

В.И. БУЛАВИН, канд. хим. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
А.В. КРАМАРЕНКО, ст. преп., НТУ «ХПИ»,
В.П. УЛЬЯНОВ, канд. хим. наук, инж., НТУ «ХПИ»,
И.В. УЛЬЯНОВА, инж., НТУ «ХПИ»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ СЕРНОКИСЛОТНЫХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФАТ НАТРИЯ

Предложена технологическая схема установки, обеспечивающая термическую переработку отработанных сернокислотных травильных растворов с возвратом серной кислоты в технологический цикл обработки стеклоизделий и утилизацией сульфата натрия. Схема предусматривает осветление ОР с коагуляцией органических примесей, предварительное упаривание осветленных ОР, подачу упаренных ОР в аппарат «кипящего» слоя для разделения на гранулированную твердую фазу сульфата натрия и газо-паровую смесь, которая конденсируется с получением концентрированной серной кислоты, пригодной для возврата в технологический цикл. Остаточный туман серной кислоты после конденсации отфильтровывается волокнистым фильтром. Разработаны основные требования к технологическому оборудованию промышленной установки.

Ключевые слова: регенерация, отработанный травильный раствор, серная кислота, сульфат натрия, стекловолокно, «кипящий» слой

Введение. В НТУ «ХПИ» разработана [1] новая эффективная технология термической регенерации отработанных растворов (ОР), образующихся при травлении стекловолокна, стеклонитей и стеклотканей. На основании указанной технологии нами разработано технологическое задание на проектирование установки регенерации отработанных сернокислотных растворов, содержащих сульфат натрия цеха кислотной обработки стеклопродукции ОАО «Полоцк-Стекловолокно» (р. Беларусь).

В данной статье описана технологическая схема установки, обеспечивающая технологию термической переработки сернокислотных ОР с возвратом серной кислоты в технологический цикл обработки стеклоизделий и утилизацией сульфата натрия.

Описание технологической схемы. В технологическую схему (рис. 1) входят следующие элементы: приемок для сбора сернокислотных ОР – 1; центробежный насос подачи исходных ОР в напорный бак – 2; напорный бак исходных ОР – 3; центробежный насос подачи исходных ОР в колонну пред-

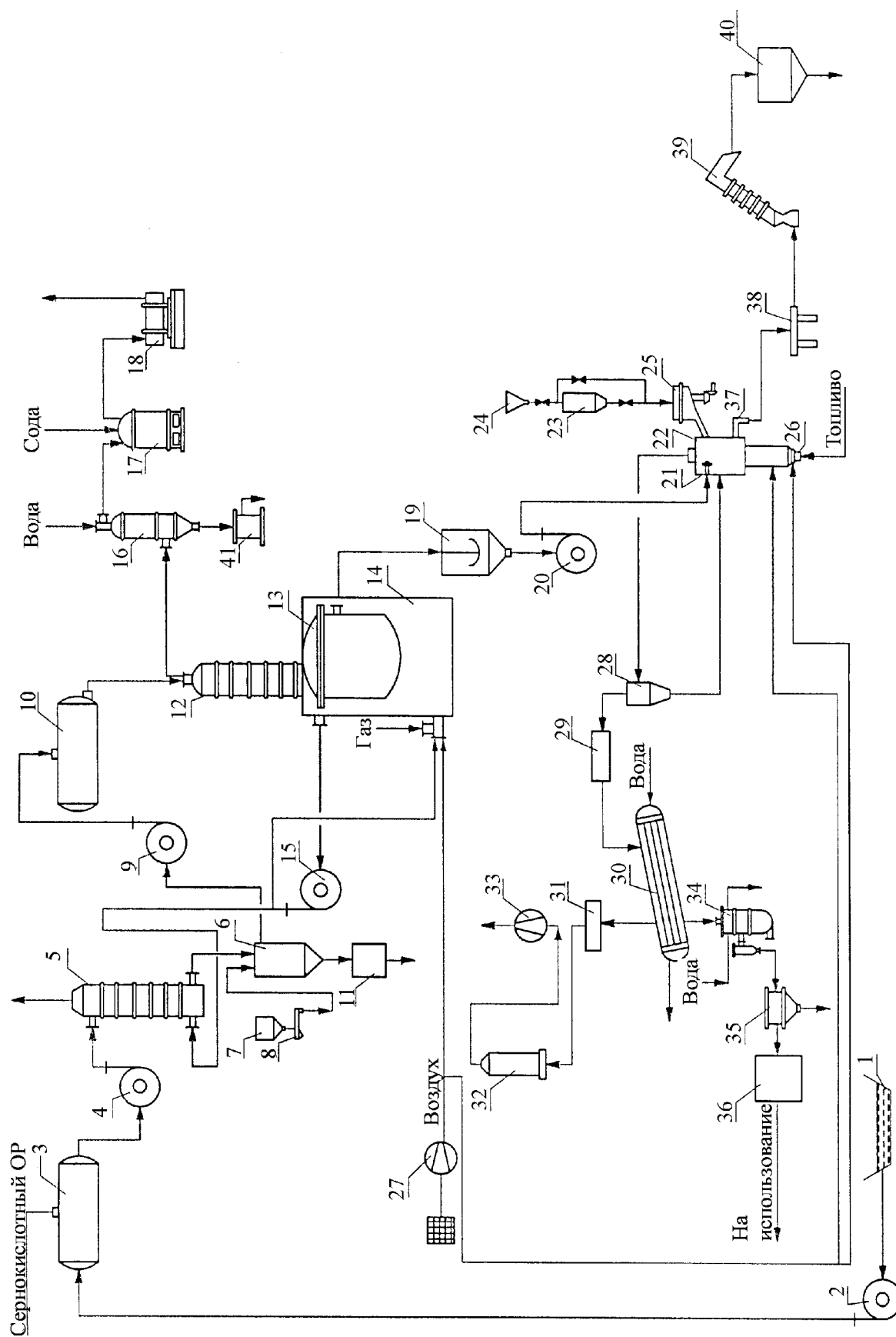


Рис. 1 – Технологическая схема регенерации отработанных сернокислотных растворов

варительного подогрева ОР – 4; колонна предварительного подогрева ОР – 5; реактор-коагулятор – 6; бункер адсорбента – 7; весовой дозатор – 8; центробежный насос – 9; напорный сборник очищенных ОР – 10; сборник шлама – 11; дефлегматор – 12; аппарат-концентратор – 13; топка аппарата-концентратора – 14; дымосос – 15; конденсатор паров воды – 16; нейтрализатор – 17; вакуум-насос – 18; сборник упаренных ОР – 19; шламовый насос – 20; пневматическая форсунка – 21; аппарат «кипящего слоя» – 22; бункер летура – 23; загрузочная воронка бункера – 24; тарельчатый питатель – 25; газовая горелка – 26; воздуходувка – 27; циклон – 28; теплообменник-охладитель – 29; конденсатор паро-газовой смеси – 30; патрон с волокнистым фильтром – 31; абсорбер – 32; вентилятор – 33; холодильник – 34;шламоотстойник – 35; сборник регенерированной кислоты – 36; выгрузной патрубок – 37; вибрационный охлаждающий желоб – 38; спиральный качающийся конвейер – 39; бункер – 40; гидравлический затвор – 41.

В основу технологического процесса регенерации сернокислотных ОР на промышленной установке положен оптимальный технологический режим, испытанный в опытных условиях [1].

Процесс термической регенерации осуществляется следующим образом. Исходный ОР из приемка (для сбора сернокислотных ОР) 1 регулируемым насосом 2 подается в напорный бак 3, емкостью 10 м^3 . Уровень раствора в баке контролируется мембранным датчиком давления компенсационного типа, работающим в автоматическом режиме с вентилем, установленном на запасной линии сброса раствора. Из напорного бака ОР, с расходом $2,5 \div 3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$, дозируется с помощью регулируемого насоса 4, в теплообменник 5, для предварительного подогрева до $150 \div 200 \text{ }^\circ\text{C}$, исходя из необходимости регенерации $60 \div 72 \text{ м}^3$ раствора в сутки. Из теплообменника ОР направляется (самотеком) в реактор-коагулятор (для осаждения продуктов разложения замасливателя и других твердых примесей) 6, куда дозируется с интервалом не более 30 минут из расходного бункера 7 с помощью весового дозатора 8 адсорбент (порошкообразная бентонитовая глина), в количестве $0,0014 \div 0,0084 \text{ т/ч}$. Осветление исходных ОР происходит в течение $25 \div 30$ минут, что дает возможность выдерживать непрерывный режим работы реактора-коагулятора. Осветленный ОР из коагулятора насосом 9 закачивается в напорный сборник 10, а шлам с влажностью $54 \div 55 \%$ из днища коагулятора сбрасывается в сборник 11. Очищенный ОР из напорного сборника самотеком поступает в верхнюю часть дефлегматора 12 аппарата-концентратора 13, в котором, сте-

кая сверху вниз, концентрируется горячими парами, выделяющимися из аппарата 13 путем упаривания при температуре $170 \div 340$ °С ОР. Аппарат-концентратор (чугунный котел) обогревается снаружи топливными газами, поступающими из топки 14 (топливо – природный газ, $Q_p^H = 8100$ ккал/м³, $t_{\text{горения}} = 1776$ °С, расход 213,3 нм³/ч). Расход воздуха составляет 2276 нм³/ч.

Отходящие газы (температура 800 °С) дымососом 15 отсасываются из-под котла на теплообменник 5 где подогреваются исходные ОР.

Пары воды, в количестве 1760 кг/ч, выделяющиеся в процессе концентрирования ОР, поступают в конденсатор 16. Образующийся конденсат воды используют для приготовления рабочих растворов серной кислоты для обработки стеклоизделий.

Аппарат-концентратор работает в непрерывном режиме. Упаренный ОР, расходом $0,6 \div 1,0$ м³/ч, сливается с верхнего уровня аппарата по наклонной трубе в сборник с мешалкой 19 (мощность электродвигателя 3 кВт), откуда шламовым регулирующим насосом 20 подается через калиброванное сопло на пневматическую форсунку 21 аппарата с «кипящим» слоем 22. На аппарате установлена система подачи в «кипящий» слой летура (кварцевый песок), состоящая из бункера летура 23, загрузочной воронки 24, тарельчатого питателя 25 и системы трубопроводов. В процессе наладки аппарата «КС» вначале устанавливается высота «кипящего» слоя летура, а затем на слой впрыскивается упаренный раствор.

Топливо (природный газ с расходом 114,6 нм³/ч) подается в газовую горелку 26, снабженную блоком автоматического управления горением (БАУГ), который предназначен для выполнения программной последовательности и длительности операций дистанционного пуска и выхода на рабочий режим газовой горелки, поддержания заданного соотношения газа и воздуха, предельных значений заданных технологических параметров. Воздух, с расходом 1223 нм³/ч на горение подается из общего воздухопровода через расходомерные устройства. Температура теплоносителя под решеткой, в слое и над слоем измеряется термопарами. Измеряются также сопротивление слоя и разрежение в сепараторной зоне с помощью манометров с электрической и пневматической передачей показаний.

В рабочей камере аппарата «КС» (температура $600 \div 690$ °С) свободная серная кислота и вода испаряются из капель суспензии, и твердые частицы попадают в «кипящий» слой, укрупняются с образованием гранул. В «кипящем» слое рост и новообразование гранул регулируется таким образом, что-

бы они выходили через выгрузочный патрубок в размере $1 \div 3$ мм.

Паро-газовая смесь, очищенная от пыли (до 10 мг/м^3) в центробежном пылеуловителе (циклоне) 28 (уловленная пыль до $0,06 \text{ т/ч}$ сбрасывается обратно в «кипящий» слой аппарата), вначале охлаждается водой в теплообменнике-охладителе 29 с $600 \div 690^\circ\text{C}$ до $450 \div 460^\circ\text{C}$, а затем направляется, с расходом $2703 \text{ м}^3/\text{ч}$, на батарею конденсаторов 30 для получения конденсата концентрированной кислоты. Отходящие от конденсатора газы, с расходом $1688 \text{ м}^3/\text{ч}$, через систему очистки, состоящей из патронного типа фильтра 31 с нетканым ионообменным волокном, для улавливания тумана серной кислоты и абсорбера 32, для улавливания хлороводорода, вентилятором 33 выбрасываются в атмосферу. Полученная в конденсаторе концентрированная кислота (конденсат), в количестве $0,36 \div 0,65 \text{ т/ч}$, самотеком поступает в сборник 34, а оттуда – на приготовление рабочих растворов.

Гранулированный продукт выгружается с уровня решетки через выгрузочный патрубок 37 с заслонкой в вибрационный охлаждающий желоб 38, после чего спиральным качающимся конвейером 39, с насыпным весом $1,30 \text{ т/м}^3$ в количестве $0,23 \div 0,36 \text{ т/ч}$ сбрасывается в бункер 40. Выгрузку твердого продукта сульфата натрия производят из приемного бункера через шнековый дозатор. Упаковка (продукт пакуется в биг-беги 1 т), маркировка, транспортировка и хранение гранулированного сульфата натрия осуществляется в соответствии с ГОСТ 8723-82.

Требования к технологическому оборудованию. В соответствии с технологической схемой (рис. 1) в состав оборудования входят следующие основные элементы: бетонированный приямок для сбора всех типов отработанных сернокислотных растворов (ОР), поступающих самотеком из трех участков 4-го цеха кислотной обработки стеклопродукции; напорный бак исходных ОР; колонна для предварительного подогрева исходных ОР; реактор-коагулятор для осаждения продуктов разложения замасливателя; напорный сборник очищенных исходных ОР; аппарат-концентратор; дымосос; сборник упаренных ОР; аппарат с «кипящим» слоем; воздуходувка; циклон, фильтр; абсорбер; сборник концентрированной кислоты; вентилятор; вибрационный охлаждающий желоб, спиральный качающийся конвейер; сборник гранулированного продукта.

Выбор оборудования произведен по результатам наших опытных исследований регенерации ОР [1].

По эксплуатационным характеристикам для непрерывной регенерации

сернокислотных ОР указанного выше объема в качестве аппарата-концентра-тора выбран котел Паулинга, так как образующиеся в нем паро-газовая смесь не разбавляется продуктами сгорания топлива, что упрощает схему конденсации.

Аппарат представляет собой (общий вид аппарата приведен на рис. 2) котел с мешалкой, мощностью электродвигателя 3 кВт, изготовленный из термически и химически стойкого чугуна (С-15), содержащего кремний и марганец (скорость коррозии в кипящем ОР – 0,002 мм/год). Котел в верхней части футерован плитками из ферросилида для предупреждения разъедания стенок на границе пар-жидкость.

Размеры котла: $\varnothing 2000$ мм, высота – 2200 мм, толщина стенки – 45 мм. Топка котла выполнена в виде кладки цилиндрической формы диаметром 3070 мм и высотой 4930 мм из огнеупорного кирпича и заключена в стальной кожух.

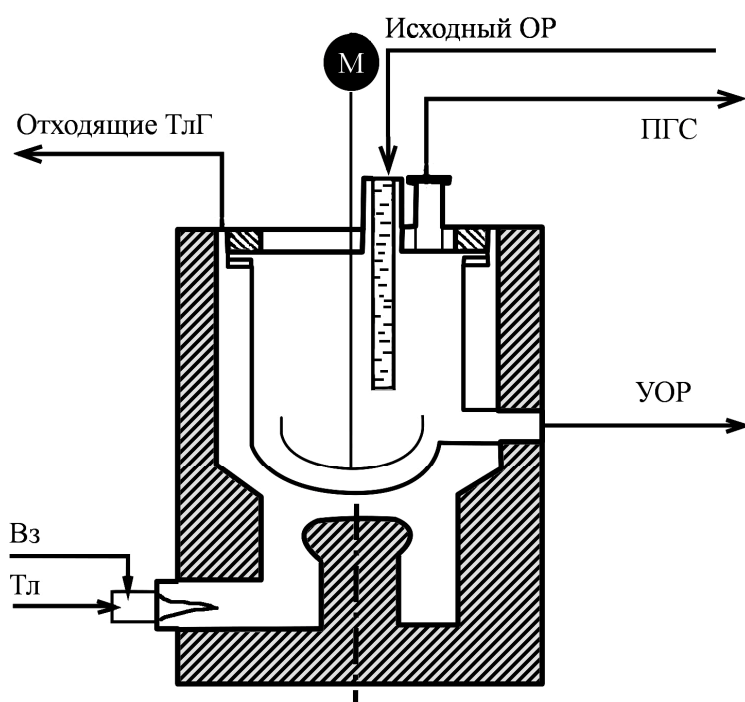


Рис. 2 – Схема реактора-концентрактора для упаривания исходных сернокислотных ОР: ОР – отработанный раствор; ТлГ – топливные газы; УОР – упаренный отработанный раствор; Vz – воздух; Тл – топливо.

Котел нагревается непосредственно пламенем двух газовых горелок (две в резерве), имеющих камеру предварительного смешения газа и воздуха, которые создают тангенциальное направление теплоносителя, что предупреждает местный перегрев стенок котла. Давление, в мм вод. ст., перед

топкой: воздуха – $1000 \div 1500$; газа – $1400 \div 2400$; температура, °С, в топке – $1200 \div 1300$; на выходе из топки – $800 \div 900$.

Отработанный раствор поступает в котел через верхнее отверстие колонны-дефлегматора, состоящей из пяти чугунных царг, футерованных кислотоупорным керамическим материалом. Размеры царги – $\varnothing 610$ мм, высота — 810 мм. Колонна снабжена насадкой из шести керамических колец, расположенной на колосниковой решетке из ферросилида.

Производительность аппарата – $2,5 \div 3,0$ т/ч. Аппарат относится к типовому оборудованию и изготавливается ОАО «Завод «ПРОГРЕСС» (Украина).

Конденсатор для улавливания паров воды, поступающих из верхней части дефлегматора аппарата-концентратора изготовлен из углеродистой стали. Термическое разложение упаренных ОР производят в однокамерном вертикальном цилиндрическом реакторе с «кипящим» (псевдожиженным). слое, корпус которого выполнен из стали X17H13M2T (рис. 3).

Внутреннее покрытие – штучный кислотоупорный материал на диабазовой замазке (ТУ 21-УССР-73-77), предел прочности на сжатие $300 \div 400$ кгс/см²; толщина стенки – не менее 200 мм. Производительность реактора по исходному упаренному ОР – $12 \div 24$ т/сут. Общая высота реактора составляет 3000 мм, диаметр внутренний – 800 мм.

По высоте реактор делится газораспределительной решеткой на нижнюю часть – газовый коллектор, и верхнюю – рабочую камеру. Высота рабочей камеры составляет 1600 мм. Топочное устройство (газовый коллектор) реактора расположено по отношению к рабочей камере вертикально и состоит из камер смешения и сжигания, футерованных изнутри шамотом. Работа топки осуществляется следующим образом: природный газ и воздух направляются в газогорелочное устройство (рекомендуется использование горелки конструкции Института НАН Украины). В результате сжигания газозоошней смеси образуются продукты сгорания с температурой $1100 \div 1200$ °С. Путем перемешивания воздуха и высокотемпературных продуктов сгорания устанавливается необходимая для разделения суспензии температура ($600 \div 690$ °С) теплоносителя, поступающего под решетку рабочей камеры, установленную под углом 10° с уклоном в сторону разгрузки гранулированного продукта. Давление перед топкой, мм вод. ст.: воздуха – $1000 \div 1500$, давление газа – $1400 \div 2400$.

В качестве решетки используются сита германской системы: площадь 1,5 м², число отверстий 144 отв./см², сторона отверстия – 490 мкм.

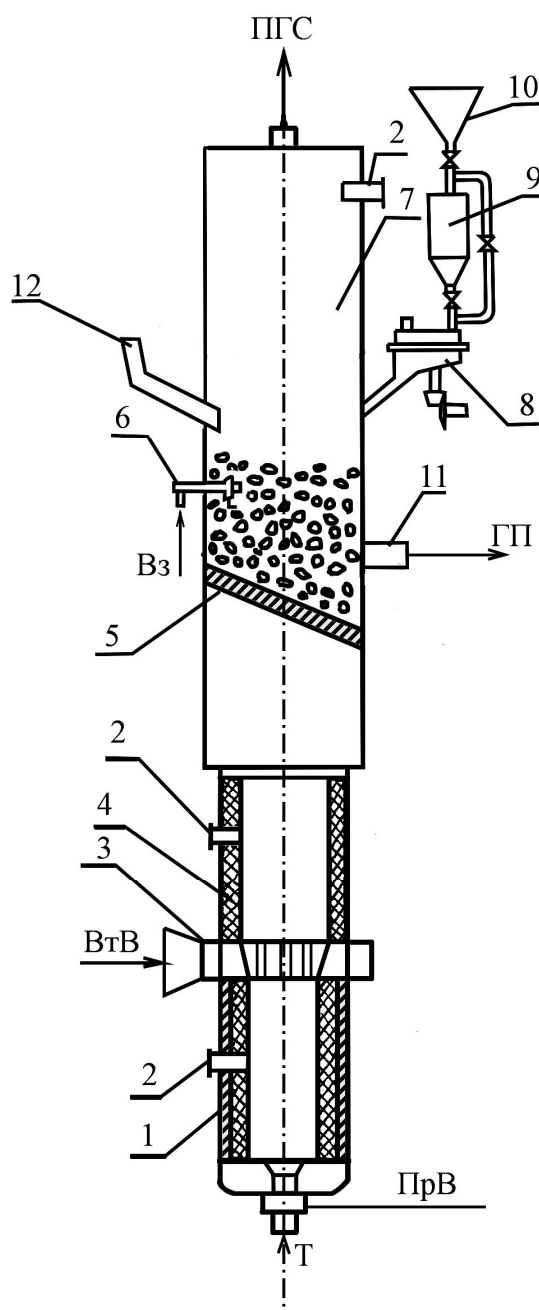


Рис. 3 – Реактор с «кипящим» слоем: 1 – камера горения; 2 – штуцер для установки термодары; 3 – направляющая камера; 4 – камера смешения; 5 – газораспределительная решётка; 6 – форсунка; 7 – корпус аппарата; 8 – тарельчатый питатель; 9 – бункер летура; 10 – загрузочная воронка; 11 – спускной трубопровод; 12 – устройство с клапаном для ввода мыли (из циклона) в кипящий слой; ПрВ – первичный воздух; ВтВ – вторичный воздух; Тл – топливо; ГП – гранулированный продукт; ПГС – парогазовая смесь; В3 – воздух.

Для получения по всей поверхности «кипящего» слоя рассредоточенного веера брызг раствора раствор вводится из подводящей трубы через калибровочное сопло пневматической форсунки (рис. 4). Сравнительно большие размеры проходных сечений каналов для прохода суспензии снижают вероят-

ность их засорения. Суспензия подается по центральной трубке, которая центрируется шайбой, на распыл. Сжатый воздух давлением $250 \div 300$ кПа поступает по трубке, присоединенной к втулке; в нее же вворачивается сопло. Существенное значение имеет высота расположения форсунки над газораспределительной решеткой. Оптимальная высота составляет $150 \div 180$ мм. Вследствие высокого давления на входе в форсунку размеры ее сопла и тангенциальных каналов необходимо принимать в пределах $0,5 \div 3,0$ мм.

В процессе разделения упаренного раствора (суспензии) на парогазовую смесь (концентрация паров H_2SO_4 и SO_3 – $86,5 \div 98,5$ об. %) и твердую фазу – гранулы сульфата натрия, из которых состоит «кипящий» слой, укрупняются (диаметр частиц $0,75 \div 3,1$ мм), оседают и сползают по наклонной решетке через выгрузочный патрубок в спускной трубопровод. Реактор «КС» относится к нестандартизируемому оборудованию и изготавливается заводом-изготовителем (ЗАО «Завод «Красный Октябрь» (Украина).

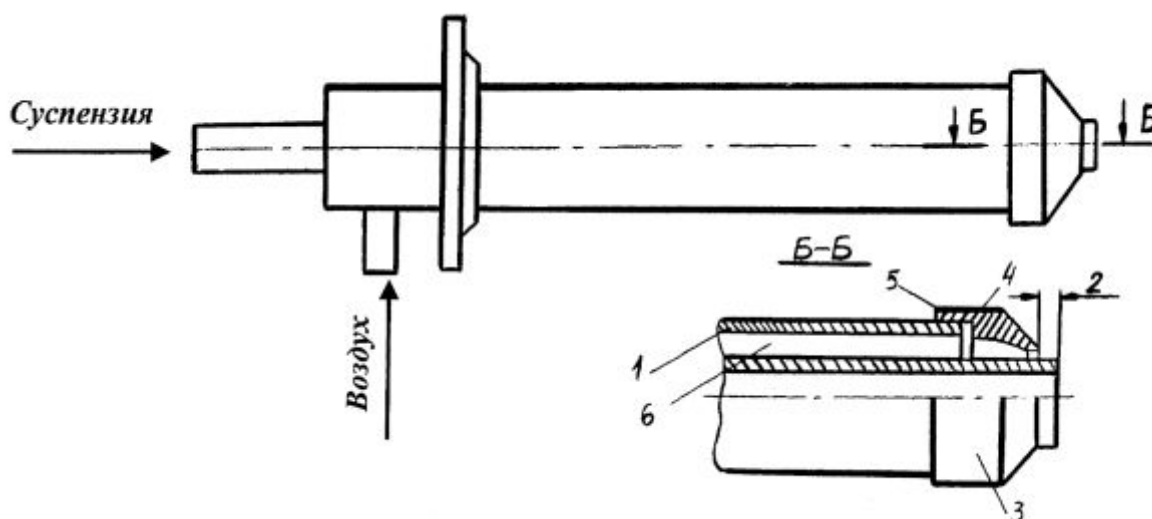


Рис. 4 – Конструкция пневматической форсунки: 1 – корпус; 2 – патрубок; 3 – втулка; 4 – шайба центровочная; 5 – сопло; 6 – трубка подачи суспензии.

Система конденсации предназначена для выделения из парогазовой смеси (содержание H_2SO_4 $86,5 \div 98,5$ об. %) серной кислоты и состоит из батареи трех конденсаторов (общий вид конденсатора представлен на рис. 5), соединенных последовательно. Конденсаторы представляют собой ряд труб (от 6 и выше) длиной от 2000 до 3700 мм, диаметром от 35 до 100 мм, толщиной стенки 5 мм. Трубы помещаются в рубашку из стальной трубы. По трубам поступает сверху вниз парогазовая смесь, в межтрубном пространстве противотоком смеси движется охлаждающий агент, в качестве которого ис-

пользуется вода. Паро-газовая смесь, поступающая на стадию получения серной кислоты конденсацией, содержит, кроме паров H_2SO_4 , также SO_3 и H_2O . Образование жидкой H_2SO_4 происходит не в результате абсорбции серного ангидрида раствором кислоты, а вследствие образования паров H_2SO_4 и их конденсации [1].

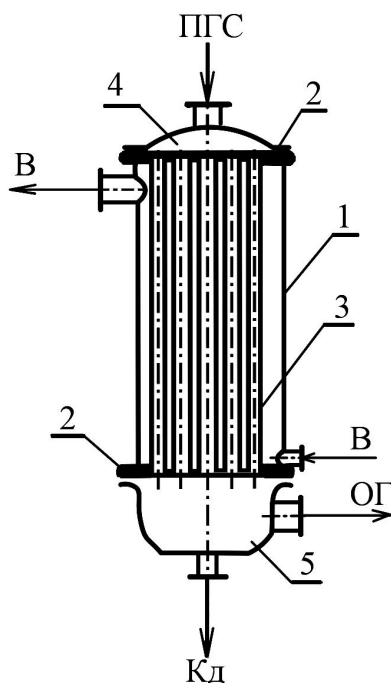


Рис. 5 – Схема трубчатого конденсатора: 1 – корпус конденсатора; 2 – решётки; 3 – трубы; 4 – верхняя камера; 5 – нижняя камера; В – вода; ПГС – паро-газовая смесь; ОГ – отходящие газы; Кд – конденсат.

Трубы изготавливаются из стали 20, внутренняя поверхность которых покрывается эмалью или слоем фторлона-4.

Трубчатый конденсатор относится к нестандартизированному оборудованию и изготавливается ЗАО «Завод «Красный Октябрь» (Украина). Конденсатор изготавливается в комплекте с теплообменником-охладителем – типовым кожухотрубным теплообменником типа $\frac{400\text{TKB} - 2 - 26 - 66}{25\text{ГЗ} - 1}$ с температурным компенсатором на кожухе и с поверхностью теплообмена 26 м^2 .

Рекомендуемый материал – Ст. X17H13M2T.

Теплообменник изготавливается ЗАО «Завод «Красный Октябрь» (Украина).

Напорный резервуар (емкостью 10 м^3) исходных ОР, реактор-коагулятор (емкостью 6 м^3), напорный резервуар очищенных ОР (емкостью 5 м^3), сборники упаренного ОР и регенерированной кислоты (емкостью 5 м^3) – типовое

оборудование, изготавливается на Фастовском заводе химического машиностроения «Красный Октябрь» из листовой кислотоупорной стали.

Все емкости, кроме сборника ОР, внутри покрыты эмалью марки 5Т.

Для сбора суспензии из аппарата-концентратора рекомендуется сборник типа 9003-16 с пропеллерным перемешивающим устройством; материал – Ст. Х17Н13М2Т.

Для улавливания тумана серной кислоты из отходящих от конденсатора газов рекомендуется волокнистый фильтр (рис. 6). Фильтрующий слой аппарата заполняется нетканым ионообменным волокном типа ВИОН-АС1. Кислота постепенно накапливается на широко развитой поверхности волокна и стекает на дно аппарата.

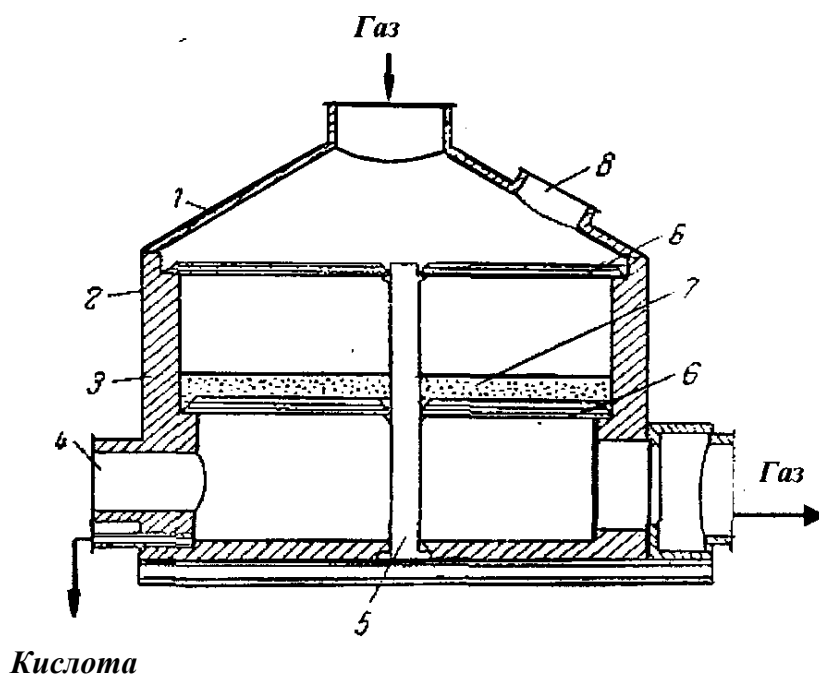


Рис. 6 – Волокнистый фильтр: 1 – крышка; 2 – корпус; 3 – футеровка; 4 – лаз; 5 – опорная колонка; 6 – распределительные плиты; 7 – фильтрующий слой; 8 – люк для загрузки фильтра (типовой) типа ЦН-15 (конструкции НИОгаз). Диаметр аппарата – $\varnothing 800$ мм.

Корпус аппарата футеруется диабазовой плиткой и кислотоупорным кирпичом на кислотоупорной силикатной замазке. Распределительная плитка, на которой укладывается волокно, изготавливается из хромистой стали Х28Л. Размеры фильтра: внутренний $\varnothing 800$ мм. Волокнистый фильтр относится к нестандартному оборудованию (изготовитель – Фастовский завод химического машиностроения «Красный Октябрь»).

Дальнейшая очистка газа (после волокнистого фильтра) от хлороводоро-

да осуществляется в полом абсорбере путем орошения газов. Рекомендуются материал – Х28Л.

Очистку паро-газовой смеси от пыли осуществляют в одиночном циклоне. Корпус изготавливается из углеродистой стали и внутри футерован кислотоупорным кирпичом на силикатной замазке.

Абсорбер и циклон изготавливаются ОАО «Бердичевский машиностроительный завод «ПРОГРЕСС» (Украина).

Для отсоса отходящих газов от абсорбера и топливных газов от теплообменника используются дымососы Д-8 (производительностью 8000 м³/ч).

Другое стандартное оборудование (насосы подачи, дозаторы, вибрационный охлаждающий желоб, спиральный качающийся конвейер) выбраны по каталогу в соответствии с расходами потоков и другими параметрами, описанными в [1].

Для подачи исходных ОР в напорный бак и теплообменник, для предварительного подогрева очищенных ОР в напорную емкость используют центробежные насосы типа 8Х-9И-1, материал – сталь 06ХН28МДТ; N = 1,5 кВт каждый; для подачи суспензии упаренных ОР в реактор «КС» используют пульповый насос, изготовленный из литейного сплава ХН54МДСЛ (ТУ 2601-295-79); N = 2 кВт.

Производитель насосов – ПК «ЦЕЛИНГИДРОМАШ» (Казахстан).

Запорная и регулирующая арматура: используют сальниковые фланцевые краны (корпус изготавливается из стали Х23Н28МЗДЗ, пробки – из бронзы, сальниковая набивка – из графита); шариковые краны: шар и шток выполняются из стали ОХ23Н28МЗДЗТ, набивка фторопластовая типа ФУМ; диафрагменные футерованные вентили. Изготовитель – завод «Ригахиммаш» (Латвия, в настоящее время – «РИНАР машиностроитель»).

Коммуникации подвода (подачи) и отвода ОР и регенерируемой кислоты выполняются из стальных труб, изнутри футерованных фторопластом-4. Эти трубы пригодны для транспортировки серной кислоты любой концентрации при температуре до 250 °С.

Производитель охлаждающего желоба и спирального качающегося конвейера – фирма «Консит-А» (г. Москва).

Выводы.

Описана технологическая схема, обеспечивающая оптимальный технологический режим процесса термической регенерации сернокислотных ОР

цеха кислотной обработки стеклоизделий ОАО «Полоцк-Стекловолокно» и разработаны основные требования к технологическому оборудованию промышленной установки.

Список литературы: 1. Определение оптимальных параметров процесса регенерации серной кислоты из отработанного сернокислотного раствора: отчет о НИР (заключ.) / В.И. Булавин, А.В. Крамаренко, О.Э. Гуцин. – Х., 2006. – 64 с. – Деп. в ГП «УКРНТЦ «Энергосталь» № 867428.

References: 1. Opredelenie optimal'nyh parametrov processa regeneracii sernoj kisloty iz otrabotannogo sernokislotnogo rastvora: otchet o NIR (zaklyuch.) (Determination of optimum parameters of the process of regeneration of sulfuric acid from sulfuric acid spent solution) / V.I. Bulavin, A.V. Kramarenko, O.E. Guschin. – Khar'kov, 2006. – 64 p. – Dep. v GP "UKRNTC "Energostal" № 867428.

Поступила (Received) 06.10.15

УДК 666.948

Р.М. ВОРОЖБИЯН, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
Г.Н. ШАБАНОВА, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
А.Н. КОРОГОДСКАЯ, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., НТУ «ХПИ»

ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В данной статье приведены результаты исследования процессов фазообразования протекающих при синтезе ресурсо-энергосберегающих цементов на основе отходов химической промышленности. Установлена возможность описания процессов фазообразования в соответствии с уравнением Гинстлинга-Броунштейна, определена зависимость степени превращения оксида кальция, рассчитана константа скорости реакции. Представленные результаты рентгенографического анализа позволят осуществить целенаправленный синтез и дают возможность технологического регулирования соотношения фаз при синтезе нового класса алюминатных цементов с использованием отходов химической промышленности.

Ключевые слова: фазообразование, глиноземистый цемент, отходы водоочистки, отход носителя катализатора, сырьевая смесь, рентгенограмма, дифракционный максимум.

Введение. Глиноземистый цемент является одним из вяжущих, который применяется в различных условиях и режимах эксплуатации, но стоимость вяжущего делает его не доступным для широкого применения.

© Р.М. Ворожбиян, Г.Н. Шабанова, А.Н. Корогодская, 2015