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

2022, №4, Том 14 / 2022, No 4, Vol 14 https://esj.today/issue-4-2022.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/03NZVN422.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:
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

For citation:
Noskov I.V., Cherepanov D.N. Integrated geomonitoring of bases and foundations of vertical steel tanks based on laser scanning during oil field development. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(4): 03NZVN422. Available at: https://esj.today/PDF/03NZVN422.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

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 Денис Николаевич
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»
E-mail: cherepanovden@mail.ru

Комплексный геомониторинг оснований и фундаментов резервуаров вертикальных стальных (РВС) на основе лазерного сканирования при разработке нефтяных месторождений

Аннотация. Статья рассматривает современные методы геомониторинга фундаментов и оснований резервуаров вертикальных стальных (РВС) на базе наземного лазерного сканирования при разработке месторождений нефти. Резервуары хранения нефтепродуктов являются объектами высокого экологического риска, так как они чаще всего эксплуатируются в сложных природных, инженерно-геологических и техногенных условиях, обусловленных одновременному воздействиями на них гидростатического давления хранения нефтепродуктов, перепадом наружных и внутренних температур, значительным ветровым и снеговым нагрузкам, неравномерным осадкам оснований фундаментов и воздействиям сейсмических явлений. На территории России и стран СНГ в настоящее время эксплуатируются более 4 тысяч крупных резервуаров, предназначенных для хранение различных веществ высокого класса риска. Чтобы обеспечить безопасность их эксплуатации, необходимо регулярно проводить геомониторинг фундаментов и оснований. В настоящее время при эксплуатации РВС на нефтеперерабатывающих месторождениях нет практики наблюдения состояния фундаментов и оснований РВС, то есть фактически нет системы наблюдения состояния фундаментов и оснований РВС, в случае деформации которого может развиваться аварийная ситуация, наблюдение производится только по деформациям самого объекта, чтобы принять решение о его текущем и капитальном восстановлении, переводе на режим щадящего режима работы или выходе из эксплуатации РВС. В статье описываются традиционные методы наблюдения состояния РВС, делается вывод, что традиционные методы наблюдения состояния РВС недостаточно. Описан комплексный геомониторинг на базе лазерного сканирования, в том числе показаны определения плановых и высотных положений, приведены графики осадки, выполнены расчеты деформации стенок резервуаров. Подведены итоги состояния фундамента и основания РВС с использованием метода лазерного сканирования.

Ключевые слова: геомониторинг; основание; фундамент; деформации; крен; осадка; метод; анализ; нефтяное месторождение; резервуары вертикальные стальные; наземное лазерное сканирование

Целью комплексного геомониторинга оснований и фундаментов РВС на основе наземного лазерного сканирования при разработке нефтяных месторождений является обеспечение безопасной эксплуатации объекта и контроль его надежности при эксплуатации. Аварии на таких объектах приводят к негативном воздействиям на окружающую среду. Экологическая катастрофа в результате аварии на Норильском Никеле, которая произошла 29 мая 2020 года, в результате разлива топлива и которой присвоили статус аварии федерального масштаба, произошла по причине разрушения резервуара вертикального стального (РВС) на ТЭЦ-3 в Кайеркане (район Норильска) привела к ужасающим последствиям. Одна из причин аварии недопустимые осадки свайного фундамента резервуара. Осадки фундаментов РВС возникают в результате дополнительного уплотнение грунта в их основании, вызванного внешними нагрузками, собственной массой грунта и внешними факторами, влияющих на изменения (ухудшение) прочностных и деформационных свойства грунтов в основании, такими как водонасыщение грунта, морозное пучение, оттаивание, набухания и др.

В настоящее время основным традиционным методом измерения вертикальных деформаций оснований РВС является геометрическое нивелирование по окрайке днища.

На схеме (рис. 1) показаны контрольные марки по окрайке днища, расположение точек не более чем через 6 м по длине окружности.

Отклонение стенок от вертикали определяют так же традиционными методами.

Суть работ по определению крена РВС заключается в определении численного значения и направления отклонения вертикальной оси сооружения от отвесной линии. Крен резервуаров допускается определять оптическим способом, способом координирования, измерениями с вычислением тангенсов, измерениями с использованием безотражательного тахеометра [1–4].

На основании СТО-СА-03-004-2009 «Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств.

Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке» [1] видно что сроки выполнения контроля за резервуаром достаточно большие, в первые пять лет — 1 раз в год, в последующем, если положение РВС стабильно — 1 раз в 5 лет для резервуаров не старше двадцати лет и 1 раз в 4 года для РВС отработавшим свой срок (расчетный и нормативный).

Проверка геометрических параметров осуществляется в те же сроки и в период когда имеются видимые нарушения и явные отклонения.

[1] СТО-СА-03-004-2009 «Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке».

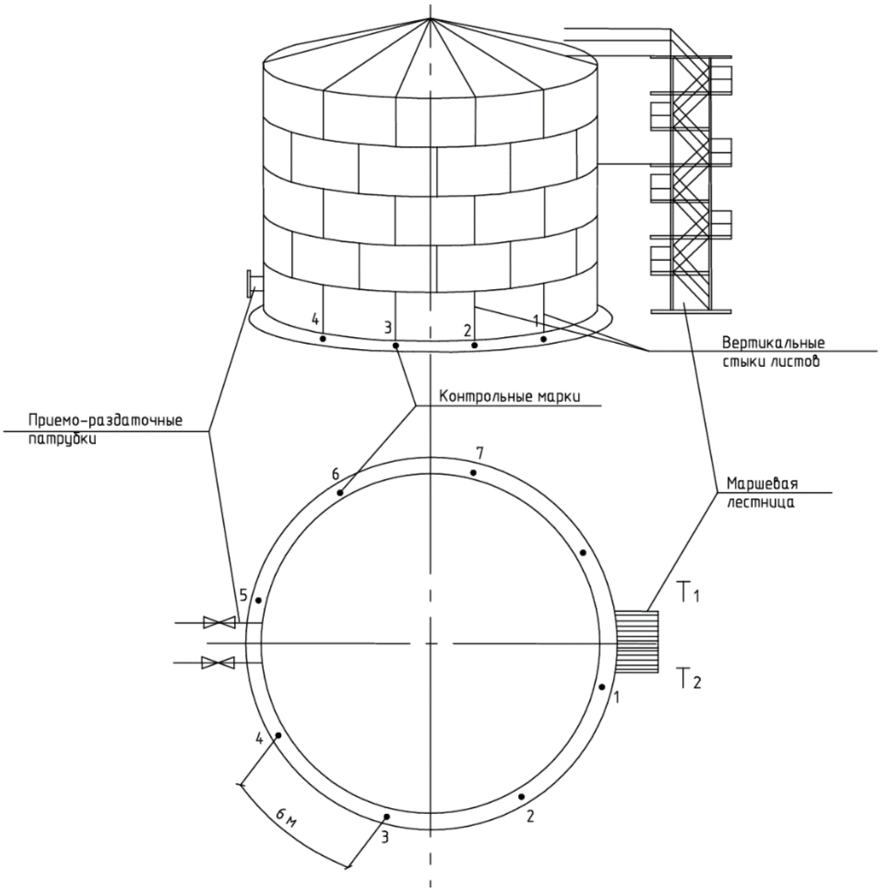


Рисунок 1. *Контрольные марки по окрайке днища резервуара (составлено автором)*

Из всего вышеперечисленного видно, что существующий метод определения деформаций оснований и вертикальности РВС не дает практически никакого представления о процессах деформаций протекающих в основании РВС ни в сроках и ни в качестве выполняемых работ.

Перечисленные выше недостатки классического метода, способна исключить технология трехмерного лазерного сканирования [5–11].

Для решения задач контроля деформаций оснований и фундаментов при технической диагностике РВС с успехом могут применяться данные наземного лазерного сканирования.

Наземное лазерное сканирование сегодня — это один из самых оперативных и производительных способов получения точных и полных пространственных данных об объекте. Технология состоит в том, чтобы определить точную пространственную координату точки поверхности предмета. Процесс наземного лазерного сканирования осуществляется при помощи измерения расстояния до всех определяемых точек интересующей нас поверхности с помощью приборов лазерного сканирования.

Особенностью наземного лазерного сканирования является скорость измерения — до 26 000 точек в секунду, точно определяющих поверхность снимаемого объекта.

В нашем случае используется один из лучших сканирующих тахеометров на рынке геодезического оборудования Trimble SX10.

Перед началом проведения наземного лазерного сканирования выполнены рекогносцировочные работы с целью определения границ съемки, определения местоположения исходных пунктов и определение местоположения опорных съемочных станций.

03NZVN422
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Исходными пунктами для создания съемочного обоснования использовались грунтовые репера геодинамического полигона и деформационные марки заложенные на территории УПН.

Точки съемочной сети (станции) наблюдались в статическом режиме спутниковым оборудованием ГЛОНАСС/GPS приемниками Trimble R7, время стояния каждой станции не менее 10 минут. Точность определения координат съемочных станций составила +12 мм.

Геопривязка съемочных станций происходила посредством сканирования специальных геодезических марок (далее — марка). Над съемочной станцией устанавливался штатив с маркой (геодезические марки входят в комплект оборудования). После установки марок электронный сканирующий тахеометр Trimble SX10 выполняет калибровку и ориентирование съемочной станции с марками в автоматическом режиме. Далее геопривязка съемочных станций осуществлялась с двух марок. Точность СКО в плане и по высоте оптических измерений составило не более +3 мм.

Высотные отметки взяты из нивелирования II класса выполненного в мае–июне 2022 года в 12 цикле наблюдений за деформациями сооружений УПН. Сканирующему тахеометру выбраны места опорных съемочных станций согласно геометрическим особенностям объектов застройки, рельефа и максимальной обзорности. Это обеспечило возможность сканирующему тахеометру Trimble SX10 автоматически уравнивать цепочки станций сканирования между опорными (геопривязанными) станциями. От грунтовых реперов и деформационных марок, определено планово-высотное положение съемочных станций. Съемочные станции использовались для привязки сшитого облака точек и сферических панорам, а также взаимным ориентированием станций и точной привязки их в условную систему координат. НЛС выполнено с достаточной частотой скан-позиций необходимых для обеспечения максимального покрытия РВС облаками точек. При выполнении НЛС РВС были проведены три режима сканирования (съемка):

первый режим — панорамная съемка;

второй режим съемки — «стандартный», выполнена съемка полной сферы 360^0;

третий режим съемки — «точный», при данном режиме выполнена выборочная съемка тела РВС.

Режим точности съемки «точный» отличается от режима «стандартного» в том, что сканер Trimble SX10 увеличивает проход сканирующего устройства в четыре раза, тем самым увеличивается плотность точек на поверхности РВС.

Камеральная обработка НЛС выполняется в специализированных ПО Trimble Business Center Advanced и ПО Trimble RealWorks ADV-TANK.

Конечный результат облака точек очищается от мусора, незначительных помех и шумов. При окончательной обработке с облака точек убираются лестницы, трубы и др. элементы конструкции резервуара для проведения анализа деформационных процессов РВС. При обработке полученных данных и их анализе ПО Trimble RealWorks ADV-TANK выдает детализированную оценку геометрических параметров тела РВС, т. е. отклонения от горизонтали наружного днища, крена стенок РВС, а также наличие вмятин и выпучин.

Для получения лучшего результата использовалась объединённая точечная модель РВС, представленная сканами, полученными из измерений на поверхности РВС и обзорными сканами РВС с нанесением нумерации вертикальных швов. Данная объединённая точечная модель является исходной для определения деформаций РВС. Объединенная модель представлена на рисунке 2.

Развертывание тела РВС ПО Trimble RealWorks ADV-TANK выполняет автоматически. Начиная с севера (ПО автоматически задает за начало и конец) разворачивает тело РВС на плоскость.

Стоит отметить, что на результатах сканирования должны хорошо идентифицироваться вертикальные и горизонтальные швы, при мониторинге резервуаров оценку геометрических значений удобно проводить именно вдоль этих условных линий, линии узкие, шириной около 1 см (рис. 2, 4).

Для определения горизонтальных отклонений по наружному контуру днища желательно иметь плотное облако точек по нижней части резервуара.

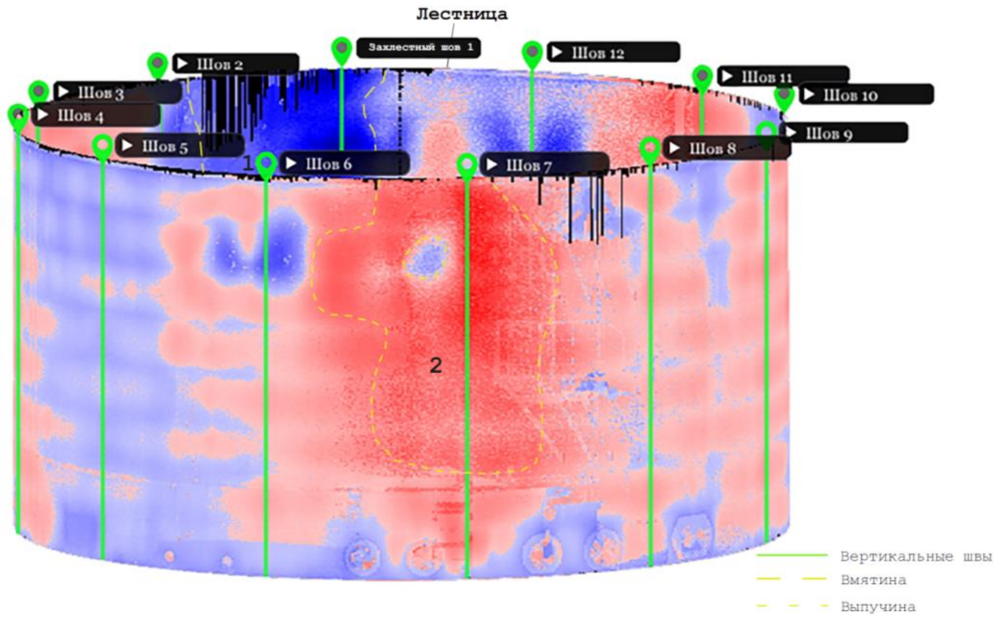


Рисунок 2. *Деформации РВС (горизонтальные/вертикальные) для оценки деформаций фундамента и основания (составлено автором)*

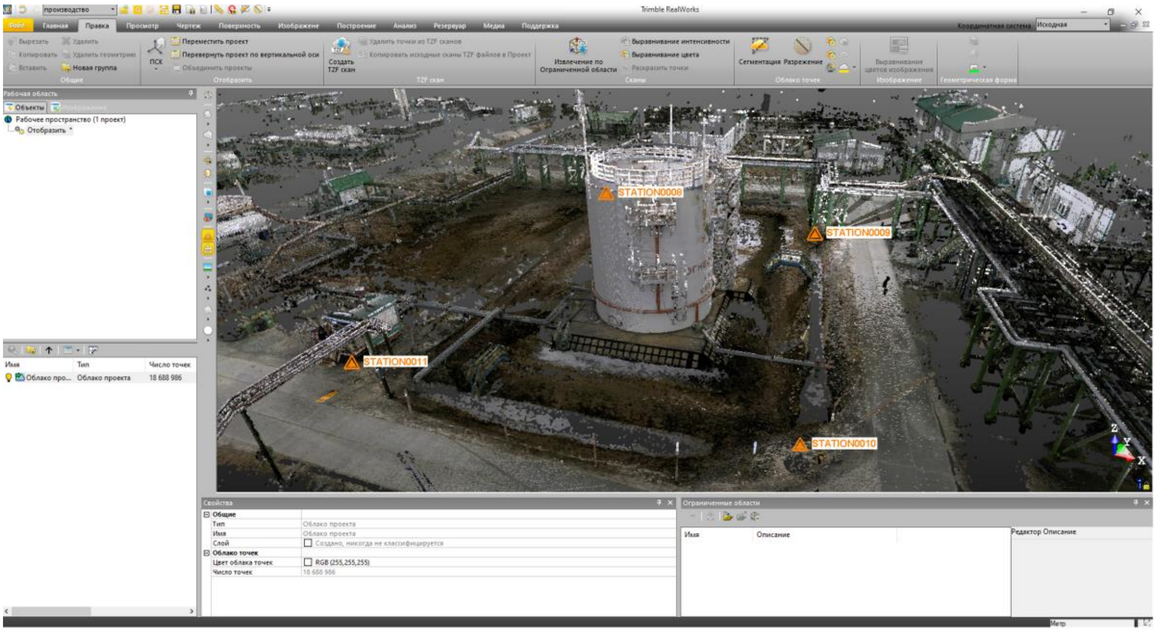


Рисунок 3. *Общий вид РВС. Расположение точек съемочного обоснования (составлено автором)*

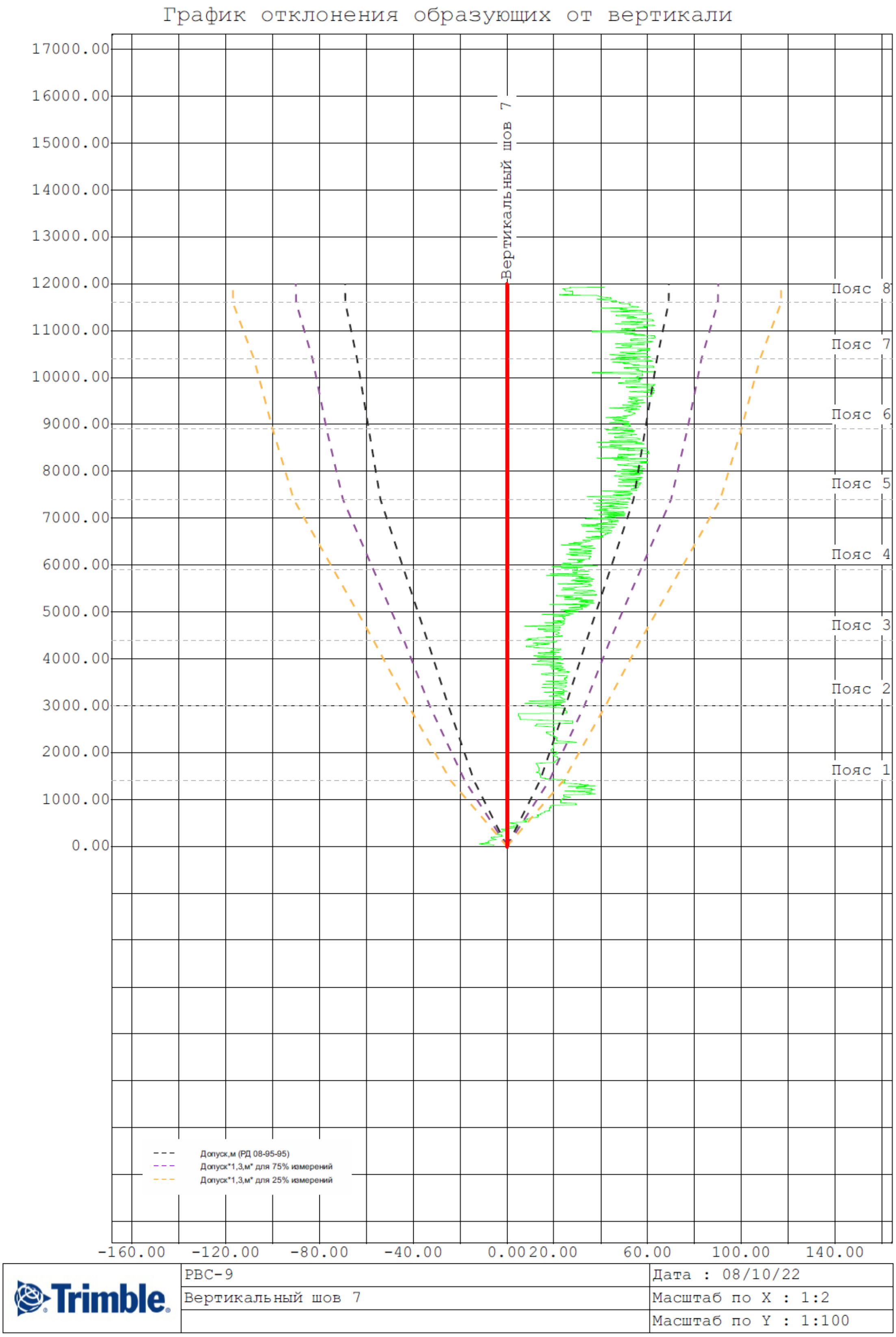


Рисунок 4. *График отклонения образующих от вертикали на примере вертикального шва № 7 (составлено автором)*

Анализ деформации фундамента и основания резервуара выполняется по модели резервуара путем сравнения с геометрически правильным цилиндром, это отображается в вертикальных и горизонтальных деформациях (рис. 6–8).

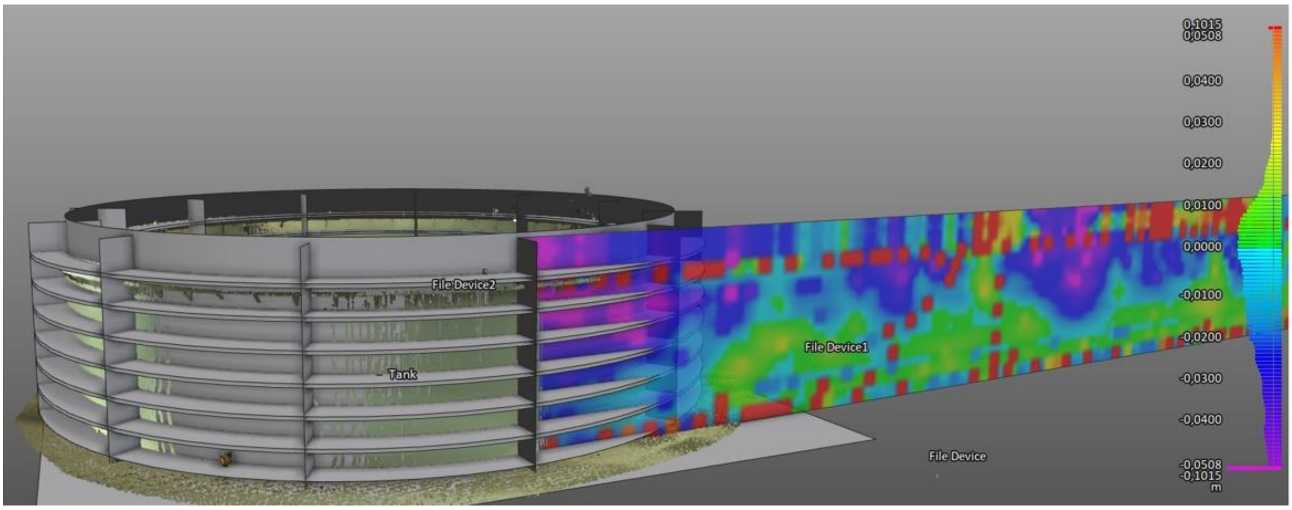


Рисунок 5. *Развертка стенки РВС на плоскость (составлено автором)*

Анализ деформации стенок РВС в виде горизонталей (рис. 6), с оценкой диаметров вмятин и выпуклостей и оценкой степени деформаций фундаментов и сравнение их с предельно допустимыми величинами, которые действуют для резервуаров разных размеров и сроков эксплуатации.

По результатам 3D сканирования можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что оседания не превышают предельно допустимых величин.

В целом прослеживается стабильное положение марок (рис. 9, 10). Эти факты свидетельствуют о том, что физико-механические свойства грунтов в основании резервуаров, а также их фундаменты способствуют равномерным вертикальным смещениям при изменении нагрузки на их основание. Тем не менее, стоит отметить, что выше обозначенные деформации могут превысить допустимые значения при активном режиме работы РВС.

2. При эксплуатации РВС более 10-и лет деформации возникают чаще от ветхости конструкции и меньше от свойств грунтов и состояния фундаментов.

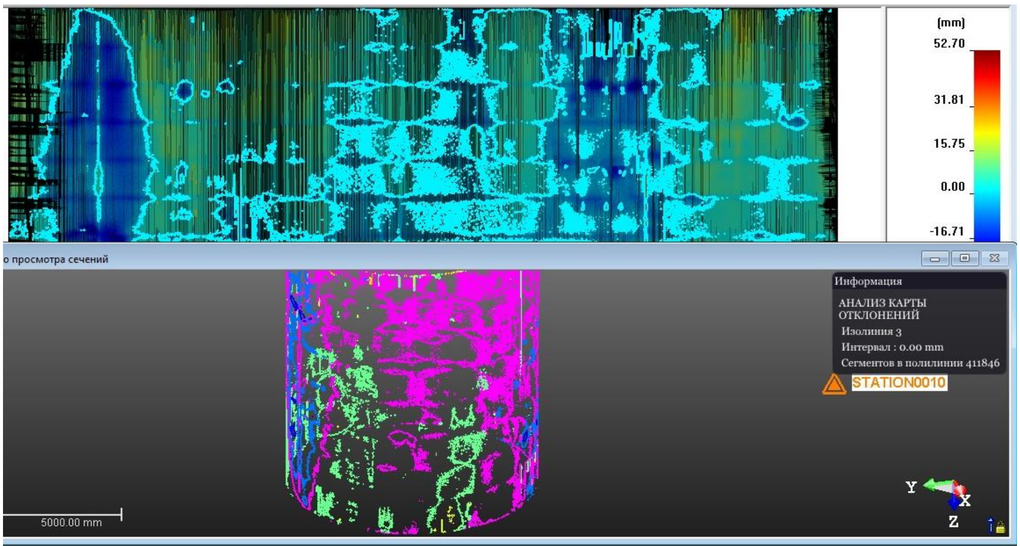


Рисунок 6. *Деформации стенок РВС в виде горизонталей (составлено автором)*

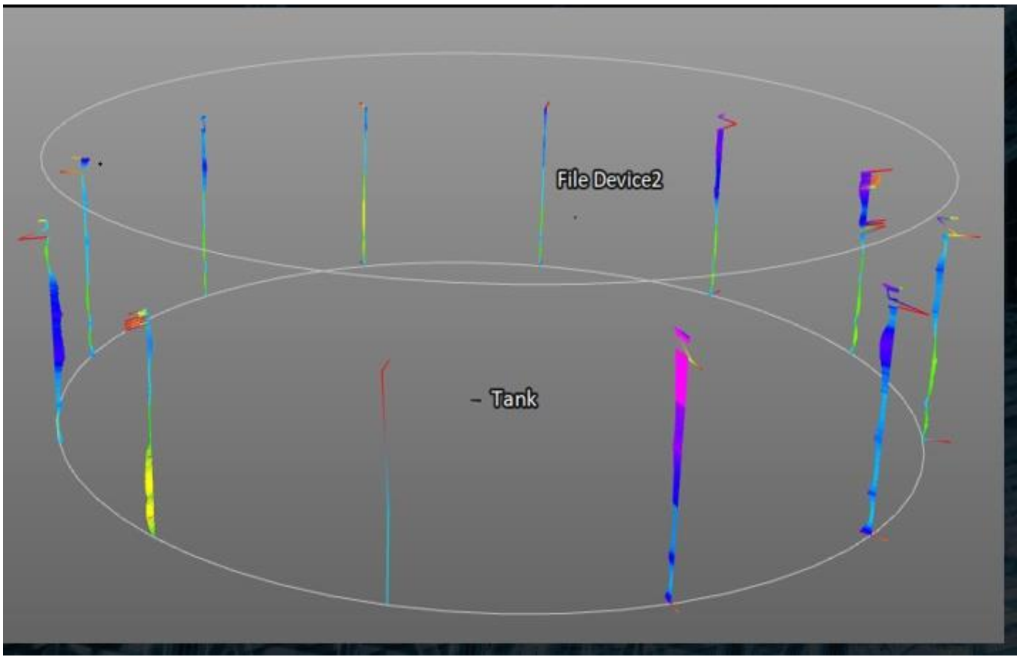


Рисунок 7. *Вертикальные деформации РВС (составлено автором)*

3. Полученные вертикальные смещения марок вызваны разницей в уровне заполнения резервуаров на момент фиксации отметок в разных циклах наблюдений. Так же имеет место локальная деформация наружной части окрайки днища.

4. Определение вертикальности стенки РВС выполнено методом 3D сканирования (рис. 3, 4, 6). Как видно из результатов проведенных вычислений, максимальные деформации и отклонения стенки резервуаров от вертикали возникают внизу резервуара, т. е. в местах, где оказывается максимальное давление на стенки сосуда от силы тяжести жидкости.

Так и в нашем случае, в основном наблюдается деформирование нижних поясов в сторону, направленную от центра резервуаров, таким образом, что стенка оказывается растянута (рис. 7).

На верхних поясах наблюдаемые отклонения носят уже характер крена пояса всей конструкции, т. е. если с одной стороны резервуара наблюдается деформация в сторону центра РВС, то диаметрально противоположная сторона, как правило, деформирована от центра сосуда (рис. 10).

Следует отметить, что значения отклонений стенки РВС от вертикали на верхних поясах присутствует, но не превышает предельных отклонений. К тому же, из опыта подобных наблюдений за РВС можно сделать вывод о том, что значения отклонений от вертикали зависят не только от степени наполненности резервуара, но и так же от метеорологических условий, так южная сторона РВС наиболее подвержена температурным колебаниям и, как следствие, — выявленным деформациям на момент наблюдения.

5. Представленные выше результаты говорят о присутствии процессов деформирования, связанных с сезонными изменениями температуры окружающей среды, а также, с технологическими процессами.

Резервуар РВС-1 (10 000 куб. м)
Ведомость высот и оседаний
Цикл-12 (2022 г.). Западно-Салымское месторождение. УПН

Дата наблюдения: 01.05.2022 г.
Заполнение РВС: 12,32 м, 7870 м³

Номер марки	Высота										Оседания резервуара между циклами, мм	Разность высот соседних точек, мм
	Цикл-0 09.2010 г.	Цикл-4 09.2014 г.	Цикл-5 09.2015 г.	Цикл-6 09.2016 г.	Цикл-7 09.2017 г.	Цикл-8 09.2018 г.	Цикл-9 10.2019 г.	Цикл-10 10.2020 г.	Цикл-11 05.2021 г.	**Цикл-12 05.2022 г.**		
М001	82,625	82,641	82,657	82,662	82,664	82,668	82,668	82,463	82,441	**82,445**	4	-3
М002	82,630	82,645	82,661	82,665	82,668	82,672	82,672	82,466	82,444	**82,450**	6	5
М003	82,623	82,639	82,656	82,659	82,661	82,665	82,666	82,460	82,439	**82,443**	4	-2
М004	82,623	82,639	82,656	82,660	82,662	82,666	82,669	82,460	82,441	**82,444**	3	5
М005	82,621	82,635	82,652	82,656	82,658	82,659	82,663	82,456	82,436	**82,439**	3	-5
М006	82,625	82,640	82,657	82,661	82,661	82,665	82,667	82,461	82,441	**82,442**	1	1
М007	82,623	82,638	82,654	82,659	82,659	82,663	82,666	82,459	82,440	**82,440**	0	5
М008	82,618	82,635	82,649	82,655	82,655	82,660	82,662	82,457	82,435	**82,430**	-5	2
М009	82,617	82,632	82,646	82,652	82,653	82,657	82,659	82,453	82,433	**82,430**	-3	-2
М010	82,621	82,637	82,650	82,657	82,658	82,662	82,663	82,454	82,435	**82,433**	-2	7
М011	82,612	82,631	82,643	82,648	82,649	82,654	82,655	82,447	82,428	**82,422**	-6	-4
М012	82,616	82,635	82,647	82,653	82,653	82,657	82,659	82,451	82,432	**82,427**	-5	-1
М013	82,615	82,633	82,650	82,652	82,653	82,657	82,658	82,451	82,433	**82,428**	-5	-2
М014	82,619	82,636	82,649	82,654	82,657	82,661	82,662	82,456	82,435	**82,431**	-4	-6
М015	82,623	82,640	82,653	82,660	82,661	82,666	82,665	82,460	82,441	**82,435**	-6	-7
М016	82,632	82,648	82,664	82,668	82,670	82,674	82,677	82,468	82,448	**82,443**	-5	7
М001	82,625	82,641	82,657	82,662	82,664	82,668	82,668	82,463	82,441	**82,445**		
Наибольшая разность отметок	0,020	0,017	0,021	0,020	0,021	0,021	0,022	0,021	0,020	**0,028**		

Рисунок 8. *Графики оседаний основания и фундамента по результатам 3D сканирования (составлено автором)*

6. Стоит отметить, что особенностью комплексного геомониторинга оснований и фундаментов РВС на основе наземного лазерного сканирования при разработке нефтяных месторождений является то, что наблюдаемые объекты находятся в подрабатываемой зоне (добыча/закачка) и для корректных расчетов деформаций оснований и фундаментов необходимо принимать во внимание деформации геодинамического характера.

7. Сравнение результатов съемки методом наземного лазерного сканирования с традиционными методами.

По результатам полученных данных НЛС был сделан анализ сравнения данного метода с традиционным методом наблюдения деформационных процессов РВС. Результаты сравнения представлены на рисунке 11.

Метод наземного лазерного сканирования является более детализированным, исключаются практически полностью случайные ошибки, в том числе «человеческий фактор».

Данный метод раскрывает полную картину наблюдаемого объекта, почти полностью автоматизированный процесс обработки данных и точность сканирования не дает основания усомниться в проведенных исследованиях.

Нет необходимости повторного выезда в поле, связанной с недостаточностью полевых измерений.

Путем анализа полученной картины деформаций методом НЛС по всем наблюдаемым РВС выявляются места с аномальными значениями деформаций.

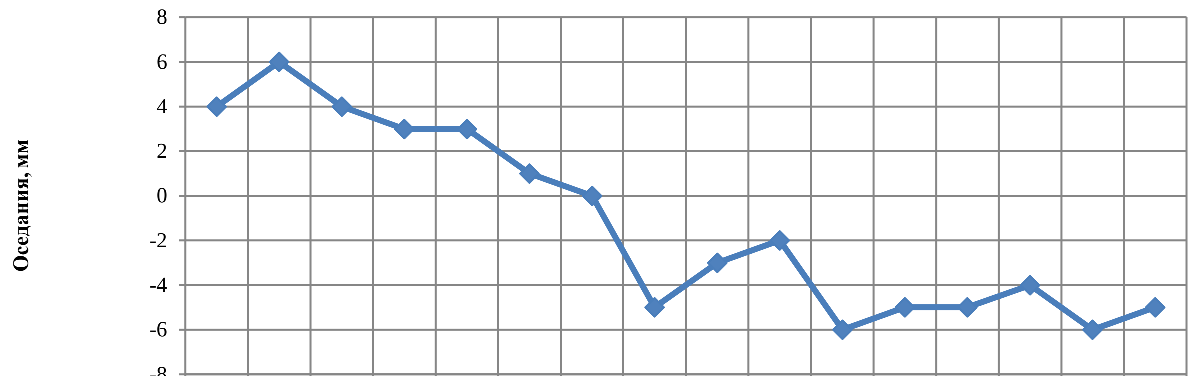
03NZVN422
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Сводный график отметок марок резервуара

	M001	M002	M003	M004	M005	M006	M007	M008	M009	M010	M011	M012	M013	M014	M015	M016	M001
цикл-0 (2010 г)	82,625	82,630	82,623	82,623	82,621	82,625	82,623	82,618	82,617	82,621	82,612	82,616	82,615	82,619	82,623	82,632	82,625
цикл-4 (2014 г)	82,641	82,645	82,639	82,639	82,635	82,640	82,638	82,635	82,632	82,637	82,631	82,635	82,633	82,636	82,640	82,648	82,641
цикл-5 (2015 г)	82,657	82,661	82,656	82,656	82,652	82,657	82,654	82,649	82,646	82,650	82,643	82,647	82,650	82,649	82,653	82,664	82,657
цикл-6 (2016 г)	82,662	82,665	82,659	82,660	82,656	82,661	82,659	82,655	82,652	82,657	82,648	82,653	82,652	82,654	82,660	82,668	82,662
цикл-7 (2017 г)	82,664	82,668	82,661	82,662	82,658	82,661	82,659	82,655	82,653	82,658	82,649	82,653	82,653	82,657	82,661	82,670	82,664
цикл-8 (2018 г)	82,668	82,672	82,665	82,666	82,659	82,665	82,663	82,660	82,657	82,662	82,654	82,657	82,657	82,661	82,666	82,674	82,668
цикл-9 (2019г)	82,668	82,672	82,666	82,669	82,663	82,667	82,666	82,662	82,659	82,663	82,655	82,659	82,658	82,662	82,665	82,677	82,668
цикл-10 (2020 г)	82,463	82,466	82,460	82,460	82,456	82,461	82,459	82,457	82,453	82,454	82,447	82,451	82,451	82,456	82,460	82,468	82,463
цикл-11 (2021 г)	82,441	82,444	82,439	82,441	82,436	82,441	82,440	82,435	82,433	82,435	82,428	82,432	82,433	82,435	82,441	82,448	82,441
цикл-12 (2022 г)	82,445	82,450	82,443	82,444	82,439	82,442	82,440	82,430	82,430	82,433	82,422	82,427	82,428	82,431	82,435	82,443	82,445

цикл-10 (2020 г) цикл-11 (2021 г) цикл-12 (2022 г)

Развернутый график оседаний резервуара

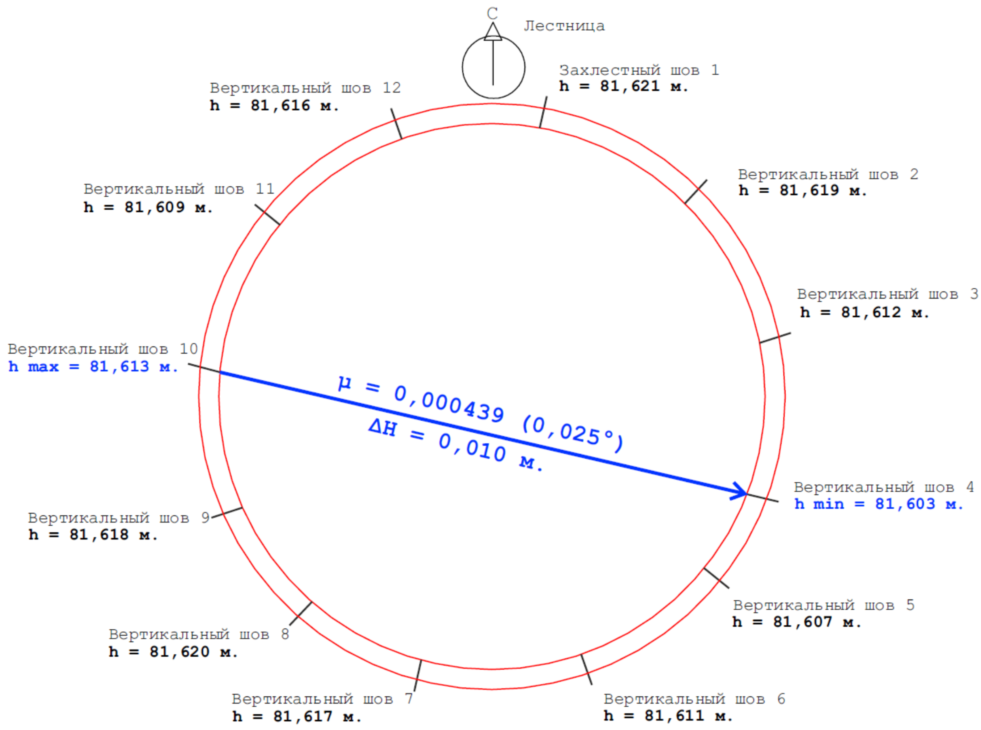


	M001	M002	M003	M004	M005	M006	M007	M008	M009	M010	M011	M012	M013	M014	M015	M016
цикл12-цикл11	4	6	4	3	3	1	0	-5	-3	-2	-6	-5	-5	-4	-6	-5

цикл12-цикл11

Рисунок 9. *Графики оседаний основания и фундамента по результатам 3D сканирования (составлено автором)*

Определение степени наклона и направления наклона РВС-9



Определение степени наклона резервуара:

$$\mu = tg\beta = \frac{(h_{max} - h_{min})}{d} = 0{,}000439$$

где,
β – угол наклона контура днища резервуара;
h $_{max}$ и **h** $_{min}$ – отметки двух противоположных точек, имеющих максимальную разницу;
d – диаметр резервуара (22,800 м.).

Резервуар считается не наклоненным, если выполняется условие $\mu \le \mu_{min}$

0,0001 < 0,000439 < 0,004

Мин. степень наклона — Пред. степень наклона

Определение направления наклона резервуара:

	Разница высот, м					
	Шов 1	Шов 2	Шов 3	Шов 4	Шов 5	Шов 6
Шов 7	0,004					
Шов 8		0,001				
Шов 9			0,006			
Шов 10				**0,010**		
Шов 11					0,002	
Шов 12						0,005

Направление наклона резервуара

РВС-9 имеет наклон равный 0,000439, он не превышает предельную степень наклона (0,004).

Угол наклона резервуара составляет 0,025°

Рисунок 10. *Наклон РВС в результате оседаний основания и фундамента по результатам 3D сканирования (составлено автором)*

РВС - 9

Номер марки наблюдений /Отклонение ("+" выдавливание стенки, "-" вмятие)

№ шва	Высота шва, м	М001			М002			М003			М004		
		Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта
утор	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,40	-0,013	-0,016	0,003	-0,006	-0,003	-0,003	0,010	0,011	-0,001	0,007	0,016	-0,009
2	3,00	-0,037	-0,033	-0,004	-0,005	-0,003	-0,002	0,006	0,011	-0,005	0,006	0,017	-0,011
3	4,40	-0,041	-0,046	0,005	-0,005	0,031	-0,036	0,007	0,001	0,006	0,005	0,013	-0,008
4	5,90	-0,055	-0,065	0,010	-0,006	-0,003	-0,003	0,009	0,007	0,002	0,005	0,017	-0,012
5	7,40	-0,072	-0,096	0,024	-0,005	0,002	-0,007	0,014	0,014	0,000	0,005	0,017	-0,012
6	8,90	-0,069	-0,100	0,031	-0,002	0,002	-0,004	0,011	0,009	0,002	-0,002	0,007	-0,009
7	10,40	-0,065	-0,077	0,012	-0,008	-0,004	-0,004	0,003	0,003	0,000	-0,006	0,005	-0,011
8	11,60	н/д	-0,103		н/д	-0,008		н/д	0,004		н/д	-0,015	

№ шва	Высота шва, м	М005			М006			М007			М008		
		Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта
утор	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,40	-0,006	0,002	-0,008	0,006	0,018	-0,012	0,014	0,025	-0,011	0,005	0,003	0,002
2	3,00	-0,009	0,003	-0,012	0,003	0,013	-0,010	0,022	0,017	0,005	0,001	0,002	-0,001
3	4,40	-0,005	0,005	-0,010	0,005	0,015	-0,010	0,021	0,017	0,004	0,001	0,001	0,000
4	5,90	-0,006	0,006	-0,012	0,004	0,014	-0,010	0,027	0,038	-0,011	0,002	0,000	0,002
5	7,40	-0,009	0,005	-0,014	-0,001	0,009	-0,010	0,046	0,053	-0,007	0,007	0,003	0,004
6	8,90	-0,011	0,004	-0,015	-0,023	-0,035	0,012	0,053	0,053	0,000	0,008	0,004	0,004
7	10,40	-0,013	0,001	-0,014	-0,012	-0,012	0,000	0,058	0,056	0,002	0,004	0,002	0,002
8	11,60	н/д	-0,004		н/д	0,002		н/д	0,043		н/д	-0,014	

№ шва	Высота шва, м	М009			М010			М011			М012		
		Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта	Лазерная съемка	Традиционная съемка	Дельта
утор	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,40	0,008	0,013	-0,005	-0,003	0,012	-0,015	0,005	0,014	-0,009	-0,004	0,004	-0,008
2	3,00	0,006	0,014	-0,008	-0,005	0,003	-0,008	0,004	0,014	-0,010	-0,007	-0,001	-0,006
3	4,40	0,004	0,010	-0,006	-0,010	0,001	-0,011	0,013	0,017	-0,004	-0,010	0,000	-0,010
4	5,90	0,007	0,012	-0,005	-0,011	-0,001	-0,010	0,020	0,024	-0,004	-0,015	-0,003	-0,012
5	7,40	0,009	0,014	-0,005	-0,016	-0,007	-0,009	0,020	0,023	-0,003	-0,013	-0,006	-0,007
6	8,90	0,005	0,006	-0,001	-0,014	-0,010	-0,004	0,024	0,024	0,000	-0,023	-0,012	-0,011
7	10,40	-0,002	-0,003	0,001	-0,014	-0,005	-0,009	0,022	0,021	0,001	-0,013	-0,011	-0,002
8	11,60	н/д	0,002		н/д	-0,013		н/д	0,015		н/д	-0,016	

Рисунок 11. *Сравнение традиционного метода и результатов 3D сканирования (составлено автором)*

03NZVN422
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

ЛИТЕРАТУРА

1. Аковецкий В.Г. Аэрокосмический мониторинг месторождений нефти и газа. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. — 454 с.
2. Геодезические методы исследования деформаций сооружений. А.К. Зайцев, С.В. Марфенко, Д.Ш. Михелев, И.Ю. Васютинский, Е.Б. Клюшин, М.В. Иванов, Х.К. Ямбаев. — М.: Недра, 1991. — 272 с.
3. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сети. — М.: Картгеоцентр — Геоиздат, 1993. — 104 с.
4. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О., Хитров А.М. Концепция геодинамической безопасности освоения углеводородного потенциала недр России. — М.: ИГиРГИ, 2000. — 56 с.
5. Современная геодинамика и нефтегазоносность. В.А. Сидоров, С.В. Атанасян, Ю.О. Кузьмин и др. Отв. ред. Н.А. Крылов, В.А. Сидоров. Ин-т геологии и разраб. горючих ископаемых — М: Наука, 1989. — 199 с.
6. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. — М.: Агентство экономических новостей, 1999. — 220 с.
7. Кузьмин Ю.О. Оценка геодинамического риска объектов нефтегазового комплекса. // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности, — М.: Наука, 2000, с. 334–344.
8. Касьянова Н.А., Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр и ее влияние на объекты нефтегазового комплекса. // Предисловие акад. А.Л. Яншина. — М.: Геоинформмарк, 1996. — 56 с.
9. Schwarz Willfried Moderne Messverfahren in der Ingenieurgeodasie und ihr praktischer Einsatz. Flachenmanag. Und Bodenordn. — 2002. 64, — № 2, p. 87–97. (Шварц Виллфрид Современные методы измерения в инженерной геодезии и их практическое использование. Flachenmanag. Bodenordn. — 2002. 64, — № 2, С. 87–97).
10. Fabiankowitsch Johannes, Kahmen Heribert, Matt Phillip. Evaluation of vibrational spectrum 0f high slim towers with wind electrical turbines // VGI: Osterr. Z. Vermess. und Geoinf. — 2003. 91, № 1. — p. 77–84. (Йоханнес Фабианкович, Камен Хериберт, Мэтт Филлип. Оценка спектра колебаний высоких тонких башен с ветроэлектрическими турбинами // VGI: Osterr. Z. Vermess. унд Геоинф. — 2003. 91, № 1. — С. 77–84).
11. Bryś Henryk. Meßverfahren zum Bestimmen der Geometrie der Verformung von Brückenkran und Kranbahnschienen. Allg. Vermess.-Nachr. 2000. 107. — № 11–12, p. 391–396. (Брайс Генрик. Измерительный метод определения геометрии деформации мостовых кранов и подкрановых путей. ALLG. VERMESS. — NACHR. 2000. 107. — № 11–12, С. 391–396).

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

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

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

Integrated geomonitoring of bases and foundations of vertical steel tanks based on laser scanning during oil field development

Abstract. The article examines modern methods of geomonitoring of foundations and bases of vertical steel tanks based on ground laser scanning during oil field development. Petroleum product storage tanks are high environmental risk because they are most often operated in complex natural, geotechnical and man-made conditions due to simultaneous effects of hydrostatic pressure of petroleum product storage on them, external and internal temperature drop, significant wind and snow loads, uneven sediments of foundation bases and impacts of seismic phenomena.In Russia and the CIS countries, more than 4 thousand large tanks are currently operated for storing various high-risk substances. To ensure the safety of their operation, it is necessary to regularly conduct geomonitoring of foundations and foundations. Currently, there is no practice of observing the condition of the foundations and bases of the RVS during the operation of the RVS at oil refineries. that is, there is actually no system for observing the state of the foundations and bases of the RVS, in the event of deformation of which an emergency situation can develop, observation is carried out only by deformations of the object itself, to make a decision on its current and major restoration, transfer to the sparing mode of operation or withdrawal from operation of the VST. The article describes traditional methods of observing the state of RVS, it is concluded that traditional methods of observing the state of RVS are not enough. Complex geomonitoring based on laser scanning is described, including determination of planned and high-altitude positions, settlement graphs are given, calculations of deformation of tank walls are made. The results of the condition of the foundation and foundation of the VST using the laser scanning method were summed up.

Keywords: geomonitoring; base; foundation; deformations; roll; sediment; method; analysis; oil field; vertical steel tanks; ground laser scanning