

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдаков С.М., Козловцев В.М. Исследование параметров дугового разряда с комбинированной системой питания / С.М. Бурдаков, В.М. Козловцев // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 2(11). – С. 54-58.
2. Бурдаков, С.М. Исследование структуры металла сварных соединений при импульсном воздействии на дуговой разряд / С.М. Бурдаков, М.Б. Дамаскина, Д.И. Желецкий // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. – №1. – С. 38–43.
3. Бурдаков, С.М. Обоснование получения мелкозернистой структуры сварных соединений при высокоинтенсивном импульсном воздействии на сварочный контур / С.М. Бурдаков, В.И. Ратушный, Ю.В.Заяров // Глобальная ядерная безопасность. – 2023. – №4. – С. 27–31.
4. Специальные материалы, составы, смеси, покрытия. Видманштеттова структура [Электронный ресурс] // сайт большая российская энциклопедия (Автономная некоммерческая организация «Национальный научно-образовательный центр «Большая российская энциклопедия»). Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/vidmanshtettova-struktura-39576f> (дата обращения: 19.07.2024).
5. ГОСТ 5640-2020. Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры проката стального плоского // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375099/ (дата обращения: 19.07.2024).
6. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна" (ред. от 01.03.1987) // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <https://consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=18004#A8ojzIU0ecSIUyQJ2> (дата обращения: 19.07.2024).
7. Бурдаков С.М. Механизм повышения ударной вязкости соединений при импульсном воздействии на сварочный контур / С.М. Бурдаков // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 3(20). – С. 51-56.

УДК 666.322.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Кулягина С. С., Ткачев В.Г., Гейдарова А.Н.

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Россия
kkulyagina.1979@gmail.com*

Аннотация. Строительная отрасль активно ищет новые экологичные материалы из природных источников. Особое внимание привлекают бентониты – минералы с высокой адсорбционной способностью. Их способность связывать вещества и поглощать жидкости, а также доступность и невысокая стоимость делают их идеальным решением для строительства ядерных объектов. В статье рассматриваются свойства, преимущества и области применения материалов, полученных из бентонита, а также приводятся примеры их использования в строительстве.

Ключевые слова: бентонит, бентонитовые материалы, строительство, глина, блоки, атомная промышленность.

IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF WATERPROOFING OF CRITICAL FACILITIES USED IN NUCLEAR ENERGY

Kulyagina S. S., Tkachev V.G., Heidarova A.N.

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Russia
kkulyagina.1979@gmail.com*

Abstract. The construction industry is actively seeking new sustainable materials from natural sources. Bentonites, minerals with high adsorption capacity, attract special attention. Their ability to bind substances and absorb liquids, as well as their availability and low cost, make them an ideal solution for the construction of nuclear facilities. The article discusses the properties, advantages and applications of materials obtained from bentonite, and also provides examples of their use in construction.

Keywords: bentonite, bentonite materials, construction, clay, blocks, nuclear industry.

Из-за высокого потребления воды, необходимого атомным электростанциям, только 30% производимой энергии идет на производство электроэнергии, а оставшиеся 70% - на охлаждающую воду. В результате эти сооружения обычно строятся рядом с водохранилищами, что может привести к повышению уровня грунтовых вод. Для решения этой проблемы строительными методами был разработан ряд способов защиты фундамента зданий от просачивания воды.

Кирпичи, бетон и другие обычные строительные материалы могут поглощать и удерживать воду в своих порах, что приводит к потенциальному накоплению воды и повреждению конструкций. Чтобы этого избежать, при строительстве используются гидроизоляция.

Гидроизоляция – это слой водоустойчивых материалов на ограждаемой поверхности. Её выполняют для предотвращения накопления влаги и капиллярного подноса воды в подземных частях сооружений, создания непроницаемости хранилищ различных жидкостей от воздействия грунтовых вод[1].

В настоящее время существуют следующие основные виды гидроизоляции: окрасочная (обмазочная), оклеечная, штукатурная, асфальтовая и сборная. Все эти методы эффективны, хотя существует множество исторических и природных способов, которые могут еще больше улучшить гидроизоляцию.

Был установлен высокий уровень требований к материалам, используемым в гидроизоляции: они должны быть высокотехнологичными, эффективными, соответствовать нормативным стандартам, конкурентоспособными, актуальными и легко интегрироваться в процесс строительства.

Материалы на основе бентонита, особенно бентонитовая глина, соответствуют этим критериям. Бентонит - это тип глины, которая в основном состоит из минералов монтмориллонитовой группы и может быть диспергирована в воде до коллоидного состояния.

Бентонит имеет более 200 различных современных применений, включая косметику, корм для животных, пищевую промышленность и металлургию. Кроме того, он обычно широко используется при создании гидроизоляционных материалов и в качестве компонента строительных материалов для ядерной промышленности.

В ядерной промышленности бентонит служит материалом, используемым для фильтрации и предотвращения движения радиоактивных веществ при хранении, консервации и утилизации ядерных отходов, а также в процессе вывода из эксплуатации ядерных установок [2].

Бентонит имеет несколько применений в ядерной промышленности. Его можно использовать для поверхностной подземной утилизации радиоактивных отходов класса 3 и 4, а также для глубокой геологической утилизации радиоактивных материалов класса 1 и 2 на глубинах 100 метров и более. Он также используется для демонтажа радиоактивных отходов путем длительного хранения. Бентонит может использоваться для защиты специальных хранилищ радиоактивных отходов и цементных упрочняющих конструкций для жидких радиоактивных отходов (ЖРО).

Геосинтетические материалы на основе бентонита обладают несколькими важными свойствами, которые делают их пригодными для использования в ядерной промышленности. К ним относятся низкая проницаемость, самовосстановление и способность к самоуплотнению из-за его способности набухать. Низкая скорость диффузии радиоизотопов, снижение микробной активности и уменьшение эффекта смещения горных пород, а также долгосрочная минералогическая стабильность - все это полезные свойства материалов на основе бентонита.

Эти свойства позволяют использовать геосинтетические бентонитовые рулоны при установке защитных экранов при строительстве и реабилитации очистных сооружений для

радиоактивных, коммунальных и промышленных отходов. Они также полезны для гидроизоляции подземных участков зданий и сооружений, устройства противофильтрационных экранов в земляных насыпях и для гидротехнических сооружений [2].

Преимущества этого материала включают: сохранение водостойкости и влагопроницаемости, двойная защита, высокая устойчивость к агрессивным средам, высокая прочность, способность эксплуатации при температурах от -70°C до $+70^{\circ}\text{C}$, способность к самовосстановлению при механических повреждениях, длительный срок службы, низкая стоимость установки.

Бентонитовые изделия, используемые в ядерной промышленности, включают в себя: натуральные глины (активированные и измельченные), глиняные порошки и гранулы бентонита, прессованный бентонит (в виде блоков, колец, дисков и гранул), бентонитовые маты и материалы для инъекций.

Например: бентонитовые блоки для захоронения ядерных отходов.

Национальные энергетические стратегии стран с ядерными установками разработали планы по утилизации отработанного ядерного топлива. Эти стратегии похожи и включают хранение контейнеров для отходов на подземных участках в гранитных образованиях.

Это сложные и дорогостоящие проекты, включающие исследования и разработку подходящих мест хранения, раскопки, выбор подходящих материалов для контейнеров и герметизацию пространства. Бентонит был единогласно выбран в качестве изоляционного материала из-за его оптимальных характеристик, таких как высокая адсорбционная способность для широкого спектра радионуклидов и образование прочного изоляционного слоя.

Различные виды бентонитовых продуктов, включая гранулы, блоки и маты, включены в национальные стратегии управления радиоактивными отходами.

Бентонитовые блоки используются в качестве основного материала. Они помещаются в скважину, в которую вставляется контейнер для отходов. Для обеспечения полной герметичности, оставшееся пространство заполняют гранулами или пеллетами.

В России имеются большие месторождения с подходящими свойствами. Разработаны технологии производства бентонитовых блоков, в том числе прессования сырья в условиях постоянной влажности[5].

Также существуют бентонитовые маты, предназначенные для гидроизоляции, предотвращающие миграцию загрязняющих веществ в окружающую среду и обеспечивающие надежный барьер. Бентонит имеет коэффициент фильтрации менее $0,7 \times 10^{-11}$ м / с и обеспечивает надежную гидроизоляцию для большого вида конструкций.

В ходе работы описаны основные характеристики и преимущества бентонитовых материалов, используемых при строительстве атомных электростанций и других зданий и сооружений. Бентонит служит отличной составляющей, из которой могут производиться различные изделия, отвечающие всем необходимым требованиям и стандартам. Однако для более полного использования продуктов из бентонита необходимы исследования их поведения в грунтовых водах, атмосферных водах и при тепловом воздействии.. Поскольку такие исследования будут проводиться в будущем, материалы в настоящее время поступают из импортных источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теличенко, В.И. / Технология строительных процессов. В 2 ч. Ч. 2: Учебник/ В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лапиндус. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 209 с.
2. Захаров С.А. /«Применение бентонитовых матов - путь к созданию непроницаемых экранов»/ журнал «Гидротехника» – наука и технологии – 2019. –№1. – 7с
3. «Бентонит в атомной отрасли» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tagbent.com/bentonit-v-atomnoj-promyshlennosti> (дата обращения:14.07.2024)
4. «Росатом внёс бентонитовыегеосинтетические маты «BentIzol» в Реестр инновационных решений для внедрения при строительстве объектов атомной отрасли» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru/news/2023/08/23/138020> (дата обращения:15.07.2024)

5. «Бентонитовый блок» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pskgeodor.ru/blog/betonitoviy-mat/Bentonite%20Block> / (дата обращения: 16.07.2024)
6. Л.С. Васильянова / Химические технологии / «Бентониты в экологии» / журнал «Новости науки Казахстана» – 2016. – №3. – 72 с.

УДК 624.04.45.001.3

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ АЭС

Киселев А.С., Киселев А.С., Медведев В.Н.¹, Скорикова М.И.²,
Стризов В.Ф., Ульянов А.Н.

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва, Россия
¹ cont@ibrae.ac.ru, ² skorikova@ibrae.ac.ru

Аннотация. В работе приводится описание двух расчетных моделей, используемых для оценки работоспособности датчиков контроля напряженно-деформированного состояния защитной оболочки АЭС: для анализа кинетики НДС защитной оболочки АЭС и для расчета нестационарных полей температуры.

Ключевые слова: защитная оболочка, расчетная модель, датчики, контрольно-измерительная аппаратура, перемещения, деформации, напряжения, усилия.

DEVELOPMENT OF CALCULATION MODELS FOR ASSESSING THE OPERABILITY OF SENSORS FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE OF THE NUCLEAR POWER PLANT CONTAINMENT

Kiselev A. S., Kiselev A. S., Medvedev V.N.¹, Skorikova M.I.²,
Strizhov V.F., Ulianov A.N.

Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences (Moscow)
¹ cont@ibrae.ac.ru; ² skorikova@ibrae.ac.ru

Abstract. The paper describes two calculation models used to assess the operability of sensors for monitoring the stress-strain state of the nuclear power plant containment: to analyze the kinetics of the stress-strain state of the nuclear power plant containment and to calculate non-stationary temperature fields.

Keywords: containment, calculation model, sensors, instrumentation, displacements, deformations, stresses, forces

Используемые для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) защитных оболочек (ЗО) АЭС с ВВЭР-1000 датчики контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) имеют ограниченный проектный срок эксплуатации (13 лет), отдельные датчики выходят из рабочего состояния еще на стадии возведения защитной оболочки, а в период эксплуатации невозможно провести их достоверную тарировку и ремонт [1].

Для выполнения работ по обоснованию эксплуатации сверх назначенного срока датчиков КИА, установленных в защитной оболочке реакторного отделения в период строительства, разработаны расчетные модели.

Расчетное моделирование проводится в трехмерной постановке с учетом всех особенностей конструкции ЗО. При моделировании используются современные численные методы конечных элементов и суперэлементов, обладающие высокой точностью. Алгоритмы этих методов реализованы в вычислительной программе CONT, дающей возможность эффективно решать задачу расчета НДС защитной оболочки с учетом всех факторов нагружения, как при эксплуатационных, так и аварийных режимах [2]. Программа CONT аттестована в Ростехнадзоре.