

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 1 / 2026, Vol. 18, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/16SAVN126.pdf>

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Носков, И. В. Оценка срока службы при эксплуатации резервуаров для хранения углеводородного сырья / И. В. Носков, Б. М. Черепанов, А. Е. Анашкина, Д. Н. Черепанов // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/16SAVN126.pdf>.

For citation:

Noskov I.V., Cherepanov B.M., Anashkina A.E., Cherepanov D.N. Assessment of the service life of reservoirs for storage of hydrocarbon raw materials. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(1): 16SAVN126. Available at: <https://esj.today/PDF/16SAVN126.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.953

Носков Игорь Владиславович

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Заведующий кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: noskov.56@mail.ru

Черепанов Борис Михайлович

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Декан «Строительно-технологического» факультета,
доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»
Кандидат технических наук
E-mail: CherepanovBM@altgtu.ru

Анашкина Александра Евгеньевна

ФГБОУ «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Руководитель образовательной программы
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: anashkinaae@tyuiu.ru

Черепанов Денис Николаевич

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
E-mail: cherepanovden@mail.ru

Оценка срока службы при эксплуатации резервуаров для хранения углеводородного сырья

Аннотация. Статья посвящена анализу и оценке технического состояния резервуаров используемых при разработке нефтяных месторождений. Сделана оценка сроков эксплуатации резервуаров на основе оценки результатов неразрушающего контроля, литературного и патентного поиска материалов для их производства и монтажа. Российская Федерация занимает третью строчку рейтинга по добыче нефти на мировом рынке. Сегодня в нашей стране используется более 4 000 резервуаров нефти для системы подготовки и транспортирования углеводородов. Аварийность на таких объектах на примере аварии на Норильском никеле приводит к катастрофическим последствиям для окружающей среды. Одним из средств обеспечения безопасной эксплуатации резервуарных парков является контроль за состоянием стенок и фундамента резервуара. Весьма широко распространены резервуары вертикальные стальные (РВС) которые испытывают различные нагрузки в виде ветровых, снеговых,

температурных градиентов, работают в условиях Севера и испытывают процессы коррозии металла. Высокие темпы добычи для обеспечения потребностей экономики нашей страны в связи с ситуацией с газовой инфраструктурой (взрыв на трубопроводах северный поток 1 и 2) приводят к дисбалансу обеспечения добычи и транспортирования резервуарными парками. Стальные резервуары используются на пределе своего нормативного срока при этом толщина стенки резервуара из практики отечественного проектирования резервуарных парков определяется гидростатическим расчетом с учетом внешних нагрузок без учета коррозии металла. При эксплуатации стальных резервуаров следует, что выполнение комплекса работ по техническому диагностированию является одной из важной составляющей для безопасной эксплуатации месторождений нефти и газа.

Ключевые слова: резервуар; углеводороды; аварийность; деформации; неразрушающий контроль; фундаменты; срок службы; геодинамическая безопасность

Введение

Актуальность темы исследования. Углеводороды — один из главных ископаемых ресурсов человечества.

Открытие углеводородов и развитие технологий их переработки и использования в различных сферах жизни человечества стало одним из факторов для технической революции: двигатель внутреннего сгорания, появление различных полимеров и пластмасс.

Страны, относящие себя к развитым, несколько десятков лет пропагандируют и пытаются развивать и внедрять «зеленые технологии» из возобновляемой энергии: энергия Солнца, ветра, энергия приливов и отливов (колебание уровня мирового океана под воздействием приливных сил Луны и Солнца), геотермальные источники, а также использование этанола и масла растительного происхождения относящихся к биотопливу.

При этом новые системы требуют огромного количества энергии для добычи и переработки полезных ископаемых для создания систем выработки и накопления (аккумуляции) энергии. «Зеленым» технологиям требуется пластик, различный композитный материал, металлы, в том числе редкоземельные, литий, алюминий, свинец и прочее.

Сегодня активизировалась научная дискуссия с целью обсуждения и решения вопросов безопасного и нейтрального природопользования в нефтегазоносных провинциях с минимальным негативным воздействием на окружающую среду, особенно на Севере России и в Арктической зоне. Исходя из количества аварий при эксплуатации резервуаров можно сделать вывод что выполнение комплекса работ по техническому диагностированию для безопасной эксплуатации месторождений нефти и газа происходит с нарушением нормативных сроков, мероприятия выполняются не качественно, не в полном объеме и не своевременно.

Крупные предприятия имеют квалифицированный персонал, новейшее оборудование для диагностики и проекты по безопасности, основные цели которых заключаются в максимальном снижении рисков аварий и происшествий, развивающихся с катастрофическими последствиями, но даже при этом у них происходят техногенные аварии и катастрофы различного масштаба [1–6].

Целью данной работы является поиск современных инновационных технологий по строительству резервуаров с применением эффективных материалов и конструкций, анализ срока службы резервуаров.

На сегодняшний день в связи с развитием строительной отрасли можно выделить резервуары из следующих материалов: железобетон и металл, в данной статье резервуары из

гибких полимеров, пластмассы и стеклопластика не рассматриваются так как полимерные и мягкие резервуары не могут использоваться в технологической цепочке при нефтедобыче и нефтепереработке в связи с ограниченными объемами изготовления, сложностью доставки на отдаленные участки и пожаробезопасностью.

При возгорании таких резервуаров может возникнуть каскадное возгорание всего парка резервуаров. Мягкое покрытие может быть использовано для внутренней отделки резервуара, выполненного из железобетона.

Стальные резервуары

В современной промышленности принято 4 основных способа строительства и монтажа стальных резервуаров, принципиальная схема приведена на рисунке 1:

1. Рулонный метод — при этом способе готовые сварным способом определенного размера металлические полотна сворачиваются в рулоны. Плюсом данного способа является минимум сварочных работ на объекте строительства т. к. сварочные работы производятся в заводских условиях с применением автоматической сварки металла.

Стальные листы сваривают в полотнища в проектные размеры и выполняют сворачивание на специальных приспособлениях, на которых выполняется транспортирование, перемещение и разворачивание на объекте. Стоит отметить, что время на монтаж такого резервуара сокращается в 3–4 раза в сравнении с традиционной схемой изготовления РВС из множества сварных листов. Недостатками метода является невозможность применения метода для резервуаров более 20 000 м³, ввиду того что сталь при данном способе ограничена толщиной стенки в пределах 18 мм и вследствие этого ограничена по максимальному давлению.

2. Полистовой метод — при этом способе все части конструкции РВС подготавливаются по своим размерам и кривизне. Главным преимуществом является:

- легкость и простота работ по монтажу;
- очень высокое качество;
- любая размерность РВС;
- отсутствие специальной тяжелой техники.

Из недостатков стоит отметить длительность изготовления резервуара и производство большого количества сварных соединений с привлечением квалифицированного персонала.

3. Метод подъема — один из самых трудоемких и сложных методов монтажа. Часть работ выполняется на земле, РВС монтируется слой за слоем. Недостатком можно считать привлечение специальной техники и квалифицированного персонала.

4. Смешанный метод — это различная совокупность вышеуказанных методов.

На строительной площадке стандартные стальные листы (либо заготовки из них) соединяют на сварке высококвалифицированные сварщики, прошедшие специальное обучение и имеющие сертификаты о допуске к таким работам.

Продление срока безопасной эксплуатации в условиях выработка ресурса резервуарных парков является актуальной темой для исследований [7–15]. Проблеме коррозии резервуаров и продлению их сроков службы посвящено много работ и патентов, в основном все исследования сводились к поиску путей замедления коррозии путем применения современных разработок ингибиторов и применением новых лакокрасочных материалов.

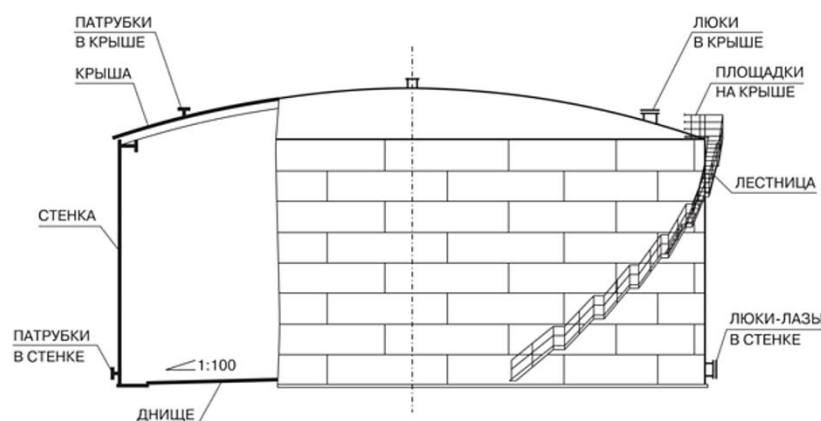


Рисунок 1. Принципиальная схема РВС¹

Эффект защитного действия таких покрытий не только в создании некоторого изоляционного барьера от коррозии, который может быть проницаем для агрессивной среды в результате образования сероводорода, различных кислот, паров воды и т. д. в результате чего возникает коррозия под защитным слоем, а именно в создании такого защитного слоя, который противостоит коррозии в принципе.

Механизм проникновения агрессивных для металла веществ объясняется порами, капиллярами и микропропусками в защитном покрытии, некачественной очисткой металлической поверхности растворимых в воде компонентов, в результате чего возникает отрыв защитного слоя от поверхности металла.

В основе защиты и достаточным условием является адгезионное взаимодействие, по своей сути это перевод металла в состояние, которое называется квазипассивным — состояние, при котором металл перестает взаимодействовать с агрессивной средой.

По этой причине для обеспечения адгезионной прочности покрытия состав и плотность нанесения (количество слоев) лакокрасочных материалов (ЛКМ) подбираются исходя из конкретных условий эксплуатации, обязательным требованием является обеспечение срока длительного сохранения первоначальных защитных свойств после нанесения в сложных условиях эксплуатации и иметь простую технологию нанесения и отверждения, добавление различных ингибиторов коррозии.

Вопросам изучения защитных свойств лакокрасочных и других пленочных покрытий посвящены работы Басина В.Е., Берлина А.А., Гоника А.А., Калимуллина А.А., Карякиной М.И., Кравцова В.В., Лыкова М.В., Майоровой Н.В., Мулина Ю.А., Рейбмана А.И. и др.

В целом в результате исследования современных лакокрасочных материалов и ингибиторов коррозии можно сделать вывод о различных улучшениях существующих ЛКМ, улучшение характеристик композиций. При этом стоит отметить, что исследования новых рецептур проводились на предприятиях применительно к частным условиям эксплуатации. Разнообразие технологических цепочек и различный химический состав хранимой жидкости не позволяет применять исследования для всей нефтяной промышленности в целом.

Для примера эксплуатации стального резервуара взяты реальные натурные наблюдения за резервуаром нефти на одном из месторождений Западной Сибири, краткая характеристика приведена в таблице 1.

¹ <https://reservoir.ru/upload/iblock/a58/617y4l9amlh4y1ke53a20q89e512wc13.png>.

Таблица 1

Краткая характеристика объекта

Назначение РВС	Хранение пластовой воды
Год изготовления	2006
Вместимость, м ³	5000
Нормативный расчетный срок службы	20
Данные о металле	Стенка — 09Г2С-12, 09Г2С-14, 09Г2С-15
	Днище — 09Г2С-12

Составлено/разработано авторами

На рисунке 2, 3 показано фактическое состояние резервуара на одном из месторождений нефти и газа в Западной Сибири. Следует разделять коррозию стенок резервуара с внешней и внутренней стороны, последняя из которых имеет более высокое значение.



Рисунок 2. Очаги коррозии на стенках резервуара и в районе уторного шва (составлено авторами)



Рисунок 3. Коррозия оголовков свай и балок резервуара (составлено авторами)

На рисунке 4 а — 4 в и 5 показаны очаги коррозии внутренней части резервуара.



а



б



в

***Рисунок 4. (а) коррозия днища резервуара;
(б) коррозия днища резервуара; (в) коррозия днища резервуара (составлено авторами)***



Рисунок 5. Коррозия внутренней стенки резервуара (составлено авторами)

Значительно влияют дефекты различной коррозионной активности и наличие водорода, такие факторы обуславливают резкое увеличение местных (локальных) очагов коррозии.

Так же к развитию аварийных ситуаций приводит осадка фундамента резервуара [1–6], особенностью является ее неравномерность, ярко выражена вдоль стенки РВС и наименее характерна к центру.

Результатом является развитие неравномерных деформаций и напряжений с локальным повреждением окрайки и изменением геометрической формы с появлением вмятин и выпучин.

В таких случаях разрушение РВС находится в зависимости от режима эксплуатации. Из опыта эксплуатации РВС неравномерная осадка возникает практически сразу же во время гидравлических испытаний из-за разницы давления и возникающий неравномерной осадки грунта в основании в результате его сжатия. В результате этого неизбежными являются неравномерные осадки по окружности резервуара и при неблагоприятных условиях дальнейшее увеличение неравномерности просадки вызывает дополнительные критические деформации, особенно в узлах сопряжений с последующим разрушением.

В качестве примера такого разрушения можно привести аварии в районе Лондона на резервуарах компании ESSO, весьма характерным является авария 1955 года, когда при испытании РВС произошла просадка основания, в начале 70-х произошли еще три аварии, в среднем картина происходящего схожа — неравномерность осадки от периферии к центру РВС.

По результатам неразрушающего контроля (ультразвуковая толщинометрия) за 2021 год полученные результаты (табл. 2) находятся за предельными значениями, исходя из этого можно сделать вывод что эксплуатация резервуара невозможна, фактический срок службы составил всего 15 лет.

Контроль отклонений образующих стенки от вертикали проводился при незаполненном резервуаре в соответствии с РД-08-95-95² с целью определения геометрической формы резервуара и выявления деформаций стенки, возникших при эксплуатации.

² Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов.

Таблица 2

Результаты ультразвуковой толщинометрии

—	Толщина элемента, мм										
	окраск	днище	кровля	стенка							
				номер пояса							
				1	2	3	4	5	6	7	8
Исполнительная, (мм)	10,0	8,0	5,0	14,0	12,0	11,0	11,0	11,0	11,0	9,0	9,0
Минимальная измеренная, (мм)	4,3	7,6	2,1	13,0	11,3	10,7	10,6	10,7	10,6	8,7	8,8
Отбраковочная толщина, (мм)	7,0	4,0	2,5	6,0	5,3	4,5	3,9	3,5	3,0	2,5	2,5

Составлено/разработано авторами

Измеренные значения отклонения от вертикали образующих стенки резервуара, превышают предельные допустимые значения для резервуаров, эксплуатируемых более 5 лет (п. 8.12 и таблица П 4.1, Приложение 4, РД 08-95-95).

При этом стоит отметить, что измеренные отклонения от горизонтали наружного контура днища с целью определения устойчивого положения резервуара и неравномерности осадки основания не превышают предельные значения при незаполненном резервуаре, эксплуатируемом более 5 лет (п. 8.16 и табл. П. 4.3 РД 08-95-95).

По итогам исследования состояния РВС можно сделать выводы о проблеме использования стали в конструкциях резервуаров.

Такие конструкции подвержены опасной коррозии, особенно при хранении агрессивных жидкостей, могут испытывать различные деформационные процессы, связанные с усталостью металла, некачественным выполнением сварных швов. При этом для металла характерны хрупкие трещины в результате деформаций и различных дефектов [13; 15]. Так же стенки стальных резервуаров подвержены деформациям в результате неравномерного градиента температур и геодинамических процессов движения земной поверхности при разработке месторождений УВС.

В настоящее время имеет место серьезная тенденция роста аварийных ситуаций в резервуарных парках практически по всему миру [7; 8], причем детальный анализ имеющейся статистической информации свидетельствует об экспоненциальной зависимости количества аварий от времени эксплуатации резервуаров, что сопровождается значительными финансовыми, материальными и экологическими потерями.

Железобетонные резервуары

Подходит для больших объемов вязких и застывающих нефтепродуктов, в том числе битума, мазута, тяжёлых продуктов нефти с низким процентом бензиновых фракций, а также нефти с высоким процентом бензиновых фракций при условии наличия бензоустойчивого покрытия. Строительство резервуаров для нефтепродуктов из железобетона сопряжено с проблемами долговечности, впервые этот вопрос был поднят еще в 1991 году, когда на объединенной сессии национальных комитетов СССР было предложено помимо рецептурных требований по долговечности включить в нормы расчеты для прогноза изменения физико-механических свойств бетона при эксплуатации в различных средах [8–10].

Железобетон для промышленных объектов известен с начала XX века и сфера его использования постоянно расширяется, в том числе железобетон стал применяться в сооружениях взамен стали. Опыт эксплуатации известен с 60-х годов прошлого столетия, так как именно в то время было построено большое количество резервуаров от 5 000 до 30 000 м³. Опыт эксплуатации таких резервуарных парков показал неравномерный износ, например,

плиты покрытия были более повреждены, а стеновые панели и колонны находились в состоянии пригодном для эксплуатации и в целом можно сделать вывод о перспективности использования железобетона так же стоит заметить что нормативный службы согласно Инструкции³ составляет 30 лет что превышает установленный срок службы РВС практически в 1,5 раза [12].

На рисунке 6 показан вертикальный железобетонный резервуар.

Анализируя научные труды разных авторов, можно сделать выводы о том, что фактически железобетонные резервуары эксплуатировались более 35 лет без аварий и ремонтов и находятся в удовлетворительном техническом состоянии.

Одним из современных примеров использования железобетона является проект «Арктик СПГ 2». Согласно проекту, завод будет включать три технологические линии заявленной ежегодной производительностью порядка 6,6 млн тонн СПГ каждая, которые планируется интегрировать с создаваемым в акватории Обской губы искусственным земельным участком и объектами береговой инфраструктуры.

Каждая технологическая линия состоит из:

- бетонного основания гравитационного типа (ОГТ), включая резервуары хранения СПГ и конденсата, а также вспомогательные системы;
- модулей верхних строений (ВС) для подготовки сырьевого газа и конденсата, производства СПГ и СГК в качестве продукции, включая сооружения для отгрузки, специальные системы основного энергоснабжения и аварийной генерации (рис. 7).



Рисунок 6. Железобетонный резервуар⁴

³ Постановление Госгортехнадзора РФ от 10.09.2001 N 40 "Об утверждении Инструкции по техническому обследованию железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов" (вместе с "Инструкцией РД 03-420-01").

⁴ <https://www.flamax.ru/pressroom/articles/zhelezobetonnye-rezervuary/>.



Рисунок 7. Технологическая линия⁵

Важной технологической особенностью проекта «Арктик СПГ 2», которая отличает его от географически близкого проекта «Ямал СПГ», является принятое решение об использовании оснований гравитационного типа (ОГТ), конструкция которых соответствует высокому уровню нагрузок — ледовых, сейсмических и волновых. Применение ОГТ является традиционным для районов с высокой сложностью природных и технических условий строительства при глубинах не более 150 м. Для «Арктик СПГ 2» технологию строительства гравитационных платформ разработала итальянская инжиниринговая компания Saipem, опираясь на опыт строительства сооружений в Северном море. Каждое из оснований представляет собой платформу, удерживаемую на морском дне за счет собственного веса и прочного контакта ее нижней части с донным грунтом. Установке ОГТ предшествует инженерная подготовка дна — выравнивание и стабилизация рельефа и морских отложений. Применяемое гравитационное основание представляет собой железобетонную конструкцию кессонного типа, разделенную плитами, стенами, перегородками и ребрами жесткости на отсеки, в которых находятся резервуары СПГ и резервуар СГК, хранилище энергоресурсов технологического процесса и системы балласта.

На ОГТ опираются модули верхнего строения и судовые системы для одновременной швартовки танкеров СПГ/СГК (рис. 8).

Сравнение бетонных оснований с наиболее распространенной альтернативой — стальными платформами — обозначает несколько явных преимуществ выбранного технологического варианта, а именно:

- бетонные основания, установленные не на сваях, а опирающиеся на дно всей поверхностью, лучше противостоят нагрузкам штормовых волн, ветра, льдов, накапливающихся наносов;
- внутри бетонных оснований удобнее устраивать отсеки различного назначения, в том числе для хранения углеводородов;
- бетонные основания более устойчивы к воздействию низких температур, что особенно важно для арктических проектов;
- затраты времени и финансовых средств на производство бетонных оснований значительно меньше.

⁵ <https://arcticspg.ru/proekt/>.



Рисунок 8. Монтаж бетонного основания гравитационного типа (ОГТ)⁶

Составы высокопрочного легкого конструкционного бетона, примененные при строительстве оснований гравитационного типа, разработаны специалистами ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева (входит в группу компаний ПАО «РусГидро»). Легкий бетон необходим для обеспечения плавучести нового сооружения. В результате применения разработок ВНИИГ вес конструкции был снижен на 150 тысяч тонн. Наряду с уменьшением массы железобетонных строительных конструкций предложенный специалистами института легкий гидротехнический бетон обеспечивает их высокую надежность и долговечность при эксплуатации в арктическом климате. Его уникальные свойства достигаются благодаря сочетанию специальных минеральных компонентов и современных комплексных химических добавок.

Заключение

Для анализа современных инновационных технологий по строительству резервуаров с применением эффективных материалов и конструкций был выполнен литературный и патентный поиск. Было проанализировано более 20 научных трудов, глубина поиска составила более 20 лет.

В нашем случае реальный срок службы стального резервуара составил 15 лет при расчетном 25. Интенсификация добычи и старение резервуарного парка, за пределами нормативного срока более 50 % РВС, а в России сегодня по разным источникам используется около 4 000 резервуаров, может привести к экологической катастрофе.

⁶ <https://xn---7sbhwjb3brd.xn--p1ai/news/murmanskaya-oblast-arktika-16/zavershena-ustanovka-ogt-pervoy-linii-arktiki-spg-2-na-gydane>.

Железобетонное исполнение резервуаров использовалось еще в 60-е годы прошлого столетия. В настоящее время круг вопросов, связанных с изучением стойкости бетона и железобетона в различных условиях и разработкой способов их защиты от агрессивного воздействия эксплуатационной среды достаточно широко освещен.

В фундаментальных работах Алексеева С.Н., Москвина В.М., Бабушкина В.И., Батракова В.Г., Гузеева Е.А., Иванова Ф.М., Полака А.Ф., Комохова П.Г., Ратинова В.Б., Соломатова В.И., Шестоперова С.В., а также Jambor J., Kalousek G., Modry S., Scott G., Schiessl P. и других ученых заложены теоретические основы этих исследований.

Анализ результатов этих исследований позволил выявить особенности механизма коррозионных процессов в бетоне и железобетоне в природных и производственных агрессивных средах. Однако, вопросы о стойкости бетона и железобетона в условиях воздействия на них нефти и нефтепродуктов, а также методы прогноза долговечности конструкций в этих условиях недостаточно освещены в литературе. В соответствии с СП 28.13330.2017⁷ сырая нефть является средой неагрессивной — к бетону марки по водонепроницаемости W8, слабоагрессивной — к бетону марки W6 и среднеагрессивной — к бетону марки W4, а газовоздушная среда является средой средне- и сильноагрессивной — к бетону марки W6 и сильноагрессивной — к металлическим конструкциям.

При проектировании защиты железобетонных конструкций резервуаров согласно вышеуказанного СНиП целесообразно ограничиваться средствами первичной защиты, главным образом, повышением плотности бетона.

Нефть представляет собой природную смесь углеводородов с включением сернистых, азотных и кислородных соединений. Наиболее агрессивным компонентом в нефти является сера. Поэтому при исследовании агрессивности нефти к конструкциям резервуаров в первую очередь определяют общее содержание сернистых соединений в перерасчете на серу и, в зависимости от этого, нефть подразделяют на высокосернистую ($S > 1,8\%$) и сернистую ($S < 1,8\%$). Больше всего серы содержится в ряде нефтей Узбекистана (до 7 %) и в Поволжье (до 4 %), а меньше всего в азербайджанской — 0,01–0,4 %.

Степень влияния нефтепродуктов на прочность бетона, а также на его сцепление с арматурой, изучалась в работах Арского Г.М., Рындина Н.И., Дуранова Е.Ф., Северова А.Ф., Трусова А.И., Елисеева Е.И., Прокоповича А.А. Наиболее полно эти вопросы освещены в работах Васильева Н.М. и Саввиной Ю.А.

В результате этих исследований установлено, что прочность бетона различных строительных конструкций, пропитанных нефтепродуктами, снижается. При эксплуатации более 30 лет это снижение достигает 40–50 %, причем максимальное снижение прочности происходит в плитах покрытия, а наименьшее — в балках и ригелях.

Анализ результатов обследования технического состояния конструкций резервуаров разных типов свидетельствует о том, что за период эксплуатации, почти в два раза превышающий нормативный срок, железобетонные конструкции резервуаров имеют физический износ в пределах 25–28 %, а металлические — практически выработали свой срок.

Железобетонные резервуары, конечно, имеют конструкционные недостатки в виде сложности герметизации швов и укладки бетона и возможным появлением трещин, но эти вопросы можно решить современными методами производства работ как показал опыт проекта Артик СПГ, который показал преимущества железобетонных конструкций.

⁷ СП 28.13330.2017. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (утв. Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 127/пр) (ред. от 08.05.2024).

ЛИТЕРАТУРА

1. Варфоломеев, Ю.А. Экспертная оценка практикуемых систем геодезического мониторинга для обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров с нефтью / Ю.А. Варфоломеев, Д.Н. Черепанов, Ю.В. Марков // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/73NZVN623.pdf> (дата обращения: 28.01.2026).
2. Носков, И.В. Опыт высокотехнологичного геодезического мониторинга объектов инфраструктуры нефтегазовых месторождений в холодном климате / И.В. Носков, Д.Н. Черепанов, Ю.А. Варфоломеев, Ю.В. Марков // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/60NZVN224.pdf> (дата обращения: 28.01.2026).
3. Носков, И.В. Комплексный геомониторинг оснований и фундаментов резервуаров вертикальных стальных (РВС) на основе лазерного сканирования при разработке нефтяных месторождений / И.В. Носков, Д.Н. Черепанов // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 4. — URL: <https://esj.today/PDF/03NZVN422.pdf> (дата обращения: 28.01.2026).
4. Варфоломеев, Ю.А. Обеспечение нормативных сроков безопасной эксплуатации объектов капитального строительства / Ю.А. Варфоломеев, Ю.В. Марков, А.Н. Попов, А.И. Рогов // Научная дискуссия: инновации в современном мире. Сб. ст. по материалам LX междунар. науч.-практич. конф. — № 16(59). — М.: Изд. «Интернаука», декабрь 2016. — С. 11–13. ISSN 2309-1959; Н 34. URL: [https://www.internauka.org/archive2/inno/16\(59\).pdf](https://www.internauka.org/archive2/inno/16(59).pdf) (дата обращения: 28.01.2026).
5. Носков, И.В. Применение технологии 3D сканирования для определения деформации оснований и фундаментов резервуаров при разработке месторождений нефти / И.В. Носков, Д.Н. Черепанов // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 5. — URL: <https://esj.today/PDF/05NZVN523.pdf> (дата обращения: 28.01.2026).
6. A Review of Research on SLAM Technology Based on the Fusion of LiDAR and Vision // Sensors. — Volume 25, Issue 5, Article 1447 — 27 February 2025 — URL: <https://doi.org/10.3390/s25051447> (дата обращения: 28.01.2026).
7. Золенкова К.А., Прошкин А.Ю. Анализ аварийности и причин аварий вертикальных стальных резервуаров // Научный Лидер. 2022. № 20(65). URL: <https://scilead.ru/article/2244-analiz-avarijnosti-i-prichin-avarij-vertikaln> (дата обращения: 28.01.2026).
8. Михель Е.С., Скуртова И.В. Анализ пожарной опасности процесса хранения нефтепродуктов // Научный Лидер. 2022. № 20(65). URL: <https://scilead.ru/article/2246-analiz-pozharnej-opasnosti-protsesssa-khraneni> (дата обращения: 28.01.2026).
9. James I. Chang. A study of storage tank accidents // Journal of Loss Prevention in the Process Industries Volume 19, Issue 1, January 2006, Pages 51–59 URL: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.05.015> (дата обращения: 28.01.2026).
10. Кятов, Н.Х. Механика грунтов: учебник для вузов / Н.Х. Кятов, Р.Н. Кятов. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 215 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17446-5. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт — URL: <https://urait.ru/bcode/589335> (дата обращения: 24.03.2026).
11. Saito, T. Introduction concrete storage tanks for petroleum and cryogenic liquefied gases (ammonium, LPG, ethylene, LNG). Concrete wo mochiita sekiyu, teion ekika gas (anmonia, LPG, echiren, LNG) choso no shokai. Japan: N. p., 1992. Web. URL: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/6862059> (дата обращения: 28.01.2026).

12. Luz, Thaís D. & Battisti, Felipe G. & da Silva, Alexandre K., 2025. "Sensible thermal energy storage in packed beds using supercritical CO₂: A comparative study of tanks with steel-only and reinforced concrete walls", Renewable Energy, Elsevier, vol. 245(C) URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v245y2025ics096014812500-388x.html> (дата обращения: 24.03.2026).
13. Розенштейн И.М. К вопросу оценки опасности хрупкого разрушения резервуаров для хранения нефтепродуктов // Территория Нефтегаз. 2015. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-otsenki-opasnosti-hrupkogo-razrus-heniya-rezervuarov-dlya-hraneniya-nefteproduktov> (дата обращения: 28.01.2026).
14. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) / Б.И. Далматов. Стройиздат, Ленинград, 1988 г., 415 стр., УДК: [624.13+624.15] (075.8), ISBN: 5-274-00374-5 URL: <https://www.geokniga.org/books/41503> (дата обращения: 24.03.2026).
15. Розенштейн И.М. Особенности хрупкого разрушения вертикальных стальных резервуаров // Территория Нефтегаз. 2012. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-hrupkogo-razrusheniya-vertikalnyh-stalnyh-rezvuarov> (дата обращения: 28.01.2026).

Noskov Igor Vladislavovich

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
E-mail: noskov.56@mail.ru

Cherepanov Boris Mikhailovich

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
E-mail: CherepanovBM@altgtu.ru

Anashkina Alexandra Evgenievna

Tyumen Industrial University, Tumen, Russia
E-mail: anashkinaae@tyuiu.ru

Cherepanov Denis Nikolaevich

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
E-mail: cherepanovden@mail.ru

Assessment of the service life of reservoirs for storage of hydrocarbon raw materials

Abstract. The article is devoted to the analysis and assessment of the technical condition of the tanks used in the development of oil fields. The article provides an assessment of the service life of the tanks based on the results of non-destructive testing and a literature and patent search for materials used in their production and installation. The Russian Federation ranks third in terms of oil production in the global market. Today, our country uses more than 4 000 oil tanks for the preparation and transportation of hydrocarbons. The accident at Norilsk Nickel, for example, has had catastrophic consequences for the environment. One of the means of ensuring the safe operation of tank farms is monitoring the condition of the tank walls and foundation. Vertical steel tanks (VSTs) are very common and experience various loads such as wind, snow, and temperature gradients. They operate in northern regions and are subject to metal corrosion processes.

High rates of production to meet the needs of our country's economy due to the situation with the gas infrastructure (explosions on the Nord Stream 1 and 2 pipelines) lead to an imbalance in the supply of production and transportation by tank farms. Steel tanks are being used at the end of their service life, and the thickness of the tank wall is determined by hydrostatic calculations based on external loads, without considering metal corrosion. When operating steel tanks, it is crucial to perform a comprehensive set of technical diagnostics to ensure the safe operation of oil and gas fields.

Keywords: reservoir; hydrocarbons; accidents; deformations; non-destructive testing; foundations; service life; geodynamic safety