

УДК 621.039.736

УСТАНОВКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО УРОВНЯ АКТИВНОСТИ

*Давыдов В.И., Костин В.В., Савин Л.Н., Брюханов А.Г., Симонов В.И.,
Добрыгин П.Г., Куликов В.А. (АООТ «СвердНИИХиммаш»)*

Под отверждением понимается процесс включения радиоактивных отходов в твердую труднорастворимую матрицу, являющуюся основным барьером, предотвращающим выход радионуклидов в окружающую среду. В качестве матрицы может использоваться стекло, керамика, битум, цемент (бетон), полимеры, резина и др.

Для среднеактивных отходов наибольшее применение нашли процессы битумирования и цементирования. Причем для отходов с повышенным уровнем радиоактивности (от 10^{-3} до 1 Ки/л) предпочтительнее битумная матрица как более устойчивая к выщелачиванию радионуклидов грунтовыми водами. В битумную матрицу можно включать до 40—50% по массе радиоактивного сухого остатка, в цементную — лишь 15—30%. Превышение этих показателей ведет к резкому снижению стойкости матрицы к выщелачиванию. Поскольку цементная матрица в отличие от битумной является негорючей, в последние годы цементированию уделяется большое внимание.

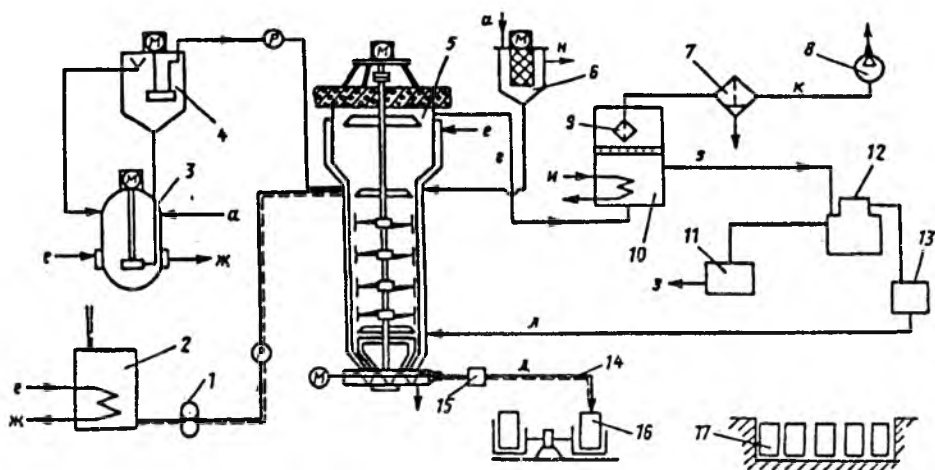
Научное сопровождение создания и внедрения рассматриваемых установок осуществляет ГНЦ РФ — ВНИИНМ им. А.А. Бочвара.

Установки битумирования. В СвердНИИХиммаше разработаны комплексы оборудования установок непрерывного действия с роторными пленочными битуматорами типа РБ [1] и периодического с трубчатыми типа ТБ [2] либо с котловыми битуматорами типа КБ. Все они пригодны для переработки кубовых остатков, а битуматоры типов РБ и КБ — и для переработки пульп гидроксидов, перлитов и ионообменных смол. Некоторые образцы всех трех типов битуматоров прошли проверку на имитаторах отходов на стендах СвердНИИХиммаша.

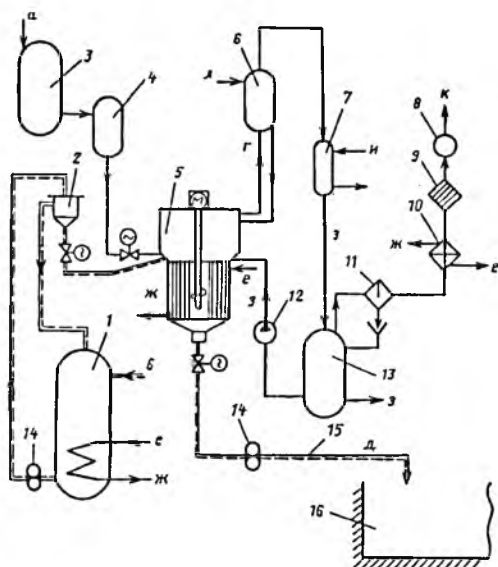
Накоплен большой опыт эксплуатации установок с битуматорами РБ и ТБ на реальных отходах. Установки с битуматором РБ-1000 производительностью до 400 л/ч эксплуатируются на Ленинградской АЭС с 1984 г. (1-я установка) и с 1985 г. (2-я установка) и Игналинской АЭС (Литва) с 1987 г. Установка с битуматором РБ-800 производительностью до 250 л/ч работает с 1989 г. на Калининской АЭС. На установках битумная смесь закачивается в бетонные отсеки хранилища, где и застывает. Установки с битуматорами РБ-800 смонтированы на Балаковской, Ровенской и Южно-Украинской АЭС. Битумная смесь на установках расфасовывается в 200-литровые металлические бочки. Установка ТБ-16 с битуматором периодического действия производительностью 240 л/ч эксплуатируется с 1978 г. на Ленспецкомбинате «Радон» (г. Сосновый Бор), где хранилище битумной смесью заполняется наливом. Битуматоры периодического действия типов ТБ и КБ с комплексом вспомогательного оборудования разработаны для радиохимического завода. Для АСТ созданы установки с битуматорами КБ производительностью 40 л/ч.

Схема установки с битуматором РБ-800 приведена на рис. 1.

Битуматор 5 представляет собой тонкопленочный роторный испаритель с шарнирно закрепленными лопастями. Кубовый остаток и битум насосами 1 и 4 с регулируемым расходом из сосудов 2 и 3 подаются в определенном соотношении в битуматор, где в тонкой пленке происходит упаривание отходов и смешивание с битумом. Битумная смесь двухшнковым механизмом выгрузки подается в контейнер-бочку, расположенную на круговом транспортере 16. Система газоочистки включает барботажный конденсатор 10 и стекловолоконные фильтры грубой 9 и тонкой очистки 7. Достоинствами установки являются непрерывность работы и возможность переработки как кубового остатка, так и пульпы ионообменных смол в периодическом режиме, недостатком — необходимость дозированной подачи кубового остатка и битума.



Р и с. 1. Схема установки с роторным пленочным битуматором РБ-800: 1 — битумный дозирующий насос; 2 — сосуд для битума; 3 — сосуд с отходами; 4 — дозирующий насос; 5 — роторный пленочный битуматор; 6 — барабанный роторный фильтр; 7 — фильтр тонкой очистки; 8 — вакуум-насос; 9 — фильтр грубой очистки; 10 — барботажный конденсатор; 11 — сборник конденсата; 12 — маслоотстойник; 13 — масло-сборник; 14 — обогреваемый трубопровод; 15 — пробоотбор; 16 — поворотный стол с бочками; 17 — хранилище битумной смеси; а — отходы; б — битум; в — парогазовая смесь; д — битумная смесь; е — греющий пар; ж — конденсат греющего пара; з — конденсат; и — охлаждающая вода; к — сбросные газы; л — масляная эмульсия; м — электромотор; р — расходомер

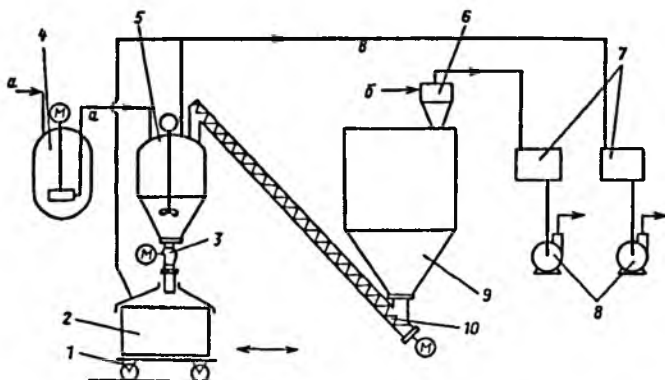


Р и с. 2. Схема установки битумирования периодического действия ТБ-16: 1 — сосуд для битума; 2 — дозатор битума; 3 — сосуд с отходами; 4 — мерник; 5 — битуматор ТБ-16; 6 — скруббер; 7 — конденсатор; 8 — вентилятор; 9 — фильтр тонкой очистки; 10 — теплообменник; 11 — фильтр грубой очистки; 12 — насос; 13 — сборник конденсата; 14 — шестеренчатый насос; 15 — обогреваемый трубопровод; 16 — хранилище битумной смеси; л — орошающая вода

дается в смеситель 5, имеющий лопастную быстроходную мешалку. Жидкие отходы из сосуда 4 поступают в смеситель. Раствороцементная смесь через затвор 3 сливается в бетонный контейнер 2, который тележкой 1 транспортируется к хранилищу. Обе

Схема установки периодического действия с битуматором ТБ-16 представлена на рис. 2. Битуматор представляет собой короткотрубный выпарной аппарат с мешалкой, расположенной в центральной трубе. Порции кубового остатка и битума из мерника 2 и 4 подаются в битуматор 5, где происходит упаривание отходов и смешивание с битумом. Битумная смесь, например, на Ленспецкомбинате «Радон» перекачивается шестеренчатым насосом 14 в бетонные отсеки хранилища 16 и заполняет его наливом. Возможна расфасовка смеси в металлические бочки. Отходящие газы попадают в конденсатор 7 и, проходя через фильтры 9 и 11, сбрасываются в спецвентиляцию. Достоинством установки является порционное дозирование отходов и битума, недостатком — периодичность работы.

Установки цементирования. Установки цементирования с перемешиванием в смесителе периодического действия по типу установки МосНПО «Радон» разработаны в Свердловском химмаше и смонтированы в атомных центрах Египта и Ливии. Схема такой установки показана на рис. 3. Цемент из бункера 9 шнековым питателем 10 по-

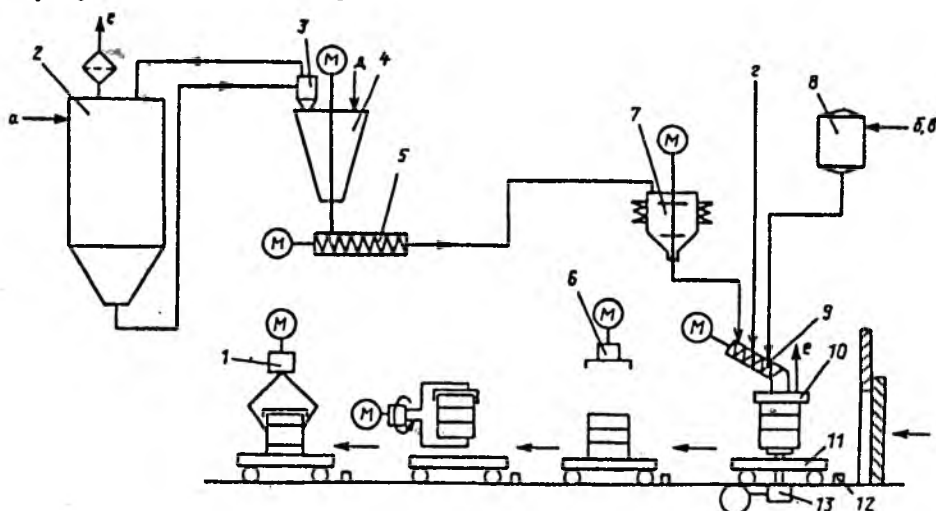


Р и с. 3. Схема установки цементирования: 1 — тележка; 2 — контейнер; 3 — затвор шланговый; 4 — сосуд кубового остатка; 5 — смеситель; 6 — циклон; 7 — фильтр; 8 — вентиллятор; 9 — бункер цемента; 10 — шнековый питатель; а — кубовый остаток; б — цемент; в — сдвуха; м — привод

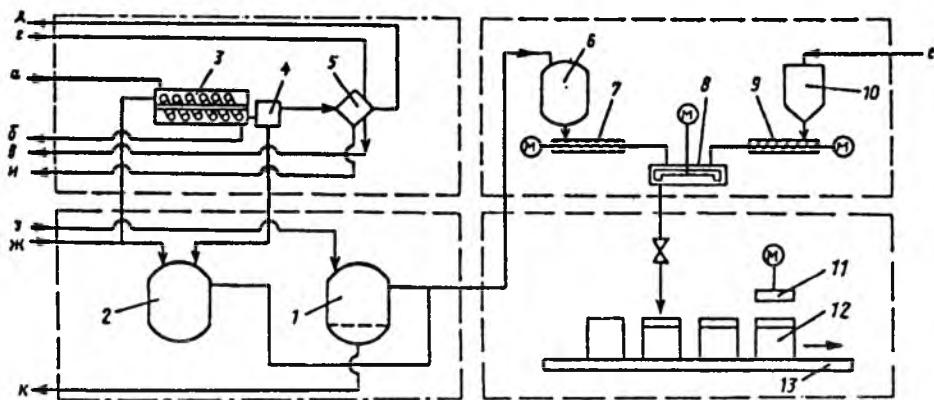
установки смонтированы и испытаны. К недостаткам таких установок относится необходимость периодической очистки мешалки и смесителя.

Для цементирования зольных остатков после сжигания твердых и жидких низкоактивных отходов разработана и изготовлена для НИИАР установка, схема которой показана на рис. 4. Цемент из склада 2 пневмотранспортом загружается в смеситель 4, откуда смесь цемента и добавок питателем 5 подается в мерник 7. Контейнер (200-литровая бочка), заполненный порцией зольных остатков, транспортной тележкой 11 подается к узлу заполнения 10, где с помощью смесителя 9 происходит загрузка контейнера жидкими отходами и смесью цемента с добавками. Контейнер закрывается крышкой 6 и тележкой транспортируется к механизму смешивания, где осуществляется окончательная гомогенизация смеси путем вращения контейнера.

Для АЭС с ВВЭР-1000 повышенной безопасности разработана передвижная установка цементирования (рис. 5). Она выполнена в виде отдельных функционально законченных блоков: сбор отходов, выпаривание, цементирование, расфасовка и управление. В блоке выпаривания размещен прямоточный выпарной аппарат 3, в котором отходы упариваются до содержания 800—1000 г/л. Для обеспечения непрерывной



Р и с. 4. Схема установки цементирования зольных остатков и жидких радиоактивных отходов: 1 — захват; 2 — склад цемента; 3 — циклон; 4 — смеситель; 5 — питатель; 6 — механизм установки и обжима крышки; 7 — мерник; 8 — мерник кубового остатка и пульпы ионообменных смол; 9 — смеситель; 10 — узел заполнения; 11 — тележка; 12 — выключатель путевой; 13 — подъемник; а — цемент; б — кубовый остаток; в — пульпа ионообменных смол; г — чистая вода; д — сухие добавки; е — сдвуха



Р и с. 5. Схема передвижной установки цементирования: 1 — бак-накопитель пульпы ионообменных смол; 2 — бак-накопитель кубового остатка; 3 — выпарной аппарат; 4 — разделитель; 5 — конденсатор; 6 — мерник кубового остатка (пульпы); 7 — насос-дозатор; 8 — смеситель; 9 — дозатор цемента; 10 — мерник цемента; 11 — механизм закрывания крышек; 12 — металлическая бочка; 13 — транспортер; а — пар; б — конденсат; в — отработанная вода; г — холодная вода; д — сдвуха; е — цемент (цемент с добавками); ж — кубовый остаток; з — пульпа ионообменных смол; и — конденсат вторичный; к — транспортная вода

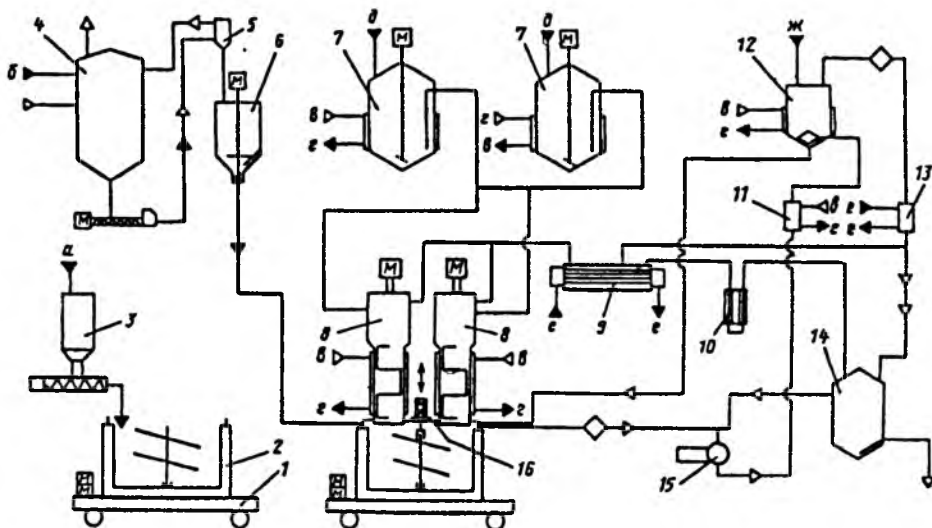
работы выпарного аппарата в блоке сбора отходов имеются накопительные баки 2 для кубового остатка и концентрирования пульпы ионообменных смол 1. Сконцентрированные отходы подаются в мерник 6, расположенный в блоке цементирования. Цемент с добавками загружается питателем в мерник 10. Из обоих мерников, рассчитанных на заполнение одного контейнера, содержимое дозаторами 7 и 9 подается в смеситель 8 с быстроходным ротором, который имеет малые габариты и незначительный внутренний объем (19 л). Благодаря этому количество вторичных отходов, образующихся после промывки, сводится к минимуму. Цементная смесь затем поступает в контейнер 12, в качестве которого используется 200-литровая бочка. Шагающим транспортером 13 бочки перемещаются к механизму подачи и закрывания крышек 11, далее транспортируются в хранилище. Управление работой установки дистанционное с поста, вынесенного за радиационную защиту. Производительность установки по отходам $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ (до 6 бочек в 1 ч).

Технический проект разработан с учетом новых требований, предъявляемых к оборудованию АЭС.

Аналогичная по схеме установка стационарного типа с расфасовкой цементной массы в армированные бетонные контейнеры полезным объемом 1 или $0,3 \text{ м}^3$ разработана для РТП Атомфлота. Контейнеры имеют одинаковые внешние размеры, но отличаются толщиной стенок, так как предназначены для заполнения цементированными отходами разной удельной радиоактивности. Армированные бетонные контейнеры разработаны ВО ВНИПИЭТ.

Для АЭС нового поколения с реакторами НП-500 повышенной безопасности разработан в соответствии с новыми требованиями технический проект установки цементирования упрощенной конструкции (рис. 6) — упрощение состоит в порционной подаче отходов и цемента, не требующей непрерывного дозирования в определенной пропорции. В установке перемешивание осуществляется непосредственно в армированном бетонном контейнере объемом 1 м^3 .

Предварительно в контейнер 2 с внутренней мешалкой загружаются добавки пластификатора из бункера 3. Контейнер на тележке подается под узел заполнения 1б. Затем в него подается порция упаренных в концентраторах 8 отходов. Включается мешалка, и из мерника 6 подается порция цемента. После перемешивания контейнер герметизируется и направляется в хранилище. На установке предусмотрена возмож-



Р и с. 6. Схема установки отверждения отходов АЭС с НП-500: 1 — тележка; 2 — контейнер; 3, 4 — бункер; 5 — циклон; 6 — мерник; 7 — сосуд; 8 — роторный пленочный конденсатор; 9 — конденсатор; 10, 11, 13 — теплообменники; 12 — концентратор-сушилка ионообменных смол; 14 — сборник; 15 — газодувка; 16 — узел заполнения; а — добавки; б — цемент; в — пар; г — конденсат; д — кубовый остаток; е — холодная вода; ж — пульпа ионообменных смол

ность переработки низкоактивной пульпы ионообменных смол, подготовка которых к цементированию совместно с жидкими отходами проводится в сушилке 12. В случае переработки жидких отходов низкого уровня активности, например, отходов спецпрачечной, возможно их глубокое упаривание в роторных пленочных концентраторах и цементирование.

В ближайшие годы будут созданы и испытаны установки цементирования среднеактивных отходов с дистанционным управлением [3]. Появится возможность сравнения и выбора установок битумирования или цементирования для переработки среднеактивных отходов конкретного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров А.С., Борзунов А.И., Вотищев А.Ф. и др. Установка для битумирования жидких радиоактивных отходов Ленинградской АЭС. — Атомная энергия, 1985, т. 61, вып. 3, с. 162—165.
2. Якушев М.Ф., Фоминых Ю.К., Давыдов В.И. и др. Практика битумирования жидких радиоактивных отходов на установке периодического действия. — Атомная энергия, 1980, т. 49, вып. 6, с. 370—373.
3. Давыдов В.И., Вотищев А.Ф., Савин Л.Н. и др. Установка отверждения среднеактивных отходов. — Труды Свердл. НИИ хим. маш., Центральный НИИ управления, экономики и информации, 1993, с. 141—151.

Поступила в Редакцию 15.06.95

УДК 621.039.514.25

ОПИСАНИЕ ПУАССОНОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Галушка А.Н., Фоминых В.И. (НПО ВНИИМ им. Д.И. Менделеева)

Описание радиационных процессов в конечном итоге после сложной цепи физических преобразований заканчивается определением случайных процессов, среди которых одним из наиболее важных является пуассоновский.