



www.niik.ru

**ГРАМОТНОЕ ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА,
СВОЕВРЕМЕННАЯ ДИАГНОСТИКА И КАЧЕСТВЕННО
ВЫПОЛНЕННЫЙ РЕМОНТ - ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ
БЕЗОПАСНОЙ, ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗАВАРИЙНОЙ
РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ.**

**Профессионально выполняем инжиниринг и реализацию
проектов в области химии и нефтехимии**

Мы предлагаем следующий вид услуг:

- разработка технологий;
- проектирование химических, нефтехимических, взрыво- и пожароопасных, химически опасных и вредных производств;
- компьютерный технологический тренажер, АСУ ТП;
- испытания различных видов продукции, подлежащей обязательной сертификации;
- экспертиза;
- диагностика, обслуживание и ремонт оборудования;
- комплектная поставка оборудования.



ВЕЧНАЯ МОЛОДОСТЬ АППАРАТОВ: ЗАМЕНА ФУТЕРОВОК РЕАКТОРОВ КАРБАМИДА ПО МЕСТУ УСТАНОВКИ

А.В. ЧИРКОВ, А.К. ТУЗОВ

ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КАРБАМИДА И ПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА»

В настоящий момент производства карбамида проектной мощностью 1000–1500 т/сут (так называемые АК-80), действующие на территории России и ближнего зарубежья, находятся в эксплуатации 25–30 лет, а агрегаты с полным жидкостным рециклом проектной мощностью 250–500 т/сут (известные как АК-70) – по 40–45 лет. Основным и очень дорогостоящим аппаратом в производстве карбамида является колонна синтеза, поэтому ее техническое и коррозионное состояние определяют эффективность и бесперебойность работы всего агрегата.

При проведении коррозионных обследований колонн синтеза наблюдаются коррозионное утонение футеровки и износ сварных швов, близкие к критическим, из-за чего сильно повышается вероятность аварийных остановок и опасность поражения несущих корпусов колонн в случае сквозного пропуска через футеровку.

Технология восстановления работоспособности колонн синтеза карбамида ~ 1300 мм агрегатов АК-70 путем полной замены футеровки давно отработана в ОАО «Научно-исследовательский и проектный институт карбамида и продуктов органического синтеза» (НИИК) и успешно применяется до настоящего времени. Небольшая толщина футеровки этих колонн (5–6 мм) и достаточно большой

диаметр горловины (~ 800 мм) позволяют проводить транспортировку обечаек новой футеровки внутрь колонны в виде рулонов. Рулон разворачивается внутри колонны, и футеровка плотно прижимается к корпусу специальными приспособлениями, после чего производятся сварочные работы.

В связи с тем что сроки эксплуатации колонн синтеза производств карбамида большой мощности АК-80 (агрегаты поставки фирм Stamicarbon, Tecnimont, Snampromgetti, TEC) на настоящий момент значительны, становится актуальным вопрос о частичной замене наиболее изношенных участков футеровки колонн синтеза карбамида этих агрегатов. Как правило, наибольшему коррозионному износу подвержена футеровка верхней части реактора – верхнее днище и верхние пояса футеровки цилиндрической части колонны. Большая толщина футеровки (8–11 мм) при небольшом по отношению к диаметру корпуса (~ 1660–2500 мм) диаметре горловины (~ 500–1000 мм) не позволяет проводить замену футеровки аналогично колоннам агрегатов АК-70, из-за чего возникает необходимость выполнения большого количества новых сварных швов футеровки и проблема последующего контроля их герметичности в процессе эксплуатации.

ОАО «НИИК» активно работает над данной проблемой и на сегодняшний день имеет наработки и успешный опыт проведения ремонтов колонн синтеза карбамида большой мощности. По технологиям, разработанным ОАО «НИИК», и при техническом сопровождении ремонтных работ специалистами НИИК была проведена замена футеровки колонн синтеза в местах, наиболее подверженных коррозионному износу. В 2008 г. частичная замена футеровки реактора была проведена на Кемеровском ОАО «Азот» и ОАО «НАК «Азот»,

ОАО «НИИК» на сегодняшний день имеет наработки и успешный опыт проведения ремонтов колонн синтеза карбамида большой мощности

г. Новомосковск, а в 2010-м – на ОАО «Азот» г. Черкассы.

Ремонт верхней части футеровки колонны синтеза на Кемеровском ОАО «Азот»

Реактор синтеза карбамида изготовлен фирмой Rheinstahl в 1977 г., с 1982-го находится в эксплуатации на Кемеровском ОАО «Азот» в цехе производства карбамида поставки фирмы Tecnimont проектной мощностью 1500 т/сут. Представляет собой многослойный сосуд высокого давления с коваными днищами, футерованный изнутри сталью WNr 1.4435. Внутренний диаметр аппарата 1660 мм, диаметр горловины 650 мм.

В 2006 г. при замерах толщины стенок футеровки реактора была определена зона критического утонения (толщина менее 4 мм при проектной – 11 мм), расположенная по зоне термического влияния кольцевого сварного шва на футеровке днища. Футеровка верхнего днища, находящаяся в газовой фазе, подверглась значительной язвенной коррозии глубиной до 6 мм. Проведенные металлографические исследования образцов металла футеровки днища показали наличие сильно развитой межкристаллитной коррозии с выкрашиванием зерен максимальной глубиной до 0,84 мм (рис.1).

Было решено во время следующего капитального ремонта заменить футеровку верхнего днища и участок цилиндрической футеровки, примыкающий к верхнему днищу, на новую, изготовленную из стали 02Х25Н22АМ2.

Специалисты ОАО «НИИК» разработали технологию ремонта, постави-

Основным и очень дорогостоящим аппаратом в производстве карбамида является колонна синтеза, поэтому ее техническое и коррозионное состояние определяют эффективность и бесперебойность работы всего агрегата

Рис. 1

МКК футеровки днища

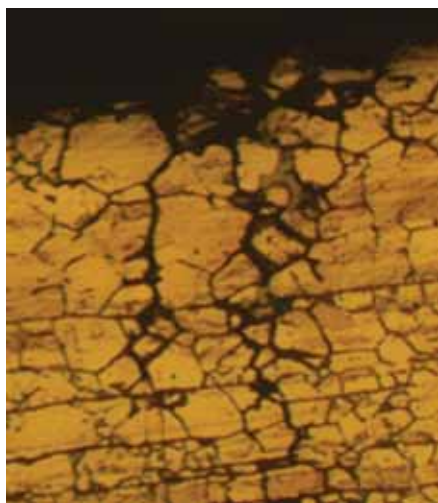


Рис. 3

Колонна синтеза карбамида Rheinstahl

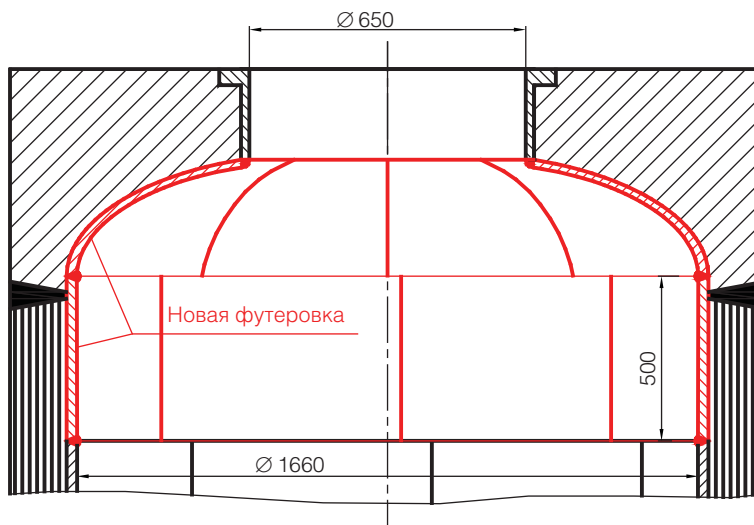


Рис. 2

Оснастка для прижатия футеровки верхнего днища



Рис. 4

Монтаж новой футеровки



ли необходимые заготовки футеровки, сварочные материалы, ремонтную оснастку и в августе 2008 г. осуществили техническое сопровождение ремонта.

Если для производства полусферических днищ реакторов агрегатов АК-70 ~ 1300 мм используется штамповка с последующей механической обработкой, позволяющей обеспечить точное прилегание заготовок футеровки днища к корпусу, то в данном случае, сложная торосферическая форма днища повлекла за собой необходимость применения для изготовления днища метода обкатки роликами без последующей механической обработки, а также необходимость применения при монтаже специально разработанной оснастки, позволяющей плотно прижать заготовки футеровки с учетом невозможности точного попадания в нужный размер при изготовлении (рис. 2).

В колонне была смонтирована новая футеровка верхнего днища, изготовленная из стали 25.22.2 тол-

щиной 8 мм, состоящая из восьми лепестков, а также был заменен пояс футеровки цилиндрической части на высоту 500 мм (рис. 3).

Цилиндрическая часть футеровки была изготовлена из трех элементов, исходя из условия проходимости через горловину.

Все сварочные работы велись путем ручной аргонодуговой сварки. Контроль качества выполнения сварных швов осуществлялся визуально послойно и методом цветной дефектоскопии после окончательной заварки (рис. 4).

По окончании всех работ было проведено гидравлическое испытание реактора внутренним давлением 23 МПа при температуре 70 °С. Течи и падения давления при проведении испытаний не зафиксировано.

После гидроиспытаний реактор был вскрыт и специалистами НИИК произведен внутренний осмотр основного металла и сварных швов новой футеровки. Недопустимых дефектов обнаружено не было.

Работа велась в круглосуточном режиме. Всего затраты времени на непосредственно работы по замене футеровки составили 11 сут.

При техническом руководстве ОАО «НИИК» была успешно выполнена замена футеровки верхней части реактора, при этом был впервые применен новый метод изготовления футеровки днищ сложной формы – обкатка роликами. С помощью специального прижимного устройства конструкции НИИК удалось добиться плотного прилегания футеровки днища к корпусу колонны.

По окончании ремонта реактор был успешно пущен в эксплуатацию в сентябре 2008 г.

Ремонт верхней части футеровки колонны синтеза на ОАО «НАК «Азот»

Реактор синтеза карбамида изготовлен фирмой АТВ в 1977 г. С 1979 г. находится в эксплуатации в цехе производства карбамида поставки фирмы Snamprogetti проектной мощностью 1500 т/сут на ОАО «НАК «Азот».

Корпус колонны вальцованосварной, днища штампованные, толщина цилиндрической части корпуса 95 мм. Аппарат футерован изнутри сталью AISI 316L UG. Внутренний диаметр аппарата 2305 мм, диаметр горловины 500 мм. Под футеровкой имеется подложка из углеродистой стали толщиной 5 мм. Сварные швы футеровки выполнены на подкладных полосах с канавками системы контроля герметичности.

Первичное обследование реактора перед его монтажом выявило многочисленные несоответствия с про-

ектом, допущенные заводом-изготовителем, в результате которых в период эксплуатации имели место неоднократные случаи разрывов футеровки по сварному шву приварки футеровки верхнего днища реактора к верхней цилиндрической обечайке футеровки из-за неплотного прилегания футеровки к корпусу и некачественного выполнения сварных швов (рис. 5).

В период 1997–2000 гг. (без участия ОАО «НИИК») предпринимались попытки восстановить данный сварной шов и верхний пояс футеровки цилиндрической части колонны, также подвергшийся значительному коррозионному износу. Сварной шов был неоднократно переварен и перекрыт накладками из стали 02Х25Н22АМ2 толщиной 4 мм, на общую высоту 1200 мм от футеровки верхнего днища.

При дальнейшей эксплуатации колонны, по причине некачественно проведенного ремонта, под накладкой вновь произошел отрыв футеровки цилиндрической части от сферы на протяжении полупериметра, в связи с чем в июле 2005 г. были проведены работы по ремонту узла перехода «сфера–цилиндр» реактора. Ремонт узла был проведен по технологии, разработанной ОАО «НИИК», при техническом руководстве специалистов ОАО «НИИК». Ремонт заключался во вскрытии накладки на высоте 430 мм, замене участка цилиндрической футеровки высотой 200 мм на новый и восстановлении накладки. После проведения ремонта отрывы футеровки

цилиндрической части от сферы прекратились.

В октябре 2007 г. агрегат был остановлен по причине пропуска через отверстие системы контроля герметичности футеровки верхней части реактора. При внутреннем визуальном осмотре были выявлены места сквозных поражений по нижнему сварному шву приварки накладки к футеровке. На четырех из двенадцати листов накладки имелись гофры высотой до 80 мм, вызванные разложением плава, попавшего в поднакладочное пространство, с выделением газовой фазы. Три наиболее деформированных листа накладки были заменены на новые.

В марте 2008 г. специалистами ОАО «НИИК» было проведено обследование верхней части реактора и техническое сопровождение текущего ремонта.

При обследовании были обнаружены обширные коррозионные поражения старой футеровки под накладкой и значительное количество отложений продуктов разложения плава и коррозии металла. При зондаже подфутеровочного пространства были обнаружены пустоты, что свидетельствовало о наличии коррозионного поражения несущего корпуса реактора (рис. 6).

По результатам обследования по причинам обнаружения дефекта корпуса, разрушения футеровки под накладкой, опасных явлений, возникающих при сквозном поражении шва накладки, было принято решение отказаться от дальнейшего ремонта футеровки реактора путем наложения накладки и в 2008 г. заменить футеровку верхней

части реактора на новую, изготовленную из стали типа 25.22.2.

С учетом вышеизложенного ОАО «НИИК» была разработана специальная технология ремонта реактора, которая предусматривала демонтаж накладок из стали 02Х25Н22АМ2 толщиной 4 мм, замену двух верхних поясов футеровки цилиндрической части реактора (~3,5 м) из стали AISI 316L на новую из стали 02Х25Н22АМ2 толщиной 8 мм, замену уплотнительного кольца и футеровки горловины на сталь 02Х25Н22АМ2, ремонт несущего корпуса реактора.

НИИК осуществил поставку всех необходимых для ремонта заготовок футеровки, сварочных материалов и технологическую оснастку.

Ремонт футеровки реактора согласно данной технологии проводился в период с октября по декабрь 2008 г. Все работы велись при постоянном техническом руководстве специалистов НИИК.

Под футеровкой верхнего пояса был обнаружен коррозионный дефект несущего корпуса колонны в виде ручья глубиной до 24 мм, шириной ~50 мм и протяженностью ~1,5 м (рис. 7).

Корпус колонны был восстановлен путем наплавки ручной электродуговой сваркой электродами с высоким содержанием никеля, позволяющими производить заварку без предварительного и сопутствующего подогрева. Сварка велась непрерывно двумя сварщиками, попеременно сменявшими друг друга. После заполнения разделки наплавка была зачищена по шаблону заподлицо с

Рис. 5

Колонна фирмы АТВ, переход «сфера–цилиндр»

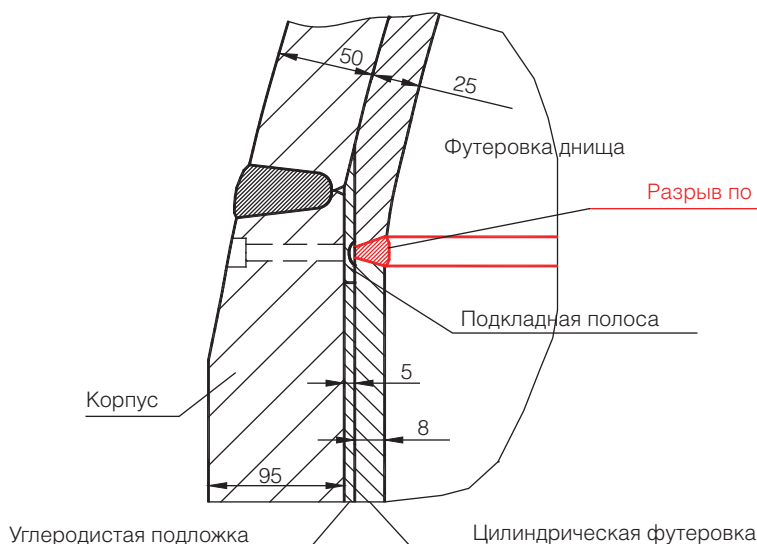


Рис. 6

Коррозия футеровки под накладками



Рис. 7

Коррозия несущего корпуса реактора



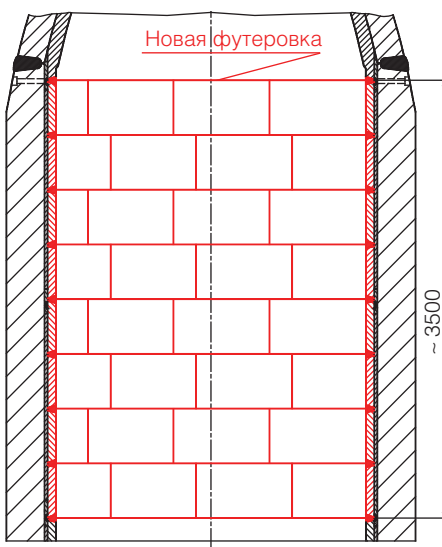
Рис. 8

Монтаж подложки и подкладных полос



Рис. 9

Колонна синтеза карбамида фирмы АТВ



внутренней поверхностью корпуса колонны.

После восстановления корпуса была восстановлена углеродистая подложка, при этом участки подложки под каждым сварным швом новой футеровки выполнены из полос стали 316L (рис. 8).

Между полосами стали 316L и углеродистой подложкой оставлен зазор, формирующий по обе стороны сварного шва футеровки каналы для прохождения паров аммиака в существующую систему контроля герметичности реактора при возникновении утечки по сварному шву новой футеровки.

Все сварные соединения футеровки выполнялись при помощи ручной аргонодуговой сварки. Всего было смонтировано восемь поясов новой футеровки высотой по 400–450 мм (рис. 9).

По окончании всех работ было проведено гидравлическое испытание реактора внутренним давлением 20 МПа при температуре 130 °С. Течи и падения давления при проведении испытаний не зафиксировано.

После гидроиспытаний реактор был вскрыт и специалистами ОАО «НИИК» произведен внутренний осмотр основного металла и сварных швов новой футеровки. Недопустимых дефектов обнаружено не было.

Общая продолжительность ремонта составила 48 сут при работе в круглосуточном режиме, из них на замену двух поясов цилиндрической футеровки затрачено 26 сут.

Таким образом, впервые была выполнена замена футеровки реактора синтеза карбамида по месту его установки с соотношением диа-

метра корпуса к диаметру горловины равным 4,6. При этом было найдено эффективное техническое решение обеспечения контроля герметичности новых сварных швов футеровки.

По окончании ремонта реактор был успешно пущен в эксплуатацию в декабре 2008 г.

Ремонт верхней части футеровки колонны синтеза на ОАО «Азот», г. Черкассы

Реактор синтеза карбамида изготовлен в 1978 г. в г. Градец-Кралов, ЧССР. С 1979 г. находится в эксплуатации в цехе М-2 производства карбамида поставки фирмы Stamicarbon проектной мощностью 1000 т/сут на ОАО «Азот», г. Черкассы.

Корпус реактора кованосварной, толщина цилиндрической части корпуса 105 мм. Аппарат футерован изнутри сталью W.Nr 1.4435 (03X17H14M3) проектной толщиной 8 мм. Внутренний диаметр аппарата 2500 мм, диаметр горловины 980 мм.

По результатам коррозионного обследования колонны синтеза, с учетом утонения основного металла футеровки до 4,1 мм, а также наличия дефектов по линии сплавления сварного шва футеровки глубиной до 2 мм, было принято решение заменить верхний пояс футеровки колонны синтеза во время ремонта в 2010 г.

ОАО «НИИК» была разработана специальная технология ремонта реактора, которая предусматривала:

- демонтаж футеровки цилиндрической части реактора на высоту одного верхнего пояса высотой 2400 мм;
- монтаж новой футеровки цилиндрической части реактора из стали

Рис. 10

Колонна синтеза карбамида, замена верхнего пояса футеровки

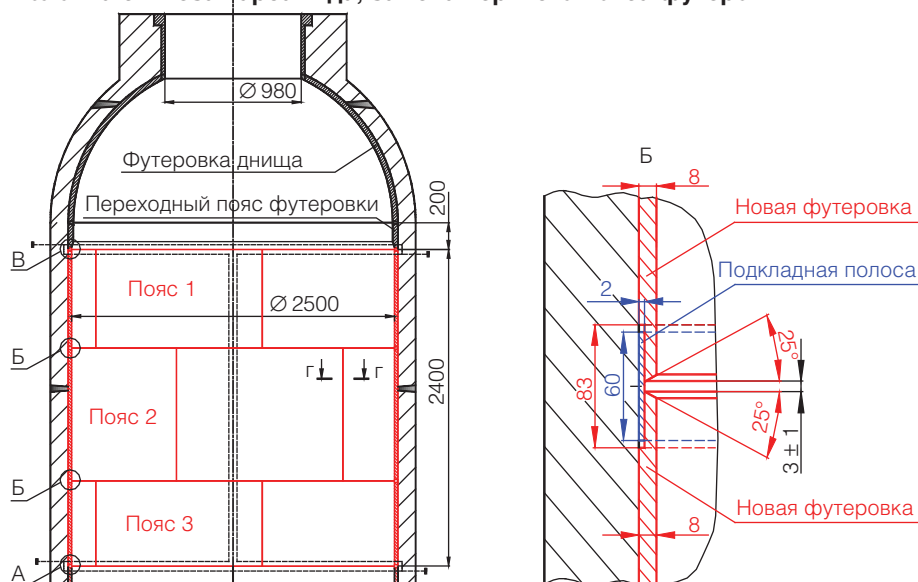


Рис. 11

Монтаж новой футеровки



02Х25Н22АМ2 толщиной 8 мм взамен демонтированной.

Согласно технологии ОАО «НИИК», из условий проходимости через горловину реактора, пояс футеровки высотой 2400 мм заменялся на три пояса толщиной 8 мм и высотой по 800 мм. При этом на монтажных стыках с обратной стороны элементов футеровки формируется паз под обратную закладную пластину толщиной 2 мм. Паз делается шире полосы для формирования каналов системы контроля герметичности по обе стороны от сварного шва (рис. 10).

Новая система контроля герметичности работает через существующие контрольные отверстия корпуса.

Ремонт футеровки реактора согласно данной технологии был проведен в июле 2010 г.

После демонтажа старой футеровки было проведено обследование несущего корпуса реактора. Дефектов корпуса не обнаружено, система контроля герметичности футеровки была чистой.

В настоящее время технологии частичной замены футеровки реакторов агрегатов АК-80 различных конструкций многократно отработаны, и замена футеровок различных геометрических форм не представляет для ОАО «НИИК» неразрешимой проблемы

Рис. 12

Новая футеровка



Соотношение внутреннего диаметра корпуса к диаметру горловины для различных реакторов

Тип реактора	Диаметр корпуса D , мм	Диаметр горловины d , мм	Соотношение D/d
Установки АК-70	1300	800	1,6
Установки АК-80			
Stamicarbon	2500	1000	2,5
Tecnimont	1660	650	2,55
Snamprogetti	2305	500	4,6
TEC	2100	500	4,2

Все сварные соединения футеровки выполнялись ручной аргонодуговой сваркой.

При монтаже для прижатия элементов футеровки к корпусу реактора применялись специальные ручные гидравлические домкраты (рис. 11).

Контроль качества выполнения сварных швов осуществлялся визуально послойно и методами цветной и ультразвуковой дефектоскопии после окончательной заварки.

Для сварки футеровки были допущены четыре сварщика, успешно прошедшие испытания при заварке контрольных стыков.

По окончании всех работ было проведено гидравлическое испытание реактора внутренним давлением 18 МПа. Течи и падения давления при проведении испытаний не зафиксировано.

После гидроиспытаний реактор был вскрыт и специалистами ОАО «НИИК» произведен внутренний осмотр основного металла и сварных швов новой

футеровки. Недопустимых дефектов обнаружено не было (рис. 12).

Общая продолжительность ремонта составила 10 сут при 12-часовом рабочем дне.

По окончании ремонта реактор был успешно пущен в эксплуатацию в августе 2010 г.

Заключение

Трудоемкость и сроки проведения работ по замене футеровки напрямую зависят от соотношения диаметра корпуса колонны к диаметру горловины.

У реакторов поставки фирмы Snamprogetti по сравнению с реакторами поставки других фирм это соотношение наибольшее.

В настоящее время технологии частичной замены футеровки реакторов агрегатов АК-80 различных конструкций многократно отработаны и замена футеровок различной геометрической формы не представляет для ОАО «НИИК» неразрешимой проблемы. **ГХ**