УДК 621.642.39.03

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

[1]Тиханов Е.А., [2]Тарасенко А.А., [2]Чепур П.В.

[1]ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: tjohn90@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, chepur@me.com

Рассмотрены особенности применения метода перемещения при капитальном ремонте оснований вертикальных стальных резервуаров. Выдвинуты тезисы об эффективности применения метода перемещения для ремонта оснований вертикальных стальных резервуаров в сравнении с традиционным методом ремонта. Приведена сравнительная характеристика метода перемещения и традиционного метода капитального ремонта оснований вертикальных стальных резервуаров. Обоснованы технические решения в части расчета напряженно-деформированного состояния конструкций резервуара при неосесимметричном нагружении. Сформирована модель и определены базовые параметры оценки экономической эффективности проведения капитального ремонта основания вертикального стального резервуара. Проведена оценка экономической эффективности мероприятий по капитальному ремонту и дальнейшему обслуживанию отремонтированных оснований резервуаров. Обоснована высокая экономическая эффективность нового технологичного метода перемещения в сравнении с традиционным методом.

Ключевые слова: резервуар, РВС, НДС, метод перемещения, экономическая эффективность, окупаемость, экономия затрат, моделирование

ESTIMATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF MAJOR OVERHAUL BASE VERTICAL STEEL STORAGE TANK WITH MOVING METHOD

[1]Tihanov E.A., [2]Tarasenko A.A., [2]Chepur P.V.

[1]Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: tjohn90@mail.ru;

[2]Tyumen state oil and gas institute, Tyumen, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, chepur@me.com

Considered the features of applying the transferring method during vertical steel tanks foundation capital repairs. Have argued that the effectiveness of the method move to repair bases vertical steel tanks in comparison with the traditional method of repair. The comparative characteristics of the method and the traditional method of moving overhaul bases vertical steel tanks. Sound technical solutions in terms of calculating the stress-strain state of the tank designs under nonaxisymmetric loading. Formed the model and defines the basic parameters of capital repairs economic efficiency evaluation. Assessed the cost-effectiveness of measures for major repairs and further renovated tanks foundation maintenance. Substantiated high economic efficiency of new technological transferring methods in comparison with the traditional method.

Keywords: tank, RVS, stress-strain state, moving method, economic efficiency, recoupment, cost savings, FEM

Известно, что у многих зарубежных компаний существуют технологии, позволяющие конструировать вертикальные стальные резервуары, пригодные для перемещения на различных этапах эксплуатации. В России такая практика отсутствует, поскольку созданная инфраструктура позволяет транспортировать нефть до потребителя без перемещения резервуаров. В силу географического расположения мест, где ведется разработка новых нефтяных месторождений, с наличием мерзлых водонасыщенных грунтов, нередко возникает проблема ремонта оснований резервуаров.

Российские и зарубежные инженеры столкнулись с множеством случаев негативного воздействия мерзлых грунтов на объекты инфраструктуры магистрального транспорта. К примеру, при эксплуатации Трансаляскинского нефтепровода в США возникло большое количество нерешенных геотехнических проблем. При оттаивании пылеватые водонасыщенные вечномерзлые грунты из твердого состояния переходят в разжиженное, растекаясь под действием собственного веса. Оттаивание мерзлого грунта в зависимости от количества льда вызывает осадки или полное расползание насыпей. В этом случае наблюдаются как неравномерные осадки, так и случаи выталкивания элементов конструкций силами морозного пучения [6, 8]. В подобных инженерно-геологических условиях спроектированы и построены нефтепроводы ВСТО, «Заполярье – Пурпе – Самотлор».

С 70-х годов прошлого века фундаментальные научные разработки, связанные с проблемами мерзлых грунтов, ведутся недостаточными темпами, хотя множество вопросов возникло довольно давно. Слабонесущие водонасыщенные, а также мерзлые грунты заставляют серьезно

задуматься о методах ремонта оснований РВС. В тоже время почему бы не воспользоваться идеей поднять резервуар, а после ремонта основания переместить его на прежнее место? Здесь есть ряд сложностей, связанных с тем, что при проектировании не предусматривалась возможность подъема РВС, а напряжения, возникающие при подъеме резервуаров существующих типоразмеров, превышают предельно допустимые. Для предотвращения появления недопустимых напряжений в металлоконструкциях резервуара при подъеме, предлагается устанавливать усиливающий каркас специальной конфигурации, однако нормативно-техническая документация, которая бы четко регламентировала требования к такому каркасу, отсутствует [9]. С появлением численных методов стало возможным проводить исследования неосесимметричных случаев деформирования резервуаров. Это позволило с достаточно высокой точностью рассчитывать общее напряженно-деформированное состояние резервуара при подъемных операциях. Решению таких задач посвящены работы [2, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

В Российской Федерации существует значительное число расходных складов нефтепродуктов, нефтеперекачивающих станций, линейных производственно-диспетчерских станций с существующей проблемой ремонта оснований резервуаров [3, 7]. Суммарная величина рынка достигает нескольких сотен миллионов рублей. Учитывая накопленный западный опыт, ремонт оснований вертикальных стальных резервуаров методом перемещения может стать эффективной конкурентной технологией в сравнении с традиционными способами ремонта оснований. Основные преимущества и недостатки исследуемых методов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика метода перемещения и традиционного метода капитального ремонта оснований вертикальных стальных резервуаров

	Преимущества	Недостатки
Метод перемещения	– Гарантия обеспечения условий прочности и устойчивости стенки РВС. – Резервуар устанавливается на полностью восстановленное основание.	– Требуется кран высокой грузоподъемности (до 120 т). – Сложности в численных расчетах и монтаже усиливающего каркаса
Традиционный метод	– Большой опыт работ. – Нет необходимости в сложных конечно-элементных расчетах	– Высокая вероятность недопустимых осадок и деформаций стенки при последующей эксплуатации. – Относительно высокая стоимость работ

Для оценки целесообразности применения нового для России метода ремонта оснований резервуаров авторами проведен сравнительный анализ эффективности традиционного метода и метода перемещения при осуществлении капремонта. Основной статьей затрат, что логично, являются расходы на материалы, также существенный удельный вес имеют расходы на покупку и аренду необходимых машин и оборудования, на выплату заработной платы ремонтной бригаде. Метод перемещения предполагает дополнительные затраты на подготовку временного основания с уплотненной песчаной подушкой, установку усиливающих металлоконструкций, аренду крана повышенной грузоподъемности. Однако применение новой технологии в десятки раз снижает расходы на последующее техническое обслуживание отремонтированных оснований РВС.

При расчете экономической эффективности капитального ремонта оснований вертикальных стальных резервуаров (табл. 2, 3) приняты следующие параметры:

– рассматривается период непосредственного ремонта основания РВС и последующий восьмилетний период его обслуживания;

– средний объем годовых поступлений от эксплуатации резервуара за вычетом текущих издержек составляет 70 млн рублей;

– шаг расчета – 1 год;

– ставка дисконтирования принимается на уровне 14% при 100% доле вложения собственных средств [1].

Проведенный анализ демонстрирует, что затраты, связанные непосредственно с ремонтом оснований вертикальных стальных резервуаров методом перемещения, на 1,5 млн рублей или на 7,3% превышают аналогичные затраты при осуществлении ремонтных работ традиционным методом. Эффект от применения метода перемещения в полной мере проявляется в среднесрочной и долгосрочной перспективе, что демонстрирует рисунок. Так, новый метод,

в сравнении с традиционным, окупается через 3,5 года с момента осуществления ремонтных работ. Совокупный объем затрат за 9 рассматриваемых лет при использовании метода перемещения без учета дисконтирования снижается на 32%, с учетом дисконтирования – 16% (с 25,8 до 22,3 млн рублей).

Таблица 2

Сравнительный анализ окупаемости капитального ремонта оснований вертикальных стальных резервуаров методом перемещения и традиционным методом

Показатели	Ед. изм.	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Итого
Денежные потоки по проекту ремонта основания резервуара											
– затраты на проведение ремонта											
I. Метод перемещения	тыс. руб.	22000									22000
II. Традиционный метод	тыс. руб.	20500									20500
– затраты на техническое обслуживание											
I. Метод перемещения	тыс. руб.		60	60	60	60	60	60	60	60	480
II. Традиционный метод	тыс. руб.		60	100	4400	60	100	4400	60	100	9280
Денежные потоки в результате эксплуатации резервуара											
Операционный денежный поток	тыс. руб.	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	630000
Итого чистый денежный поток											
I. Метод перемещения	тыс. руб.	48000	69940	69940	69940	69940	69940	69940	69940	69940	607520
II. Традиционный метод	тыс. руб.	49500	69940	69900	65600	69940	69900	65600	69940	69900	600220
Ставка дисконтирования	%	14									
Коэффициент дисконтирования		1,00	0,88	0,77	0,67	0,59	0,52	0,46	0,40	0,35	
Денежный поток с учетом дисконтирования											
I. Метод перемещения	тыс. руб.	48000	61351	53817	47208	41410	36325	31864	27951	24518	372442
II. Традиционный метод	тыс. руб.	49500	61351	53786	44278	41410	36304	29886	27951	24504	368970

Дисконтированный объем затрат на ремонт и последующее техническое обслуживание оснований вертикальных стальных резервуаров

Анализируя показатели эффективности использования рассматриваемых методов капитального ремонта оснований РВС, приведенные в табл. 3, можно, во-первых, отметить суммарную экономию дисконтированных затрат на обслуживание оснований с учетом первоначальных расходов на ремонт в объеме около 3,5 млн рублей, во-вторых, сокращение на полмесяца срока окупаемости вложений на капитальный ремонт.

Таблица 3

Показатели эффективности капитального ремонта оснований вертикальных стальных резервуаров методом перемещения и традиционным методом

Индекс прибыльности		
I. Метод перемещения		17,7
II. Традиционный метод		15,3
NPV (чистый дисконтированный доход)		
I. Метод перемещения	тыс. руб.	372 442
II. Традиционный метод	тыс. руб.	368 970
Срок окупаемости с учетом дисконтирования		
I. Метод перемещения	лет / дней	0,32 / 116
II. Традиционный метод	лет / дней	0,37 / 134

Выводы

– Авторами предложен новый для российской практики капитального ремонта оснований метод временного перемещения вертикальных стальных резервуаров.

– Разработан алгоритм расчета экономической эффективности ремонта оснований РВС как традиционным методом, так и предложенным авторами методом перемещения.

– Использование нового технологичного подхода позволяет снизить совокупные затраты без поправки на ставку дисконта на 32 %, с учетом дисконта – на 16 %.

– Эффективность применения метода перемещения в сравнении с традиционным проявляется в среднесрочной и долгосрочной перспективе, что связано с существенной экономией затрат на последующее обслуживание отремонтированного основания.

Список литературы

1. Криворотов В.В., Калина А.В., Третьяков В.Д., Тиханов Е.А., Парфенов К.Е. Оценка и повышение конкурентоспособности российских машиностроительных комплексов // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – Екатеринбург, 2013. – № 4. – С. 61–76.

2. Семин Е.Е., Тарасенко А.А. Использование программных комплексов при оценке технического состояния и проектирование ремонтов вертикальных стальных резервуаров // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – М., 2006. – № 4. – С. 84–87.

3. Сильницкий П.Ф., Тарасенко М.А., Тарасенко А.А. Расчет фундаментного кольца резервуара с дефектами // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2011. – № 5. – С. 76–78.

4. Тарасенко А.А. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах: дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 1999. – 254 с.

5. Тарасенко А.А. Решение контактной задачи об упругом взаимодействии подъемного устройства и стенки резервуара // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 6. – С. 59–63.

6. Тарасенко А.А., Николаев Н.В., Хоперский Г.Г., Саяпин М.В. Напряженно-деформированное состояние стенки резервуара при неравномерных осадках основания // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1997. – № 3. – С. 75–79.

7. Тарасенко А.А., Саяпин М.В. Результаты статистической обработки измерений неравномерных осадок наружного контура днища вертикальных стальных резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1999. – № 1. – С. 52–56.

8. Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко Д.А. Проектирование теплоизолированных фундаментов резервуаров на вечной мерзлоте // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2012. – № 2. – С. 84–88.

9. Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко Д.А. Противоречия в современной нормативно-технической базе при ремонте резервуаров // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 15). – С. 3400–3403; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002342.

10. Тарасенко А.А., Тюрин Д.В. Моделирование нефтяных стальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2001. – № 4. – С. 65–69.

11. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 15). – С. 3409–3413. URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_ article&article_id=10002344.

12. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В., Тарасенко Д.А. Модель резервуара в среде ANSYS Workbench 14.5 // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 15). – С. 3404-3408; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002343.

13. Хоперский Г.Г., Овчар З.Н., Тарасенко А.А., Николаев Н.В. Определение неравномерной составляющей осадки резервуаров, вызывающей неосесимметричную деформацию // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1997. – № 5. – С. 80–85.

14. Хоперский Г.Г., Саяпин М.В., Тарасенко А.А. Расчет прочности фундаментного кольца резервуара при воздействии сосредоточенной нагрузки от подъемного устройства // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 2. – С. 60–64.

15. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Тарасенко Д.А. Исследование влияния величины выступа окрайки на напряженно-деформированное состояние вертикального стального цилиндрического резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 15). – С. 3441–3445; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op = show_article&article_id=10002350.

References

1. Krivorotov V.V., Kalina A.V., Tret'jakov V.D., Tihanov E.A., Parfenov K.E. VestnikURFU – «Academic news UrFU. Economics and management series», 2013, no. 4, pp. 61–76.

2. Semin E.E., Tarasenko A.A. Pipeline transport: theory and practice, 2006, no.4, pp. 84–87.

3. Sil'nickij P.F., Tarasenko M.A., Tarasenko A.A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz – Academic news «Oil and gas№, 2011, no.5, pp. 76–78.

4. Tarasenko A.A. Stress-strained state of large-sized tanks during repairs. Doctor technical sciences dissertation. Tyumen, 1999. 254 p.

5. Tarasenko A.A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 1998, no.6, pp. 59–63.

6. Tarasenko A.A., Nikolaev N.V., Hoperskij G.G., Sajapin M.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 1997, no.3, pp. 75–79.

7. Tarasenko A.A., Sajapin M.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 1999, no.1, pp. 52–56.

8. Tarasenko A.A., Sil'nickij P.F., Tarasenko D.A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 2012, no.2, pp. 84–88.

9. Tarasenko A.A., Sil'nickij P.F., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3400–3403.

10. Tarasenko A.A., Tjurin D.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 2001, no.4, pp. 65–69.

11. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3409–3413.

12. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3404–3408.

13. Hoperskij G.G., Ovchar Z.N., Tarasenko A.A., Nikolaev N.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij.Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 1997, no.5, pp. 80–85.

14. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij.Neft'igaz – Academic news «Oil and gas», 1998, no.2, pp. 60–64.

15. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3441–3445.

Рецензенты:

Иванов В.А., д.т.н., профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 11.04.2014.