

УДК 621.039.7

DOI 10.53403/9785951505170_2021_26_2_188

Особенности эксплуатации масляных вакуумных насосов при работе с радиоактивными материалами

Рассмотрены некоторые проблемные вопросы эксплуатации масляных насосов при работе с радиоактивными материалами. Предложены простые и безопасные способы переработки жидких радиоактивных отходов отработанного масла на месте их образования.

Н. Т. Казаковский, В. А. Королев

Введение

При эксплуатации вакуумных систем и аппаратов, содержащих радиоактивные материалы, включая тритий, широко используются масляные насосы различных типов. Несмотря на то что в последнее время появляется большое количество новых типов безмасляных насосов, имеющих достаточно высокий уровень динамических характеристик, актуальность использования масляных вакуумных насосов не уменьшается. Широкая распространенность данного типа оборудования вызвана рядом положительных факторов: относительно низкая начальная стоимость, продолжительный ресурс работы, ремонтпригодность на месте эксплуатации и т. д. Часто решающим при выборе масляных насосов является тот факт, что выпуск необходимой номенклатуры таких насосов успешно освоен российскими предприятиями. В рамках данной статьи рассматриваются проблемы, которые возникают в процессе эксплуатации масляных вакуумных насосов при работе с радиоактивными материалами, в т. ч. и содержащими тритий.

Проведенные исследования и полученные результаты

При эксплуатации вакуумных насосов, с целью поддержания технических характеристик на должном уровне, периодически необходимо проводить регламентные работы по замене масла. В ряде случаев в вакуумном масле насосов происходит накопление радиоактивных материалов. Например, при работе с материалами, содержащими тритий, последний накапливается в масле в результате реакций изотопного обмена, окисления и последующей сорбции тритиевой воды. В том случае, если удельная активность трития в заменяемом масле превышает 100 Бк/г, оно переходит в разряд жидких радиоактивных отходов (ЖРО). ЖРО вакуумного масла могут также образовываться при работе с любыми другими радиоактивными материалами, особенно если они находятся в мелкодисперсной или летучей форме. Федеральный закон «Об обращении с радиоактивными отходами» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 190-ФЗ от 11.07.2011 г. обязывает все организации, в результате деятельности которых образуются радиоактивные отходы, производить их утилизацию за счет собственных средств. Ключевым аспектом при обращении с ЖРО как источником ионизирующего излучения является поддержание требуемого уровня безопасности. Одним из путей решения данной задачи является снижение класса опасности ЖРО за счет выделения из них нерастворимых высокоактивных твердых компонентов, с последующим отверждением жидкой фазы. С точки зрения экологической безопасности и экономической целесообразности, наиболее рациональна реализация мероприятий по кондиционированию ЖРО на месте их образования.

Если в ЖРО вакуумного масла содержатся нерастворимые мелкодисперсные твердые радиоактивные компоненты, находящиеся во взвешенном состоянии и обладающие высокоэнергетичным излучением, то потребность в разделении фаз становится необходимой, так как они могут вызывать значительный радиолитиз жидкой фазы, сопровождающийся выделением водорода при хранении. Основным способом разделения жидкости и распределенных в ней нерастворимых примесей является фильтрование. Использование фильтров для отделения мелкодисперсной фазы имеет ряд недостатков, прежде всего это невысокий ресурс работы и большое количество вторичных радиоактивных отходов. Широкое распространение также получили методы, основанные на физико-химическом связывании дисперсной фазы с последующим отделением образовавшегося осадка. При осаждении происходит концентрация твердых компонентов в одной из частей жидкости, что не решает проблему полностью.

Авторами настоящей работы был предложен новый способ выделения мелкодисперсной фазы из ЖРО вакуумных масел с использованием центрифугирования [1]. Согласно предложенному способу, перед центрифугированием в ЖРО масла необходимо добавлять вторую жидкость, которую условно можно назвать разделяющей. Разделяющая жидкость должна иметь большую плотность, чем основа ЖРО, и не смешиваться с ними. При центрифугировании смеси ЖРО и разделяющей жидкости происходит концентрирование взвешенных мелкодисперсных частиц в объеме последней. В качестве разделяющей жидкости для ЖРО вакуумного масла с распределенными в нем частичками было предложено использовать воду. Эти две жидкости практически не смешиваются между собой, после локализации мелкодисперсных частиц в воде возможны безопасное их разделение и связывание в твердую матрицу с использованием известных технологий.

После перевода взвешенных мелкодисперсных частиц в воду проводится разделение воды и масла. Для этой цели воду с мелкодисперсными частицами и очищенное от них масло выдерживают при отрицательной температуре до замораживания воды. Масло, оставшееся в жидком состоянии, удаляется и, так как может иметь остаточную активность, переводится в твердое агрегатное состояние. Вода может использоваться при центрифугировании следующих порций ЖРО масла.

В ходе проведения исследований для отверждения масла был предложен отвердитель, состоящий из смеси предельных углеводородов: парафина, стеариновой кислоты и церезина [2]. Данный отвердитель после перехода в жидкое состояние при температуре менее 70 °С хорошо смешивается с вакуумным маслом и после затвердевания образует твердый, однородный, гидрофобный компаунд, обеспечивающий безопасное хранение. Наполнение вакуумным маслом конечного компаунда составляет до 60 % от конечной массы. Радиационная безопасность предложенного компаунда была проверена экспериментально. Были проведены сравнительные исследования выделения трития из образцов масла, содержащего тритий, до и после отверждения. Для проведения исследований была подготовлена лабораторная установка, представляющая собой замкнутый контур. В состав контура входили: ячейка, в которую помещался образец, мембранный насос и ионизационная камера. При помощи мембранного насоса газовая среда циркулировала через ячейку с образцом и ионизационную камеру, которая фиксировала объемную активность трития. При продувке образца среднеактивного вакуумного масла, содержащего тритий, объемная активность газовой среды в установке непрерывно росла и за час увеличилась в ~10 раз по сравнению с фоновым уровнем. При продувке того же образца масла после отверждения, выделения трития зафиксировано не было при периодическом контроле на протяжении двух месяцев.

Для оценки применимости предложенного отвердителя при кондиционировании ЖРО на основе некоторых промышленно выпускаемых органических растворителей (сольвент, ксилол, керосин, уайт-спирит, бензин «галoша») была определена их растворимость. Как показали результаты проведенных исследований, массовое содержание растворителей в конечном компаунде составляет не менее 10 %. Предел растворимости для данных материалов не определялся в связи с тем, что химический состав материалов в пределах одного и того же стандарта может изменяться в широком диапазоне. Поэтому при практическом отверждении ЖРО конкретного органического растворителя необходимо проведение предварительных макетных испытаний.

Заключение

Следует отметить, что после отверждения уменьшается категория опасности отходов. Данный фактор оказывает существенное влияние на радиационную безопасность в процессе дальнейшего обращения с образующимися радиоактивными отходами. Разработанные технологии базируются на способах, которые ранее не предлагались. Уникальность, прежде всего, состоит в простоте их реализации. По этой причине отверждение ЖРО может проводиться на месте их образования, в любых лабораторных или производственных условиях без использования высокотехнологичного специализированного оборудования. Внедрение предлагаемых разработок позволит, во-первых, исключить необходимость хранения ЖРО на местах их образования, что повысит радиационную безопасность производства. Во-вторых, существенно снизить затраты предприятия на транспортировку к месту переработки и проведение кондиционирования ЖРО сторонней организацией. Важным фактором экологической безопасности предлагаемых способов является то, что при проведении работ не образуются вторичные радиоактивные отходы.

Предлагаемые способы являются универсальными, применимыми к широкому спектру материалов, при их реализации используется широко распространенное лабораторное оборудование, при практическом применении возможно достичь высокой производительности.

Важным фактором при работе с такими радионуклидами, как тритий, является то, что можно проводить весь процесс выделения и последующей фиксации дисперсной фазы в устойчивом матричном материале без контакта с окружающей средой (в герметичном боксе).

Радиационный контроль на всех стадиях проведения работ показал их безопасность для персонала и окружающей среды. Значения объемной активности в воздухе рабочего помещения и внешней поверхности контейнера с полученными компаундами, а также дозы внутреннего облучения персонала, участвовавшего в проведении работ, в десятки раз ниже действующих контрольных уровней.

Список литературы

1. Пат. № RU2637811, G21F9/04. Способ переработки жидких радиоактивных отходов / Н. Т. Казаковский, В. А. Королев // Бюллетень. 2017. № 34.

2. Пат. № 2654542, G21F 9/16. Способ отверждения органических ЖРО / Н. Т. Казаковский, В. А. Королев // Там же. 2018. № 15.

Specifics of Oil Vacuum Pumps Operation in Handling Radioactive Materials

N. T. Kazakovsky, V. A. Korolev

The paper considers some problem issues of the operation of oil pumps when working with radioactive materials. Simple and safe ways of processing liquid radioactive wastes from oil pumps just at the place of their formation are proposed.