

ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО РЕЗЕРВУАРА ЖБР–30000

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

¹ООО НПП «Симплекс», Тюмень, e-mail: simplex_rvs@mail.ru;

²Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень,
e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, chepur@me.com

В настоящей статье рассмотрены особенности реконструкции подземного цилиндрического железобетонного резервуара объемом 30000 м³, срок эксплуатации которого на момент вывода из эксплуатации составлял 43 года. В проекте были предложены новые технические решения: жесткое закрепление колонн в днище резервуара; шарнирное закрепление балок покрытия на колоннах; выполнение покрытия скользящим по балкам, для компенсации усадочных деформаций; исключение деформационных швов на покрытии, заполнение технологических деформационных швов между сегментами преднапрягаемым бетоном. Обоснована необходимость заполнения деформационных швов преднапрягаемым бетоном для обеспечения герметичности покрытия, обеспечения приемлемой совместной работы конструкций резервуара, наиболее приближенной к исходной типовой. В предложенной схеме предварительно-напряженная арматура, навитая поверх стеновых плит резервуара в зоне днища и покрытия, создает дополнительные сжимающие напряжения в днище и покрытии, которые способствуют уменьшению технологического зазора. Объект с предложенными новыми проектными решениями успешно прошел государственную экспертизу.

Ключевые слова: резервуар, ЖБР, НТД, реконструкция, железобетонный резервуар, КЖ

RECONSTRUCTION EXPERIENCE OF THE UNDERGROUND CONCRETE TANK CAPACITY OF 30000 SQ. M

¹Kuzovnikov E.V., ¹Sharkov A.E., ¹Sokolov S.S., 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

This article examines the repair of underground reinforced concrete cylindrical tank volume of 30,000 m³, of which the operating life time of decommissioning was 43 years old. The project was proposed: rigidly fixed columns in the bottom of the tank; hinged cover beams on the pillars; implementation of a sliding cover on the beams to compensate for shrinkage deformation; exclusion of expansion joints on the cover, filling the technological expansion joints between segments of the prestressing concrete. The necessity of filling the joints of the prestressing concrete to ensure a tight seal coating provide reasonable collaborative structures tank closest to the original sample. In the proposed scheme, a pre-stressed reinforcement wound over the wall of the tank in a zone plate and a bottom cover, the function of sticking and creates additional compressive stresses in the bottom and the coating. Design solutions allowed to successfully pass the state examination (in St. Petersburg) of the reconstruction project of the reservoir, as well as to avoid performance problems associated with the loss of integrity of the coating.

Keywords: tank, concrete tank, standard, repair, reconstruction, concrete constructions

В начале 30-х годов прошлого века считалось, что сооружение железобетонных резервуаров (ЖБР) для хранения нефти более выгодно экономически, нежели строительство металлических резервуаров. Первые типовые резервуары цилиндрической формы из железобетона были разработаны в 1935 году и некоторые из них эксплуатируются до настоящего момента. Железобетонные подземные резервуары по-прежнему широко используются как в нефтяной промышленности, так и для других нужд производственной деятельности.

Эксплуатационные требования к ним чрезвычайно разнообразны, но методы строительства данных резервуаров в общем идентичны и соответствуют общим технологиям строительства сооружений из железобетона.

Разработано множество типовых и индивидуальных проектов железобетонных резер-

вуаров. В зависимости от объема хранимого продукта, его агрессивности, технологии производства, сейсмичности района строительства подобные резервуары делятся по типам: полностью заглубленные, полузаглубленные, прямоугольные, круглые, со стационарной крышей, с плавающей крышей, без крыши, с преднапрягаемой арматурой, без преднапрягаемой арматуры.

Многие из подобных резервуаров, эксплуатируемых в настоящее время, были построены более 30-ти лет назад, нефтяная промышленность, с учетом особенностей непрерывного производства, требует выполнения реконструкции данных ЖБР с учетом модернизации технологии производства и устранением недопустимых дефектов, несовместимых с дальнейшей эксплуатацией. Техническое диагностирование резервуаров типа ЖБР проводится только

при сроке их эксплуатации более 20 лет. По окончании этого периода отраслевыми нормативными документами регламентируется выполнение частичного обследования 1 раз в 5 лет и полного – 1 раз в 10 лет.

При выполнении реконструкции существующего резервуара важно не только восстановить или заменить строительные конструкции на новые, но и выполнить восстановление совместной работы технологических элементов в целом, в соответствии с исходной расчетной схемой. Учитывая большой срок эксплуатации подобных резервуаров, отсутствие исполнительной документации на строительство, в том числе проектной документации, определение расчетной схемы совместной работы строительных конструкций резервуара представ-

ляется нетривиальной задачей. Необходимо принять во внимание также то, что многие из описываемых резервуаров были построены по экспериментальным проектам. Таким образом, любой проект включает элементы исследований и расчеты для новых условий работы реконструируемых элементов железобетонного резервуара.

В настоящей статье будет рассмотрен предлагаемый метод ремонта подземного цилиндрического железобетонного резервуара объемом 30000 м³, срок эксплуатации которого на момент вывода из эксплуатации составлял 43 года. В процессе его эксплуатации выполнялось несколько капитальных ремонтов, связанных с усилением несущих конструкций, а также текущие ремонты закладных патрубков в покрытии.

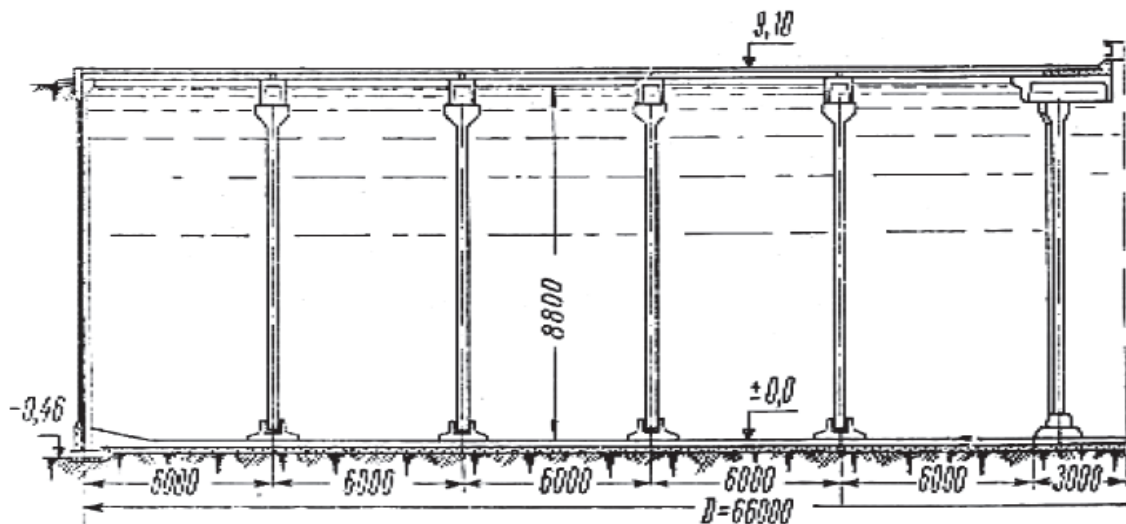


Рис. 1. Несущие элементы конструкции ЖБР-30000

Особенностью конструкции данного резервуара является наличие водяного экрана глубиной 200 мм на поверхности покрытия, предотвращающего его нагрев с последующим избыточным испарением хранимой нефти. Врезки люков в покрытии герметичны. К люкам и патрубкам на крыше организована площадка-переход над уровнем водяного экрана. В зимнее время водяной экран не эксплуатируется и опорожняется по лоткам на рельеф.

Раскачка нефти из резервуара производится самотеком через закладные проходы раздаточных трубопроводов в днище, оснащенные донным клапаном. Закачка нефти выполняется так же – через нижнюю врезку трубопроводов. В связи с этим прокладка трубопроводов к резервуару выполнена на значительной глубине от дневной поверх-

ности (9–12 м) с расположением коренных задвижек в подземном помещении камеры управления резервуаром (КУР) и с обслуживаемой потерной для прокладки трубопроводов от КУР к резервуару. Наличие потерны позволяет осматривать узлы прохода прямо-раздаточных трубопроводов в днище резервуара.

В связи с изменением технологического процесса перекачки нефти на станции по заданию заказчика необходимо было произвести установку в резервуар полупогружного насоса для изменения технологии его откачки с обеспечением нагнетаемого давления в технологическом трубопроводе на более высоких отметках. Кроме того, ввод приемного трубопровода необходимо было выполнить через крышу. Таким образом, для обеспечения безусловной герметичности

днища предполагалось демонтировать камеру управления резервуаром, потерну, выполнить заглушки узлов ввода трубопроводов в днище, обеспечив их безусловную

герметичность. Заданием назначалось также оснащение резервуара передовыми системами размыва донных отложений и системами пожаротушения.

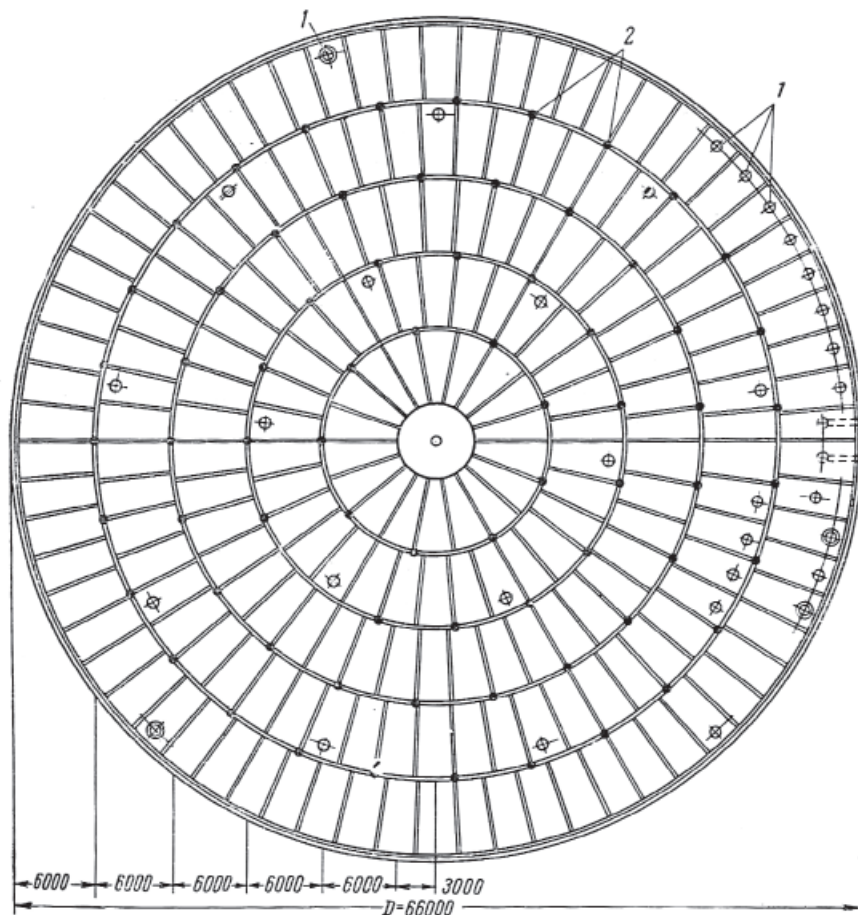


Рис. 2. План покрытия ЖБР-30000:
1 – технологические люки; 2 – места расположения колонн

Результаты комплексной диагностики данного резервуара показали его непригодность к дальнейшей эксплуатации (категория «не годен») следующих элементов резервуара:

- плиты покрытия – непригодны к дальнейшей эксплуатации 60% от общего числа;
- балки покрытия – непригодны к дальнейшей эксплуатации 50% от общего числа;
- колонны покрытия – непригодны к дальнейшей эксплуатации 50% от общего числа;
- ослабление преднапрягаемой арматуры стенки – 20% от общего числа.

На основании полученных данных в проекте было принято решение о выполнении реконструкции резервуара с выполнением нового монолитного покрытия взамен старого из сборного железобетона.

Кроме того, проектом предусматривалось обеспечение максимальной герметич-

ности стенки и днища. Для этого предусматривалось полное снятие существующей торкетштукатурки толщиной до 50 мм, пропитанной нефтью, заглушка и замоноличивание донных вводов трубопроводов и устройство нового железобетонного днища толщиной 200 мм поверх старого. Далее поверхности стенки и днища должны покрываться композитным армированным покрытием на основе стекломатов толщиной 1,5 мм.

Устройство монолитного железобетонного покрытия резервуара по проекту выполнено в виде плиты толщиной 150 мм, опирающейся на ж/б радиальные балки. В ходе проектирования возникли противоречия с заказчиком по конструкции и расчетной схеме проектируемого перекрытия.

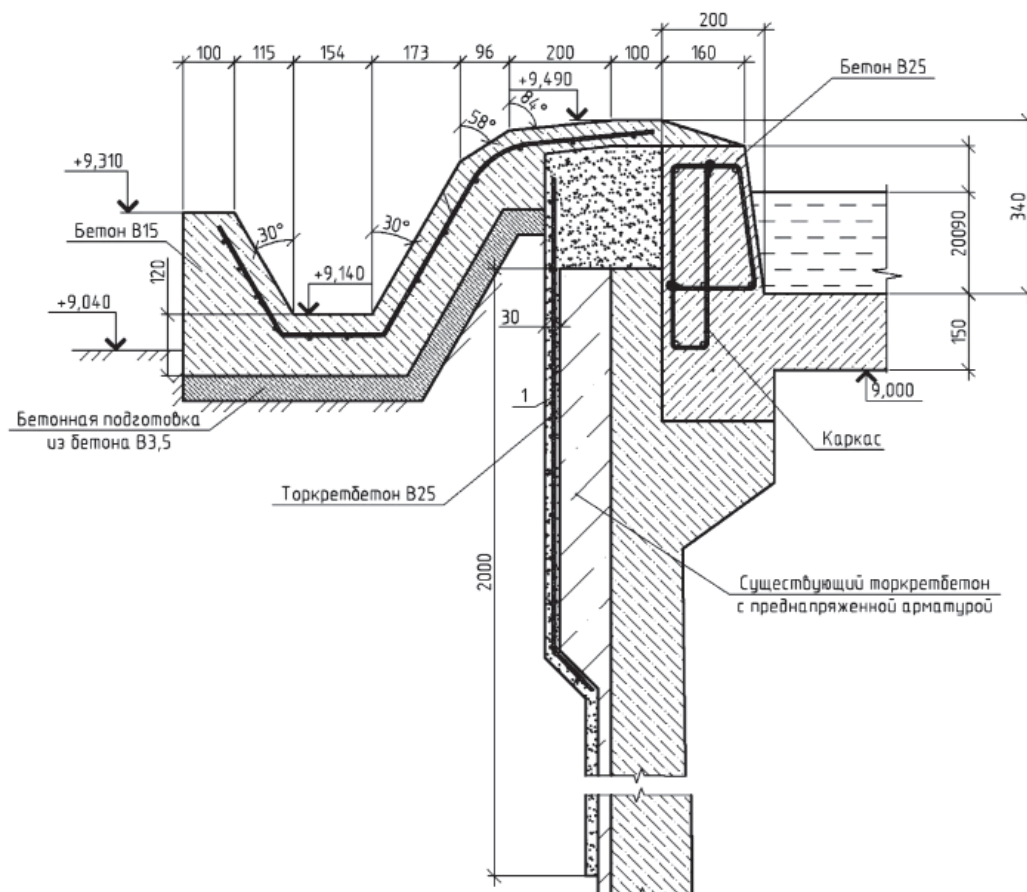


Рис. 3. Конструкция монолитного железобетонного пояса

Так, нормативными документами заказчика предполагается расчетная схема с установкой колонн на днище в массивных подколонниках и жестким закреплением балок в колонне. Покрытие выполняется скользящим по балкам (на пергаминовых прокладках) с устройством деформационных швов между сегментами перекрытия, с заделкой тиоколовым герметиком.

Однако при выполнении расчетов данной конструкции выяснилось, что предложенная заказчиком расчетная схема имеет ряд недостатков, а именно:

- расчетная схема статически не определима, так как допускает перемещение колонны в узле трения подколонника и днища;

- расчетная схема статически не определима, так как допускает перемещение сегментов покрытия под действием сжимающих сил, передающихся от стенки под воздействием преднапрягаемой арматуры;

- наличие деформационных швов на покрытии, учитывая опыт эксплуатации уже выполненных аналогичных объектов, создает проблемы с герметичностью покрытия и протечкой водяного экрана в резервуар.

Учитывая изложенные недостатки, в проекте было предложено следующее:

- жесткое закрепление колонн в днище резервуара;
- шарнирное закрепление балок покрытия на колоннах;
- выполнение покрытия скользящим по балкам для компенсации усадочных деформаций;
- исключение деформационных швов на покрытии, заполнение технологических деформационных швов между сегментами преднапрягаемым бетоном.

При этом заполнение деформационных швов преднапрягаемым железобетоном, во-первых, позволяет обеспечить безусловную герметичность покрытия, во-вторых – обеспечить приемлемую совместную работу конструкций резервуара, наиболее приближенную к исходной. Типовая схема резервуара упрощенно может быть представлена в виде пустотелого цилиндра с двумя заклиненными днищами. В данной схеме предварительно-напряженная арматура, навитая поверх стеновых плит резервуара в зоне днища и покрытия, и выполняет функцию заклинивания и создает дополнительные сжимающие напряжения в днище и покрытии.

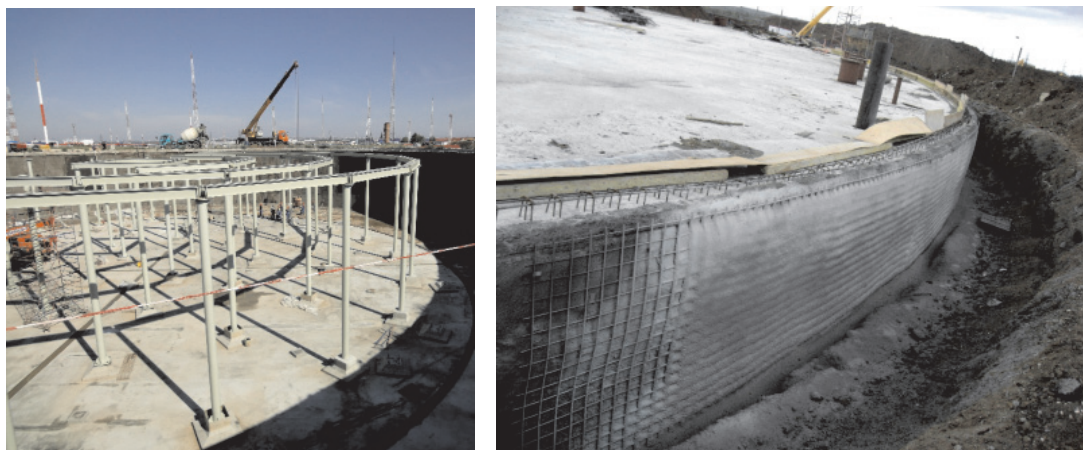


Рис. 4. Этапы реконструкции ЖБР-30000:
а – монтаж несущих металлических балок; б – бетонирование внешнего пояса

Предложенные технические решения в выполненном проекте позволили успешно пройти государственную экспертизу по данному объекту, а также решить проблему эксплуатации, связанную с потерей герметичности покрытия.

Список литературы

1. Тарасенко А.А. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 1991. – 254 с.
2. Тарасенко А.А. Разработка научных основ методов ремонта вертикальных стальных резервуаров: дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 1999. – 299 с.
3. Тарасенко А.А., Николаев Н.В., Хоперский Г.Г., Овчар З.Н., Саяпин М.В. Исследование влияния приемо-раздаточных патрубков на напряженно-деформированное состояние стенки вертикальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 1. – С. 59–68.
4. 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.
5. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Деформирование стационарной крышки крупногабаритного резервуара при неравномерных осадках основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–2. – С. 296–300.
6. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Напряженно-деформированное состояние верхнего опорного кольца резервуара при неосесимметричных деформациях корпуса // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–3. – С. 525–529.
7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Кузовников Е.В., Тарасенко Д.А. Расчет напряженно-деформированного состояния приемо-раздаточного патрубка с дефектом с целью обоснования возможности его дальнейшей эксплуатации // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–7. – С. 1471–1476.
8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Обоснование необходимости учета истории нагружения конструкции при ремонте фундамента с подъемом резервуара // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 5. – С. 60–63.
9. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2010. – № 5. – С. 78–82.
10. 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.
11. Хоперский Г.Г., Саяпин М.В., Тарасенко А.А., Николаев Н.В. Принцип независимости действия сил при расчете напряженно-деформированного состояния стенки резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 4. – С. 73–77.
12. 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.

13. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Влияние параметров неравномерной осадки на возникновение предельных состояний в резервуаре // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–7. – С. 1560–1564.

14. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Методика определения необходимости ремонта резервуара при осадках основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–6. – С. 1336–1340.

15. Чирков С.В., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Конечно-элементная модель вертикального стального резервуара с усиливающими элементами при его подъеме гидродомкратами // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–5. – С. 1003–1007.

References

1. Tarasenko A.A. Stress-strained state of large-sized tanks during repairs. Candidate technical sciences dissertation. Tyumen, 1991. 254 p.
2. Tarasenko A.A. Razrabotka nauchnykh osnov metodov remonta vertikal'nykh stal'nykh rezervuarov: dis. doct. tehn. nauk. Tyumen, 1999. 299 p.
3. Tarasenko A.A., Nikolaev N.V., Hoperskij G.G., Ovchar Z.N., Sajapin M.V. Izvestijavysshihuchebnyhzhavedenij. Neft'igaz. 1998, no. 1, pp. 59–68.
4. Tarasenko A.A., Nikolaev N.V., Hoperskij G.G., Sajapin M.V. Izvestijavysshihuchebnyhzhavedenij. Neft'igaz. 1997, no. 3, pp. 75–79.
5. Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no. 11 part 2, pp. 296–300.
6. Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no. 11 part 3, pp. 525–529.
7. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Kuzovnikov E.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2014, no. 9 part 7, pp. 1471–1476.
8. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Bezopasnost' trudavpromyshlennosti, 2014, no. 5, pp. 60–63.
9. Tarasenko M.A., Sil'nickij P.F., Tarasenko A.A. Izvestijavysshihuchebnyhzhavedenij. Neft'igaz. 2010, no. 5, pp. 78–82.
10. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft'igaz. 1998, no. 2, pp. 60–64.
11. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A., Nikolaev N.V. Izvestijavuzov. Neft'igaz. 1998, no. 4, pp. 73–77.
12. Hoperskij G.G., Ovchar Z.N., Tarasenko A.A., Nikolaev N.V. Izvestijavysshihuchebnyhzhavedenij. Neft'igaz. 1997, no. 5, pp. 80–85.
13. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Fundamental research, 2014, no. 8 part 7, pp. 1560–1564.
14. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Fundamental research, 2014, no. 8 part 6, pp. 1336–1340.
15. Chirkov S.V., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no. 9–5, pp. 1003–1007.

Рецензенты:

Соколов С.М., д.т.н., профессор кафедры «ТУР», 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 19.12.2014.