреннюю полость камеры дезактивирующие, нейтрализующие или флегматизирующие вещества, устройств диагностики состояния камеры: блока контроля давления и температуры, монтажных приспособлений (рис. 1).

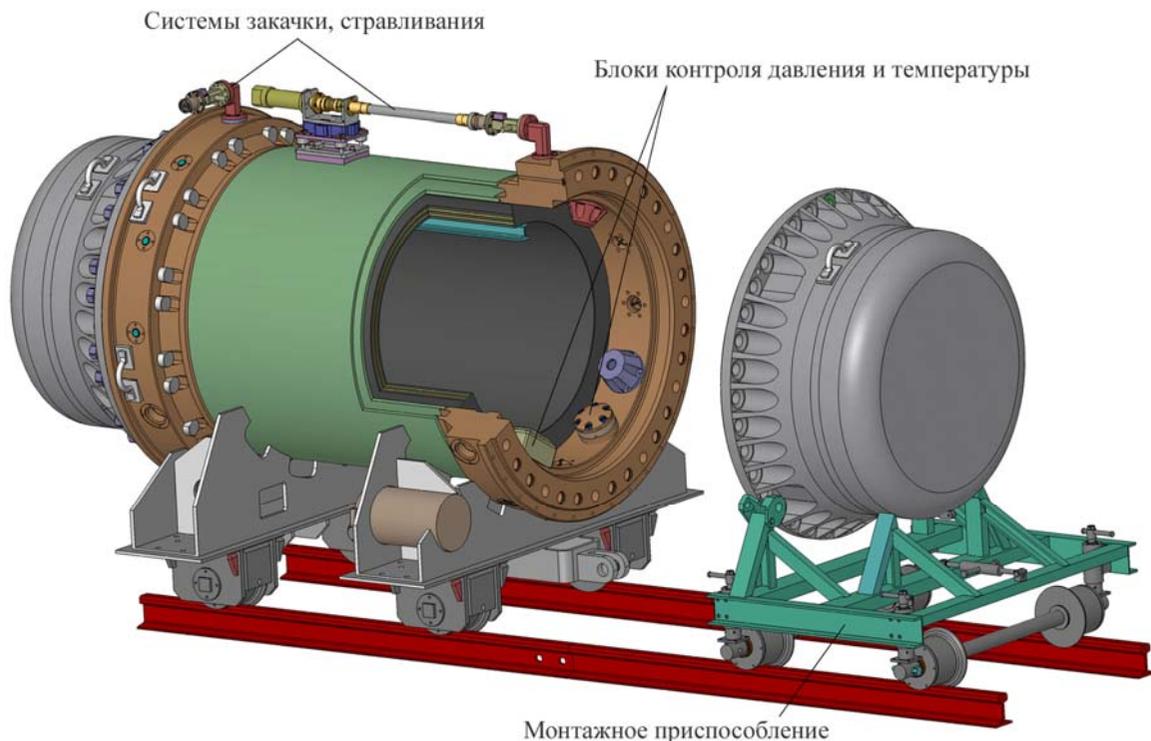


Рис. 1. Общий вид ВЗК-5

Описание конструкции ВЗК-5

Конструкция ВЗК-5 представляет собой двух-контурный составной металлический корпус, состоящий из центральной секции и двух крышек, которые крепятся к корпусу болтами и шпильками. Главной особенностью конструкций ВЗК-5 является наличие внутренних силовых элементов, заключенных в корпусе ВЗК в виде силовой вставки и торцевых демпферов из металлической сетки. Эти элементы позволяют защитить корпус ВЗК от интенсивных взрывных нагрузок и тем самым обеспечить требуемый высокий уровень несущей способности ВЗК.

Корпус ВЗК-5 является сварной конструкцией, состоящей из двух концентрично расположенных труб, к которым приварены фланцы с обеих сторон. В каждом фланце имеется по 12 отверстий для размещения в них проходных герморазъемов (волоконно-оптических и электрических) и запорных устройств. К корпусу приварены ложементы для крепления к ним колес и опор для транспортировки ВЗК.

Внутри корпуса в центре расположена силовая вставка, которая состоит из 3-х концентрично расположенных труб толщиной 10 мм, имеющих зазор по 8 мм, который заполнен песком. Зазор между внутренней трубой корпуса ВЗК и наружной трубой силовой вставки составляет 40 мм. Внутри силовой вставки в верхней ее части приварен рельс для закатки заряда (рис. 2).

Каждая крышка ВЗК-5 представляет собой так же сварную конструкцию, состоящую из двух цельнометаллических частей – фланцевой и донной. Фланцевая часть имеет 36 отверстий для крепления к корпусу ВЗК и усиление в виде ребер. Донная часть

имеет чашеобразную форму с толщиной дна 60 мм. Внутренняя полость каждой крышки заполнена сетчатыми блоками, выполненными из сетки Рабица, для уменьшения воздействия продуктов взрыва.

Материал, используемый для изготовления ВЗК-5 – 09Г2С. Сварные швы корпуса и крышек ВЗК выполнены по II группе ОСТ95 1487-86 и проверены ультразвуковым контролем и статическим давлением маслом: крышки – на 80 кгс/см², камера в целом – на 70 кгс/см².

Взрывозащитная камера имеет следующие габаритные размеры:

длина – 2624 мм; высота – 1692 мм; ширина – 1592 мм; внутренний диаметр корпуса – 1040мм; наружный диаметр корпуса – 1040 мм.

Внутренний объем камеры – 1,4 м³.

Масса камеры – 5500 кг.

Конструктивные отличия и преимущества ВЗК-5

Конструктивные отличия и преимущества ВЗК-5 от ранее разработанных ВЗК:

– размещение силовой сталепесочной вставки в центральной части с опорой на массивные фланцы позволило надежно защитить сварные швы корпуса ВЗК от прямого воздействия ударной волны и избавило от необходимости заливки бетоном межтрубного пространства корпуса, в результате чего значительно снижен вес камеры;

– размещение во фланцах корпуса ВЗК проходных электрических и волоконно-оптических герморазъемов для методик физизмерений позволило на-

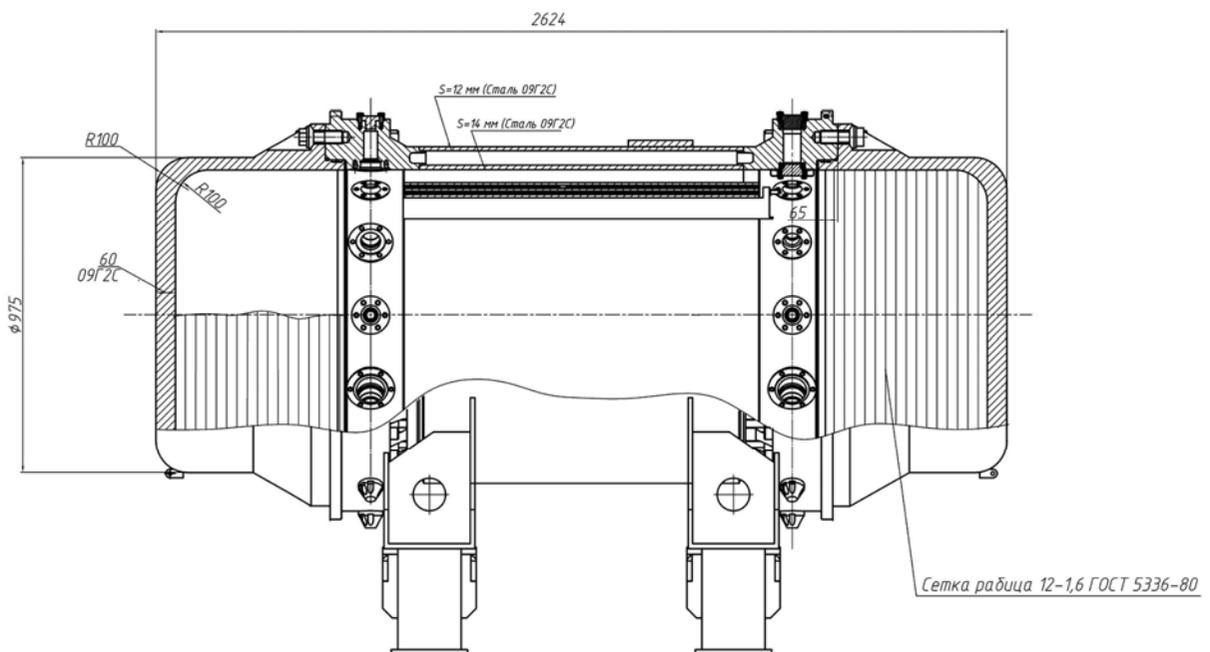


Рис. 2. Конструктивная схема ВЗК-5

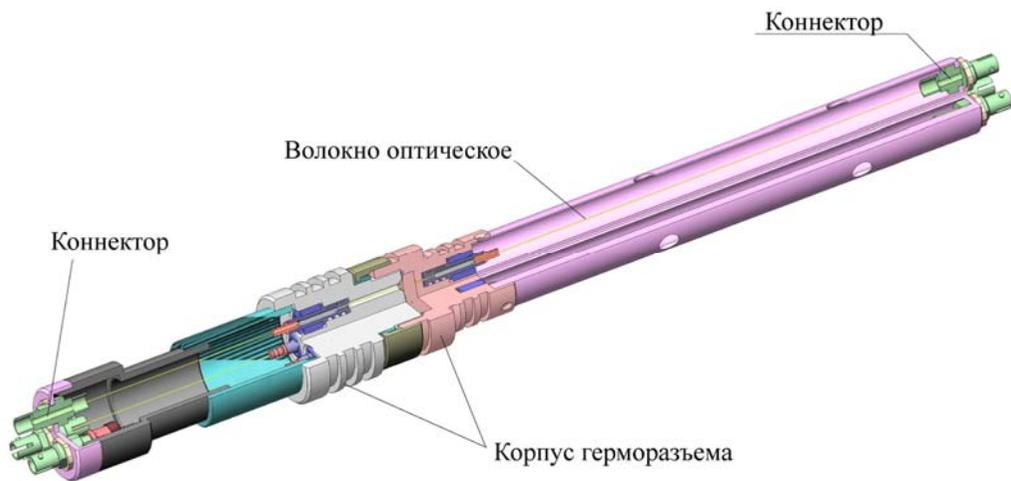


Рис. 3. Волоконнооптический герморазъем (ВОГ)

дежно защитить их от воздействия осколочного поля, тем самым обеспечить герметичность камеры и получение качественных физизмерений;

- основную нагрузку продуктов взрыва в камере воспринимают защитные и демпфирующие элементы (силовая вставка и сетчатые блоки), при этом сам корпус камеры работает в упругой области, это привело к решению выполнить защитные и демпфирующие элементы сменными и позволило в одной камере провести поочередно три взрывных эксперимента;

- число сварных швов, влияющих на несущую способность ВЗК-5, уменьшено до восьми, тогда как в камерах прежних разработок их количество доходило до нескольких десятков, данное решение повысило как прочность камеры, так и снизило трудоемкость ее изготовления;

- выполнение корпуса ВЗК составным позволило упростить работу по юстировке камеры и заряда в ней, улучшило доступ к стыкуемой аппаратуре внутри камеры, особенно, касающейся волоконно-оптической методики и появилась возможность работы с двух сторон при снятых крышках;

- выполнение в цельнометаллических фланцах необходимого количества отверстий для размещения в них электрических и волоконно-оптических проходных герморазъемов позволило избежать большого количества сварных швов, которые являются концентраторами напряжений;

- выполнение крышек ВЗК чашеобразной формы позволило снизить краевой эффект в угловой зоне, тем самым повысить прочность камеры.

Описание конструкции волоконнооптического проходного герморазъема

Проходные волоконнооптические герморазъемы (ВОГ) предназначены для передачи (подвода и отвода) лазерного излучения от исследуемых образцов, помещенных в камеру высокого давления (ВЗК) (до

150 МПа) при сохранении герметичности на всех этапах взрывного эксперимента.

Нами разработаны несколько модификаций проходного ВОГ, которые отличаются по размеру волокна и по способу герметизации оптического волокна в корпусе герморазъема.

Проходной ВОГ представляет собой двухконтурную конструкцию, состоящую из двух последовательно расположенных корпусов, в которых размещены три оптических канала. Каждый корпус имеет свое герметичное уплотнение снаружи (в виде трех резиновых колец) и внутри в каналах размещения оптического волокна. Оптический канал представляет собой отрезок омедненного многомодового оптического волокна ($\varnothing 0,125 \dots 0,88$ мм) на концах которого устанавливаются SMA или ST адаптеры. Проведены исследования способов герметизации оптического волокна в каналах корпуса герморазъема. Выбрано два способа герметизации: один – при помощи клея ЭЛ-20, второй – комбинированный – с применением припоя ПОС-61 и клея ЭЛ-20 (рис. 3).

На сегодняшний день проведен полный цикл отработки (статическое и взрывное нагружение) ВОГ с клеевым способом герметизации оптического волокна.

Результаты испытаний ВОГ:

статическое давление – 100 атм.;

перегрузка при взрывном нагружении – 1300 г.

Прочность и герметичность ВОГ подтверждена. Исследования с комбинированным способом герметизации продолжаются.

Экспериментальная отработка

Согласно требованиям ПВБ-87/97 разработанная камера ВЗК-5 на несущую способность 5 кг ТЭ должна иметь запас прочности не менее 1,5.

Для подтверждения этого требования 12.10.2009 года на внутреннем полигоне проведен взрывной эксперимент с подрывом в ВЗК-5 заряда с энерговыв-

делением 8 кг ТЭ. После проведения взрывного эксперимента камера сохранила свою целостность, прочность и герметичность. Значения деформаций, зарегистрированные на наружной поверхности корпуса и крышках ВЗК-5, находились в упругой области. Силовая вставка прогнулась на 14,7 мм (зазор между вставкой и корпусом составлял 40 мм), а сетчатые блоки деформировались на 120 мм. Блок контроля давления и температуры сохранил свою работоспособность после опыта.

В результате обследования внутренней поверхности камеры, силовой вставки и сетчатых блоков пришли к заключению о возможности многоразового использования ВЗК-5 при замене силовой вставки и сетчатых блоков.

В апреле, мае 2010 г. в этой же камере после замены указанных выше элементов, проведены еще три эксперимента с подрывом зарядов с энерговыделением 4 кг ТЭ. Данные опыты проводились с целью отработки методик ЛИМ и МЭК. Результаты экспериментов признаны положительными, камера сохранила целостность и герметичность, методики получили качественную информацию.

Заключение

Данная конструкция ВЗК-5 была представлена межведомственной комиссии по экологической безопасности проведения взрывных экспериментов и

получила положительные оценки. Комиссия отметила достижения в разработке ВЗК в части снижения концентраторов напряжений в конструкции, снижение влияния «человеческого фактора» на качество камеры при изготовлении, компактность, эстетичность конструкции, удобство работы и надежность обеспечения экологической безопасности при проведении взрывных экспериментов.

Комплекс конструкторских и экспериментальных работ позволяет расширить область экспериментальных исследований особенностей динамики сферического схождения стальных оболочек с использованием методик ЛИМ, ФЭМ и МЭК.

Положительным результатом разработки является то, что учтены возможности изготовления ВЗК-5 (полного цикла) на заводе №1 РФЯЦ-ВНИИТФ без привлечения сторонних предприятий. Камера для взрывного эксперимента на внутреннем полигоне была изготовлена в течение 5 месяцев.

ВЗК-5 надежно обеспечила экологическую безопасность при проведении взрывных экспериментов в РФЯЦ-ВНИИТФ в 2010 году.

Так как взрывные эксперименты на внутреннем полигоне института проводились в одной и той же камере, то можно утверждать, что в РФЯЦ-ВНИИТФ разработана многоразовая ВЗК.

На данную конструкцию ВЗК-5 подано две заявки на получение патента на изобретение.