УДК 621.642.39.03

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАЩИТЫ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТА РЕЗЕРВУАРА ОТ ВОДЫ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО ОРОШЕНИЯ

¹Грученкова А.А., ¹Кузовников Е.В., ¹Шарков А.Е., ²Тарасенко А.А., ²Чепур П.В.

¹OOO НПП «Симплекс», Тюмень, e-mail: simplex_rvs@mail.ru; ²Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, chepur@me.com

Проанализирована мировая практика эксплуатации вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, которая показала, что наиболее часто встречающейся причиной отказов резервуаров является коррозионный износ металлоконструкций РВС. Для решения этой проблемы в нормативнотехнической документации в части требований к основаниям и фундаментам РВС в качестве антикоррозионной защиты днища рекомендуется предусматривать устройство гидроизоляционного слоя под днищем резервуара из песчаного грунта, пропитанного нефтяными вяжущими добавками, или из рулонных материалов. Авторами предложено конструктивное решение по ремонту отмостки резервуара РВСПК-20000 с использованием компенсационного температурно-усадочного шва между отмосткой и фундаментом, которое показало успешные результаты в период эксплуатации объекта. Об эффективности работы предложенной конструкции защиты основания и фундамента резервуара также свидетельствует многократный опыт ее применения на других объектах магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: резервуар, отмостка, компенсационный шов, гидроизоляция, РВС

SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE DESIGN OF TANK BASE AND FOUNDATION PROTECTION FROM WATER SYSTEM EMERGENCY IRRIGATION

¹Gruchenkova A.A., ¹Kuzovnikov E.V., ¹Sharkov A.E., ²Tarasenko A.A., ²Chepur P.V.

¹Simplex, Tyumen, e-mail: simplex rvs@mail.ru;

²Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, chepur@me.com

Analyzed international practice operation of vertical steel tanks for storage of oil and oil products, which showed that the most common cause of failure of tanks is corrosive wear of metal structures. To solve this problem in the normative and technical documentation regarding the requirements for the grounds and tank's foundations as anticorrosive protection of the bottom device is recommended to provide a waterproofing layer at the bottom of the tank from the sandy soil soaked oil binders or additives of rolled materials. The authors suggested a constructive solution for the repair of the blind area of the tank RVSPK-20000 with the compensation of temperature-shrinkage joint between the foundation and the blind area, which showed successful results in the period of operation of the facility. On the effectiveness of the proposed design of the base and protection of the tank foundation also shows repeated experience of its use in other locations of the main transport of oil and oil products.

Keywords: tank, blind area, compensation seam, waterproofing, AST

Вертикальные стальные резервуары для хранения нефти относятся к промышленным объектам с повышенным уровнем ответственности в соответствии с ГК РФ. Поэтому задача поддержания вертикальных стальных резервуаров в исправном состоянии является актуальной. Мировая практика эксплуатации вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов показывает, что наиболее часто встречающейся причиной отказов резервуаров является коррозионный износ металлоконструкций РВС [7-8]. Эксплуатирующие организации ежегодно несут огромные материальные издержки на защиту резервуаров от коррозионного воздействия. Как показывают результаты технического диагностирования резервуаров [8], металл днища и первого пояса стенки резервуара наиболее подвержен коррозии из-за наличия подтоварной воды, так как растворенные в подтоварной воде химические вещества и соединения существенно ускоряют коррозионные процессы системы вследствие повышения электропроводности электролита, наличия полей статического электричества, биологической активности микроорганизмов и др. Помимо этого, днище находится под воздействием коррозии от грунтовых вод и конденсата.

Для решения этой проблемы в нормативно-технической документации в части требований к основаниям и фундаментам РВС в качестве антикоррозионной защиты днища рекомендуется предусматривать устройство гидроизоляционного слоя под

днищем резервуара из песчаного грунта, пропитанного нефтяными вяжущими добавками или из рулонных материалов.

Согласно нормативным документам для защиты днища PBC от коррозии применяются следующие составы гидрофобного слоя:

- 1. Горячие асфальтобетонные смеси по ГОСТ 9128, плотные, марки I, вяжущее вещество жидкий битум марки БНД 90/130 по ГОСТ 22245, с размерами зерен минерального заполнителя до 5 мм, с остаточной пористостью не более 2,5%, с коэффициентом уплотнения не ниже 0,99.
- 2. Холодные асфальтобетонные смеси по ГОСТ 9128, вяжущее вещество жидкий битум марки БНД 90/130 по ГОСТ 22245, с размерами зерен минерального заполнителя до 5 мм, с остаточной пористостью не более 2,5%, коэффициент уплотнения не ниже 0,96.

стального резервуара с плавающей крышей РВСПК-20000 от воды при работе системы аварийного орошения [5, 14].

Так, в ходе проведения планового технического обследования резервуара РВСПК-20000 было выявлено утонение металла днища резервуара, превышающее максимально допустимые значения, практически по всей его площади, в результате чего было принято решение о необходимости ремонта резервуара. Разработкой проекта ремонта настоящего резервуара занималось научно-производственное предприятие «Симплекс».

Главной особенностью данного объекта является конструкция фундамента в виде бетонного «стакана», опирающегося на сваи, внутри которого устроена песчаная подушка (рис. 1).

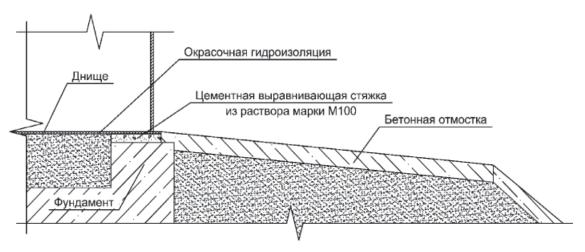


Рис. 1. Конструкция отмостки резервуара РВСПК-20000

- 3. Грунт влажностью до 3% с коэффициентом уплотнения не ниже 0,98, содержащий следующие компоненты:
- песок крупностью от 0,1 до 0,2 мм в количестве от 80 до 85 %;
- песчаные, пылеватые и глинистые частицы крупностью менее 0,1 мм в количестве от 4 до 15%;
- вяжущее вещество жидкий битум по ГОСТ 11955 в количестве от 8 до 10% от объема грунтовой смеси; содержание серы в вяжущем веществе не должно превышать 0,5%.

Применяемые песок и битум не должны содержать коррозионно-активных агентов.

Проектная организация осуществляет выбор защитного слоя днища резервуара, при этом эффективность и рациональность проектного решения должны быть обоснованы.

В данной статье предлагается оригинальное конструктивное решение по защите основания и фундамента вертикального

В качестве гидроизоляционного слоя днища резервуара проектом была предусмотрена окрасочная гидроизоляция с полимерным покрытием, а именно применение эпоксидной шпатлевки ЭП-0010 по грунтовке лаками ЭП-55 общей толщиной слоев 6 мм.

Однако согласно нормативному документу РД-23.020.00-КТН-018-14 толщина гидроизоляционного слоя на поверхности грунтовой подушки резервуара должна составлять не менее 50 мм. Очевидно, что проектная организация, занимающаяся разработкой проекта строительства данного резервуара, пренебрегла этими требованиями.

Поскольку резервуар находится на свайном фундаменте, а железобетонная отмостка на естественном основании, в течение года возможны высотные колебания и деформации последней, связанные с сезонными движениями грунта и осадками резервуара при операциях заполнения и опорожнения [3–4, 6, 11–13]. Как показала практика, подобная

конструкция отмостки (рис. 1) имеет главный недостаток — это образование трещины на границе примыкания к железобетонному кольцу «тарелки» основания резервуара.

Требования государственных стандартов предусматривают проверку работоспособности систем орошения резервуаров, находящихся в эксплуатации и заполненных нефтью или нефтепродуктом, не реже 1 раза в год [2]. Расчетные данные автоматической системы орошения резервуара РВСПК-20000 представлены в таблице.

Для контроля остаточной скорости коррозии и уровня защитных потенциалов на днище резервуара установлены датчики коррозии, неполяризующиеся и биметаллические электроды сравнения.

По результатам технического обследования установлено, что на данном резервуаре имел место полный отказ в работе системы электрохимической защиты протяженными анодами в связи с выходом из строя протяженных анодов. Совокупность данных фактов позволяет говорить о том, что наличие

Расчетные данные установки водяного охлаждения резервуара РВСПК-20000

Наименование	Показатель	Единица измерения	Количество
Запас воды на охлаждение горящего резервуара при нормативной интенсивности (на 4 часа)	Q	куб. м	1031,472
Фактический запас воды на охлаждение горящего резервуара (на 4 часа)	Q	куб. м	1131,805
Запас воды на охлаждение соседнего с горящим резервуара (на 4 часа)	Q	куб. м	309,434

Так, эксплуатирующими службами резервуара было отмечено, что каждый раз после проведения испытания системы орошения резервуара в колодцах контроля протечек днища резервуара постепенно накапливается вода, выход которой тем больше, чем выше уровень взлива продукта в резервуаре, а соответственно, и производимое продуктом давление на основание.

После разбора данных случаев на техническом совете предприятия были установлены связи следующих событий: раскрытие трещины отмостки в узле примыкания к железобетонному кольцу основания резервуара (рис. 2), испытание системы орошения, попадание воды от системы орошения через трещину в отмостке в пространство между днищем резервуара и железобетонным кольцом основания, уход воды через систему контроля протечек.

По результатам предпроектного обследования, электрохимическая защита резервуара от коррозии (ЭХЗ) осуществлялась методом катодной поляризации (катодной защиты) от существующей станции катодной защиты СКЗ с применением протяженных анодных заземлителей, установленных под днищем резервуара в песчаной подушке. Анодное заземление состоит из двух самостоятельных контуров со сроком службы не менее 25 лет каждый, вводимых в эксплуатацию поочередно. Второй контур вводится в эксплуатацию по окончании рабочего ресурса первого контура. воды под днищем резервуара при неработающей системе ЭХЗ могли спровоцировать преждевременный коррозионный износ металла днища резервуара (рис. 3).



Рис. 2. Раскрытие трещины отмостки в узле примыкания к ж/б кольцу

Проанализировав результаты технической диагностики резервуара, было принято решение о полной замене днища резервуара

с устройством гидрофобного слоя толщиной 100 мм из высокоплотного асфальтобетона марки 1 по ГОСТ 9128-2009, с остаточной кислотностью от 1,0 до 2,5% (рис. 4) для защиты днища резервуара от негативного воздействия грунта и исключения образования коррозии, так как принятое изначально техническое решение гидроизоляции окраек и конструкция отмостки не обеспечивало должной защиты фундамента.



Рис. 3. Коррозионный износ металла днища резервуара РВСПК-20000

к действию агрессивных атмосферных факторов и воды.

Для герметизации температурно-усадочных швов был использован герметик на основе тиокола, имеющий относительное удлинение в момент разрыва не менее 150%. Деформативность шва составила более 25%, интервал температуры эксплуатации – в пределах от минус 60°C до плюс 70°С. Кроме того, температурно-усадочные швы выполняются по периметру РВСПК-20000 в отмостке с шагом 6 м, а свободное пространство между бетонной отмосткой и окрайкой днища резервуара заполняется цементно-песчаным раствором. В основание температурноусадочных швов закладывалась доска размерами 40×19 мм.

Конструкция компенсационного шва была выполнена с учетом расчетных показателей деформации основания резервуара и отмостки, заполняющий шов герметик подобран в соответствии с показателями растяжения и усилия адгезии к бетону. Применение песчано-битумной гидроизоляции окраек, в свою очередь, позволило устранить неровности фундаментного кольца резервуара, а также предотвратить напорное и капиллярное движение воды не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении.

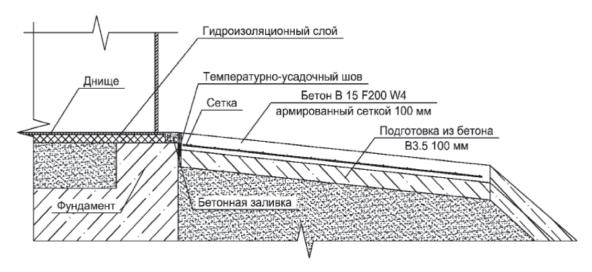


Рис. 4. Конструкция отмостки резервуара РВСПК-20000, разработанная НПП «Симплекс»

Согласно разработанному проекту ремонта, сопряжение отмостки резервуара с его фундаментом выполняется с устройством компенсационного шва шириной 20 мм на всю высоту отмостки с заполнением просмоленной паклей и герметиком, обеспечивающим высокую стойкость изоляции к температурным и усадочным деформациям, а также

Устройство отмостки производилось по секциям, разделенным температурно-усадочными швами с разрывом армирования. Новая отмостка выполнена из бетона В15, толщиной 100 мм с уклоном по месту планировки, на бетонной подготовке из бетона В3.5.

Так, разработанное конструктивное решение по ремонту отмостки резервуара РВСПК-20000 с использованием

компенсационного температурно-усадочного шва между отмосткой и фундаментом показало успешные результаты в период эксплуатации объекта. Об эффективности работы предложенной конструкции защиты основания и фундамента резервуара от воды при работе системы аварийного орошения также свидетельствует многократный опыт ее применения на других объектах магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов.

Список литературы

- 1. Васильев Г.Г., Тарасенко А.А., Чепур П.В., Гуань Ю. Анализ сейсмостойкости вертикального стального резервуара РВСПК-50000 с использованием линейно-спектрального метода // Нефтяное хозяйство. -2015. -№ 10. -C. 120-123.
- 2. Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко Д.А. Противоречия в современной нормативно-технической базе при ремонте резервуаров // Фундаментальные исследования. -2013. -№ 10-15. -C. 3400-3403.
- 3. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Эволюция взглядов на вопросы определения величины допустимых осадок резервуаров // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–1. С. 67–84.
- 4. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А. Использование критериев стандарта API-653 для оценки допустимой величины осадки днища резервуаров // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–7. С. 1418–1422.
- 5. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы подслойного пожаротушения на напряженное состояние резервуара при осадке основания // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–8. С. 1698–1702.
- 6. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Численное моделирование процесса деформирования резервуара при развитии неравномерных осадок // Нефтяное хозяйство. -2015. -№ 4. -C. 88-91.
- 7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Шарков А.Е., Гретченко Д.А. Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия // Фундаментальные исследования. -2014. -№ 9–8. -C. 1703–1708.
- 8. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2010. № 5. С. 78–82.
- 9. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Особенности совместной работы резервуара и устройств размыва донных отложений винтового типа // Фундаментальные исследования. 2015.- N = 2-8.-C. 1671-1675.
- 10. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Создание и верификация численной модели резервуара РВСПК-50000 // Фундаментальные исследования. 2015. № 7–1. С. 95–100.
- 11. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Оценка воздействия приемо-раздаточного патрубка при развитии осадки резервуара // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–3. С. 540–544.
- 12. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А. Анализ возможности использования критериев стандарта API-653 для оценки неравномерной осадки резервуаров отечественных типоразмеров // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–3. С. 514–519.
- 13. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А., Антонов И.В. Численный анализ влияния жесткости газоуравнительной системы при развитии осадок резервуара // Фундаментальные исследования. -2014. № 11–6. C. 1292–1296.
- 14. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы аварийного сброса на на-

- 15. Чирков С.В., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Определение оптимального количества тросов поддержки днища при подъеме резервуара // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. -2014. N25. С. 72—78.

References

- 1. Vasilev G.G., Tarasenko A.A., Chepur P.V., Guan Ju. Analiz sejsmostojkosti vertikalnogo stalnogo rezervuara RVS-PK-50000 s ispolzovaniem linejno-spektralnogo metoda // Neftjanoe hozjajstvo. 2015. no. 10. pp. 120–123.
- 2. Tarasenko A.A., Silnickij P.F., Tarasenko D.A. Protivorechija v sovremennoj normativno-tehnicheskoj baze pri remonte rezervuarov // Fundamentalnye issledovanija. 2013. no. 10–15. pp. 3400–3403.
- 3. Tarasenko A.A., Chepur P.V. Jevoljucija vzgljadov na voprosy opredelenija velichiny dopustimyh osadok rezervuarov // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–1. pp. 67–84.
- 4. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Gruchenkova A.A. Ispolzovanie kriteriev standarta API-653 dlja ocenki dopustimoj velichiny osadki dnishha rezervuarov // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–7. pp. 1418–1422.
- 5. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Gruchenkova A.A., Sokolov S.S. Ocenka vlijanija truboprovodov sistemy podslojnogo pozharotushenija na naprjazhennoe sostojanie rezervuara pri osadke osnovanija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–8. pp. 1698–1702.
- 6. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Tarasenko D.A. Chislennoe modelirovanie processa deformirovanija rezervuara pri razvitii neravnomernyh osadok // Neftjanoe hozjajstvo. 2015. no. 4. pp. 88–91.
- 7. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Sharkov A.E., Gretchenko D.A. Tehnologija diagnostiki vertikalnyh stalnyh rezervuarov bez snjatija antikorrozionnogo pokrytija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9–8. pp. 1703–1708.
- 8. Tarasenko M.A., Silnickij P.F., Tarasenko A.A. Analiz rezultatov defektoskopii korrozionnyh povrezhdenij rezervuarov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft i gaz. 2010. no. 5. pp. 78–82.
- 9. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Osobennosti sovmestnoj raboty rezervuara i ustrojstv razmyva donnyh otlozhenij vintovogo tipa // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 2–8. pp. 1671–1675.
- 10. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Sozdanie i verifikacija chislennoj modeli rezervuara RVSPK-50000 // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 7–1. pp. 95–100.
- 11. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Ocenka vozdejstvija priemo-razdatochnogo patrubka pri razvitii osadki rezervuara // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–3. pp. 540–544.
- 12. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Gruchenkova A.A. Analiz vozmozhnosti ispolzovanija kriteriev standarta API-653 dlja ocenki neravnomernoj osadki rezervuarov otechestvennyh tiporazmerov // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–3. pp. 514–519.
- 13. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Gruchenkova A.A., Antonov I.V. Chislennyj analiz vlijanija zhestkosti gazouravnitelnoj sistemy pri razvitii osadok rezervuara // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–6. pp. 1292–1296.
- 14. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Sokolov S.S. Ocenka vlijanija truboprovodov sistemy avarijnogo sbrosa na naprjazhennoe sostojanie konstrukcii rezervuara pri razvitii osadok osnovanija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–4. pp. 804–808.
- 15. Chirkov S.V., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Opredelenie optimalnogo kolichestva trosov podderzhki dnishha pri pod#eme rezervuara // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft i gaz. 2014. no. 5. pp. 72–78.