

# Трубопроводная арматура для блоков локализации оболочки АЭС с реакторами ВВЭР - 1000

О.Г. Крыжановский, главный конструктор проекта ЗАО «НПФ «ЦКБА»

Одним из аспектов повышения безопасности АЭС с реакторами ВВЭР-1000 явилось повышение безопасности блока локализации оболочки (ЛО) реакторного отделения. На ряде действующих АЭС такие блоки состоят из двух (основного и дублирующего) последовательно установленных, а фактически сваренных с патрубком оболочки, проставкой и трубопроводом, электроприводных, так называемых, «клапанов герметических» DN 1600 (разновидность поворотных затворов), рассчитанных на воздействие аварийного давления, которое может возникнуть внутри оболочки, в том числе и при сейсмических воздействиях.

Устойчивая тенденция повышения требований к арматуре для новых энергоблоков АЭС привела к повышению значений параметров эксплуатации и класса безопасности арматуры блоков ЛО с класса 3 СПС до 2ВПв (по классификации ОТТ-87) и добавлению требований вакуумной плотности по отношению к внешней среде и в затворе арматуры. Совместными усилиями ЗАО «НПФ «ЦКБА», ЗАО «Атомэнерго» (ОАО «Кировский завод»), ЗАО «ОСТ-СЕЙСМ» и ПНТЦ РКК «Энергия» в течение 2002-2005 гг. была спроектирована и отработана такая арматура, установленная в шести блоках ЛО 3 энергоблока Калининской АЭС и смонтированная в шести блоках ЛО 2 энергоблока Волгодонской АЭС.

Традиционная конструкция ранее выпускавшегося клапана герметического K01019 – 1600 (кл. 3СПС) претерпела некоторые изменения. Это привело к пересмотру ряда технических решений разработанного нами в 1981 г. клапана.

Кинематическая схема разработанного в 2002 г. клапана герметического ЦКБ K01025 – 1600 осталась прежней.

Штампованная диск пружинами и шарнирно соединён с рычагом, закреплённым на середине вала, проходящего через корпус и соединённого с электроприводом через червячный редуктор, и на конечном участке закрытия прижимается к седлу корпуса, скользя на небольшом участке вдоль него. Однако от плоского кольца, закрепляемого на диске, а также от кольца круглого сечения, устанавливаемого в ряде подобных изделий свободно в канавке седла корпуса, мы отказались и ввели кольцо треугольного профиля с тремя тороидальными кромками, которое крепится в седле корпуса прижимным кольцом. Такой вариант крепления позволяет при необходимости подтягивать

кольцо по месту при повреждении или (что проверено при испытаниях) производить переустановку его в течение немногим более 30 минут для работы на другой уплотнительной кромке. Кроме этого, введён сферический подшипник в соединении рычага с диском, уплотнение по валу вместо резиновых колец круглого сечения выполняется подтягиваемым фторопластовым сальником, работоспособным при более высокой, до 150 °С, температуре. Заглушка на торце вала может при необходимости, свариваться «на ус» с корпусом. Всё это позволяет повысить надёжность клапана, практически не увеличивая вес и габариты.

Мы провели комплексные испытания изделия такого DN, имеющего вес более 2 т, а именно: помимо испытаний на прочность и плотность, герметичность затвора, клапан выдержал (без каких-либо подтяжек уплотнений) испытания на вакуумную плотность относительно внешней среды и в затворе (при вакууме под и над диском 250 мм рт. ст.) в том числе после ресурсных испытаний и воздействия температуры 150 °С. На нём мы впервые осуществили ресурсные (более 600 циклов «диск открыт-закрыт») испытания на расходном воздушном стенде, обеспечившим скорость потока около 15 м/с (более 100 тыс. м<sup>3</sup>/час), при этом клапан имел коэффициент сопротивления 0,8; а также провели испытания, имитируя сейсмические воздействия на двухкомпонентном стенде, позволяющем создавать ускорения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, подтвердив сейсмостойкость изделия в условиях землетрясения 9 баллов (по шкале MSK-64) при высотной отметке 30 м (*См. поз. 1 на рисунке*).

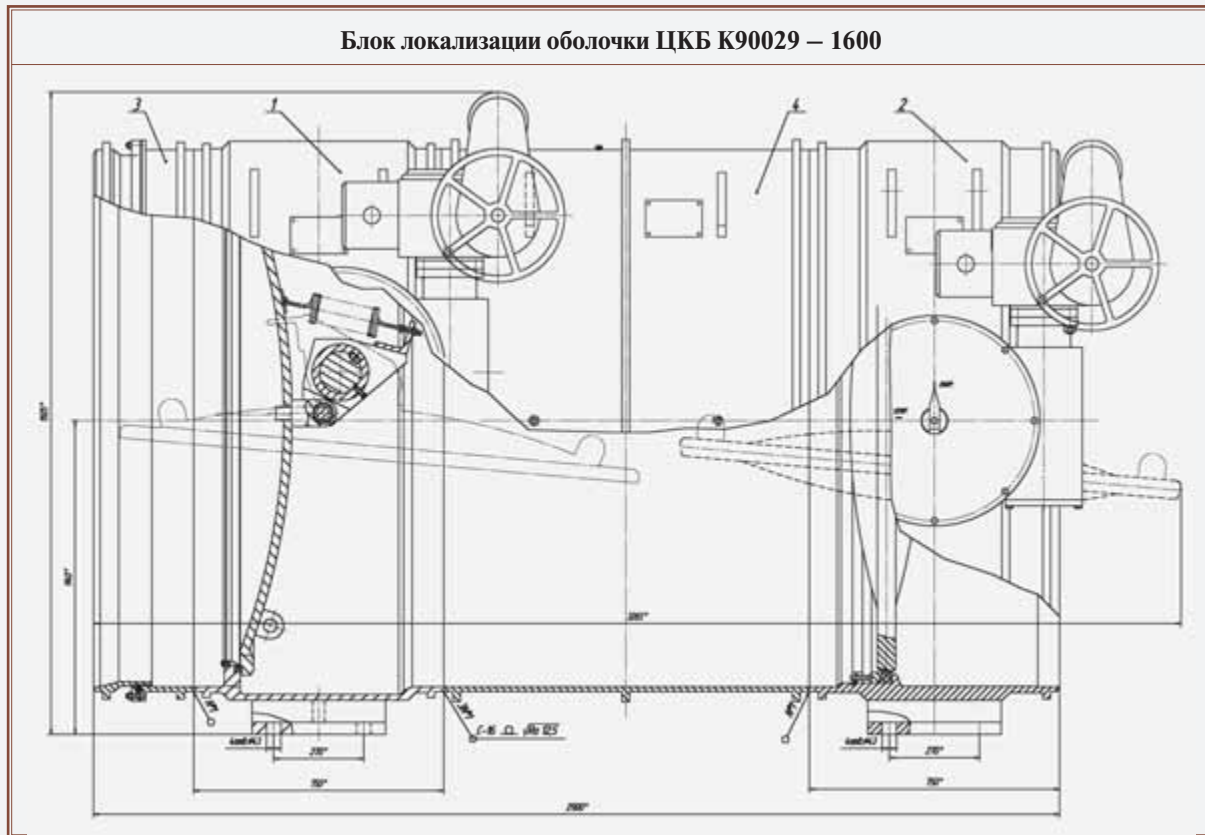
Клапан выдержал перегрузки, превосходящие штатные, и имел значительный запас по ресурсу. Все детали, подверженные износу, находились в хорошем состоянии, никаких отказов при испытаниях не было. Принятые технические решения себя оправдали.

Необходимость опрессовки клапанов блока ЛО давлением, адекватным давлению опрессовки оболочки реакторного отделения, потребовала создания и применения специального переносного устройства для реализации технологии опрессовки блока. Отказов и замечаний по работе клапанов герметических ЦКБ K01025 – 1600 на 3 энергоблоке Калининской АЭС пока нет.

В связи с достаточно большим временем на осуществление ежегодного регламента каждого из шести блоков ЛО возникла потребность в применении изменённой

конструкции одного из изделий блока ЛО, соединяемого непосредственно с патрубком оболочки, т.е. дискового затвора, рассчитанного на двустороннее действие давления рабочей и испытательной среды на диск. И такой затвор появился (*См. поз. 2 на рисунке*).

сварку с трубопроводом, один из которых с цилиндрической уплотнительной поверхностью из коррозионностойкой стали. Соединение патрубков герметизируется также уплотнительным резиновым кольцом унифицированного треугольного профиля, которое может дополнительно



Это дисковый затвор ЦКБ К99194 – 1600 (кл. 2ВПв) из углеродистой стали, с патрубками под сварку, с электроприводом, предназначенный для эксплуатации при давлении в трубопроводе до 0,6 МПа, а также при вакууме до 250 мм рт. ст. Имеет штампосварной чечевицеобразный диск, одна из проушин которого закреплена на оси, а другая – шлицевым соединением связана с валом. Для надёжного и герметичного перекрытия затвора, при любом направлении давления на диск, уплотнительное резиновое кольцо треугольного профиля, аналогичное кольцу клапана герметического ЦКБ К01025 – 1600, закреплено в корпусе и также может подтягиваться по месту, но при закрытом диске контактирует с конической уплотнительной поверхностью, выполненной из коррозионностойкой наплавки ЦН-12М.

Вал дискового затвора соединён с электроприводом через червячный редуктор.

Дисковый затвор успешно прошел такие же ресурсные испытания на расходном воздушном стенде, как и клапан герметический, и имеет коэффициент сопротивления 0,8. Дисковый затвор и клапан герметический имеют одинаковые электроприводы, но разное время открытия (соответственно 58 и 28 с) и внешне очень похожи.

Компенсатор деформаций ЦКБ К08025 – 1600 (кл. 4Н) (*См. поз. 3 на рисунке*) от привариваемых к блоку ЛО трубопровода и патрубка оболочки, выполнен телескопическим, состоящим из двух патрубков, имеющих кромки под

подтягиваться по месту или переустанавливаться на другую уплотнительную кромку.

В итоге, в течение 2002-2005 гг. был создан блок изделий, состоящий из последовательно устанавливаемых дискового затвора ЦКБ К99194 – 1600, проставки с технологическими штуцерами для испытаний (*См. поз. 4 на рисунке*), клапана герметического ЦКБ К01025 – 1600 и компенсатора ЦКБ К08025 – 1600, поставляемых как отдельно, для сварки на месте, так и в виде единого блока ЦКБ К90029 – 1600, имеющего длину около 3 м и вес около 6 т, свариваемого в заводских условиях и комплексно испытываемого под наблюдением представителя Ростехнадзора РФ (*См. рисунок*).

Концепция блочной поставки в виде сборки ЦКБ К90029 – 1600 реализована на 2 энергоблоке Волгодонской АЭС. Это позволило повысить качество блоков ЛО, сократить объём и стоимость работ по вводу в действие всех шести блоков ЛО на этом энергоблоке, поскольку на месте, при их установке, выполняются два стыковых шва, а также сократить время на периодические регламентные работы.

Уместно также отметить, что технические решения, применённые в клапане герметическом ЦКБ К01025 – 1600, мы реализовали в клапанах герметических DN1400, ЦКБ М01032 – 1400 и ЦКБ М01032 – 1400-01, (кл. 3СПс) из коррозионностойкой и углеродистой сталей соответственно, изготовленных для систем вентиляции АЭС «Куданкулам» (Индия) и Волгодонской АЭС.